

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный

горный университет»

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» ***для студентов***
всех технологических специальностей
очного и заочного обучения

Екатеринбург – 2020

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный

горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Института мировой
экономики
«30» января 2020 г.
Председатель комиссии
_____ проф. Л. А. Мочалова

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» для студентов
всех технологических специальностей
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2020

УДК 004.9 (072)

Б83

Рецензент: *С. Р. Маркс, канд. техн. наук, доцент* кафедры Информатики УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании
кафедры информатики «18 » января 2020 г.
(протокол № 4) и рекомендовано для издания в УГГУ

Боровков В. А., Колмогорова С. М.

Б83 ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL: учебно-методическое пособие по дисциплине «Информатика» для студентов всех технологических специальностей очного и заочного обучения /
В. А. Боровков, С. М. Колмогорова; Урал.гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 104 с.

В учебно-методическом пособии «ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL» приведены лабораторные работы, а также предложены вопросы для самоконтроля изучаемого материала. В конце учебно-методического пособия приведен список рекомендуемой литературы. Объем учебно-методического пособия 104 с. текста.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех технологических специальностей очного и заочного обучения, а также будет полезно др. специалистам, осваивающим работу с табличным процессором excel 2016.

© Боровков В. А., Колмогорова С. М., 2020

© Уральский государственный горный университет, 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 4
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ 5
ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ В ТАБЛИЧНОМ ПРОЦЕССОРЕ EXCEL 6
Интерфейс Excel 2016 6
СОЗДАНИЕ РАБОЧЕЙ ТАБЛИЦЫ 11
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ 19
Лабораторная работа № 1. «Создание таблиц, автозаполнение, использование простых формул» 19
Лабораторная работа № 2. «Ввод данных и формул, форматирование, построение диаграмм» 22
Лабораторная работа № 3. «Знакомство с абсолютной ссылкой, сортировка, фильтрация» 27
Лабораторная работа № 4. «Функция ЕСЛИ, промежуточный итог, сводная таблица и абсолютная ссылка» 33
Лабораторная работа № 5. «Функции даты и времени» 43
Лабораторная работа № 6. «Использование функций СЧЕТЕСЛИ(), СУММЕСЛИ()» 51
Лабораторная работа № 7. «Использование встроенных функций» 56
Лабораторная работа № 8. «Знакомство с текстовыми функциями» 59
Лабораторная работа № 9. «Смешанные ссылки» 64
Лабораторная работа № 10. «Промежуточные итоги, сводная таблица и условное форматирование» 69
Самостоятельные задания 77
Контрольные вопросы и задания 94
Тест на знание Excel с ответами 95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 102

ВВЕДЕНИЕ

Изучение табличного процессора Excel, входящего в состав пакета программ Microsoft Office Office, является обязательным элементом при освоении курса информатики.

Табличный процессор Microsoft Excel предназначен для обработки данных, представленных преимущественно в виде таблиц. Использование электронных таблиц упрощает работу с данными и дает возможность работать без вычисления расчетов вручную или с использованием программирования.

Поэтому учебно-методическое пособие по изучению курса информатики с использованием табличного процессора Excel соответствует изучению курса информатики по Государственному образовательному стандарту (ГОС) и предназначено для студентов всех технологических специальностей очного и заочного обучения.

В учебно-методическом пособии материал представлен в виде 10 лабораторных работ, 10 самостоятельных работ и 60 контрольных вопросов, позволяющих усвоить работу табличного процессора Excel.

Лабораторные работы состоят из следующих заданий:

- Лабораторная работа № 1. «Создание таблиц, автозаполнение, использование простых формул».
- Лабораторная работа № 2. «Ввод данных и формул, форматирование, построение диаграмм».
- Лабораторная работа № 3. «Знакомство с абсолютной ссылкой, сортировка, фильтрация».
- Лабораторная работа № 4. «Функция ЕСЛИ, промежуточный итог, сводная таблица и абсолютная ссылка».
- Лабораторная работа № 5. «Функции даты и времени»;
- Лабораторная работа № 6. «Использование функций СЧЕТЕСЛИ(), СУММЕСЛИ».
- Лабораторная работа № 7. «Использование встроенных функций».
- Лабораторная работа № 8. «Знакомство с текстовыми функциями».
- Лабораторная работа № 9. «Смешанные ссылки».
- Лабораторная работа № 10. «Промежуточные итоги, сводная таблица и условное форматирование».

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ

В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС) студентам очного и заочного обучения по всем технологическим специальностям необходимо уметь работать с использованием табличного процессора Excel и уметь им пользоваться при выполнении курсовых работ и дипломного проектирования.

«Информатика», как учебная дисциплина, дает комплекс знаний, умений и навыков в области информатики и базируется на знаниях, полученных студентами еще в школе при изучении учебной дисциплины «Информатика», и является фундаментом для успешного применения информационных технологий в процессе обучения и последующей профессиональной деятельности.

Базовые знания образуют основу дисциплины. С учетом того, что студенты имеют разный уровень подготовки, то для одних данный материал будет частично повторением школьного курса, поэтому изучение его необходимо ставить на более высокий уровень. Для других – это новый материал, и уже с самого начала необходима четкость в определении всех новых понятий дисциплины.

Технологическая часть дисциплины связана с практическим освоением ПК, приобретением умений и навыков работы в наиболее распространенных программных средах. Дисциплина ориентирована на изучение операционной системы Windows и пакета программ MS Office (в данном разделе это в основном табличный процессор Excel 2016).

В качестве основы для изучения курса следует взять приведенные примеры лабораторных работ и один из учебников. Не следует с первых шагов использовать несколько источников и пытаться ответить на все поставленные вопросы.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ В ТАБЛИЧНОМ ПРОЦЕССОРЕ EXCEL

Интерфейс Excel 2016

Загрузить Excel можно несколькими способами.

1. Если у Вас после установки программы на рабочем столе появился значок Excel, то на него ЛКМ (левой клавишей мыши) нажимаем 2 раза.

2. Заходим в меню *Пуск – Все программы – Microsoft Office – Microsoft Excel.* – ЛКМ нажимаем 1 раз.

3. На свободном месте рабочего стола кликнем ПКМ (правой клавишей мыши) 1 раз и в выпавшем диалоговом окне выбираем «Создать», затем из предлагаемого списка выберем «Лист Microsoft Excel» и 1 раз кликнем ЛКМ.

При запуске Excel появляется **Начальный экран**, при помощи которого можно создать новую рабочую книгу, выбрать шаблон или открыть одну из последних книг, рис. 1).

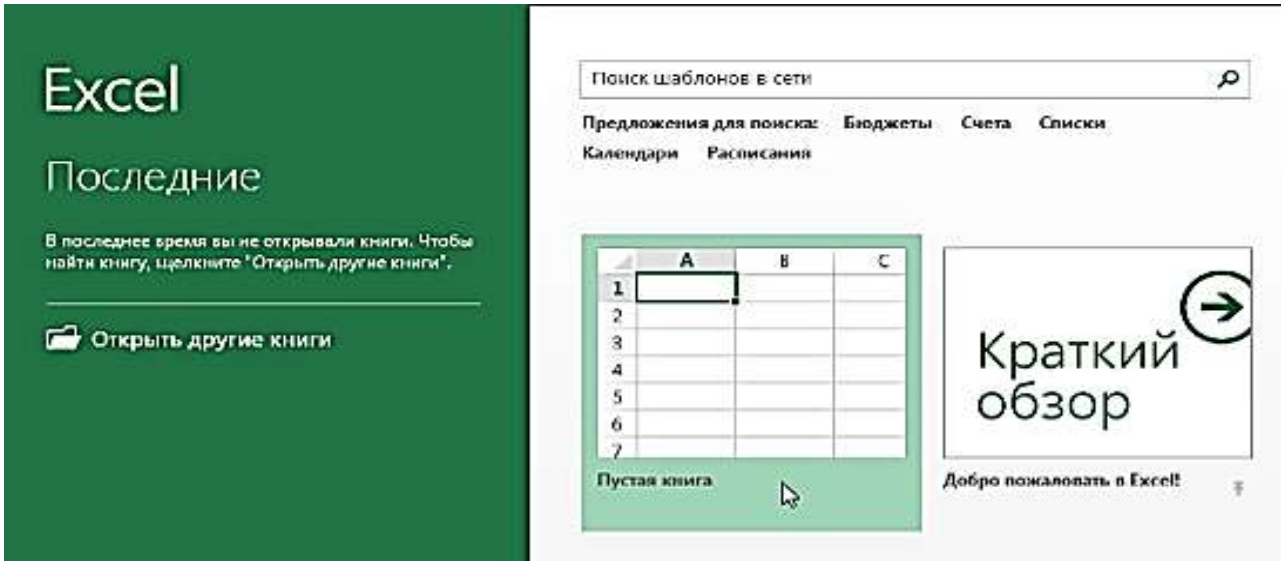


Рис. 1. Начальный экран

Интерфейс Excel 2016 включает в себя следующие элементы:

Заголовок документа – отображает название открытого файла. Если создан новый документ, в заголовке будет указано «**Книга1**», рис. 2.

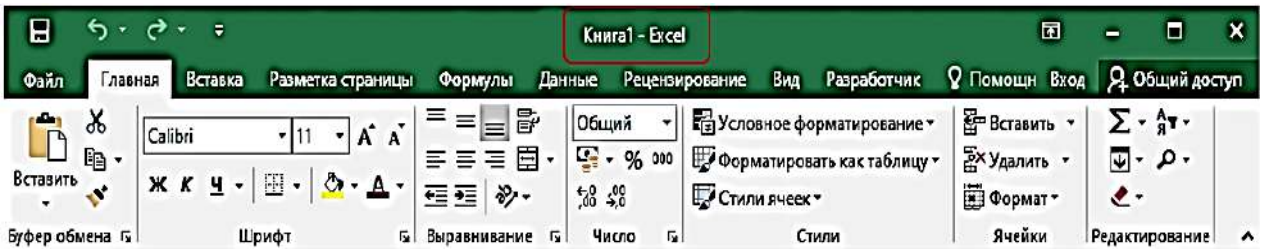


Рис. 2. Заголовок документа

Лента (строка инструментов) – поле, на котором располагаются элементы управления, на ней собраны и логически структурированы все главные команды, которые будут использованы в работе, рис. 3.



Рис. 3. Поле с элементами управления

Группа команд – содержит блок различных команд. Для применения команды нажмите на необходимый ярлычок. Некоторые группы содержат стрелку в правом нижнем углу, нажав на которую можно увидеть еще большее число команд, рис. 4.

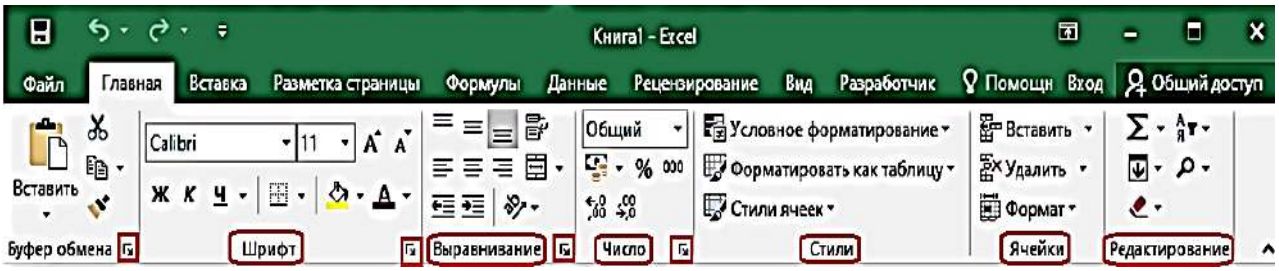


Рис. 4. Группы команд

Панель быстрого доступа, пользователь может сам формировать функции из предложенного списка, нажав на стрелку справа этой панели, рис. 5.

Настройка ленты. *Файл – Параметры – Настроить ленту* и в выпавшем окне вы можете сформировать отдельную вкладку или дополнить существующие дополнительными командами, выбрав нужную команду в левом столбце «часто используемые команды» и добавить в окно правого столбца «основные вкладки», рис. 6.

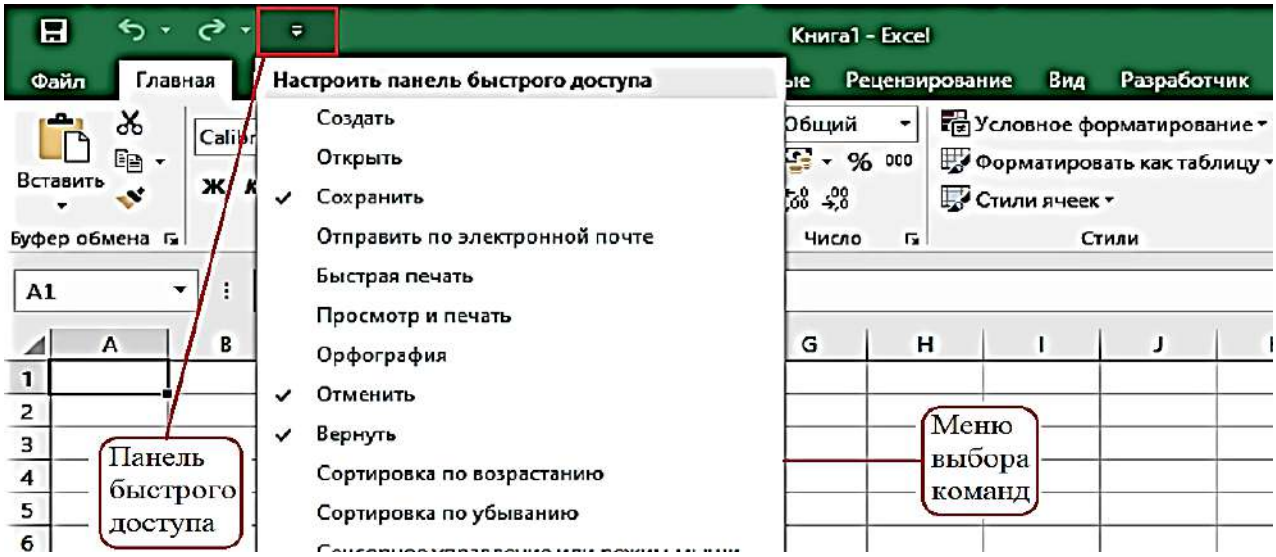


Рис. 5. Панель быстрого доступа

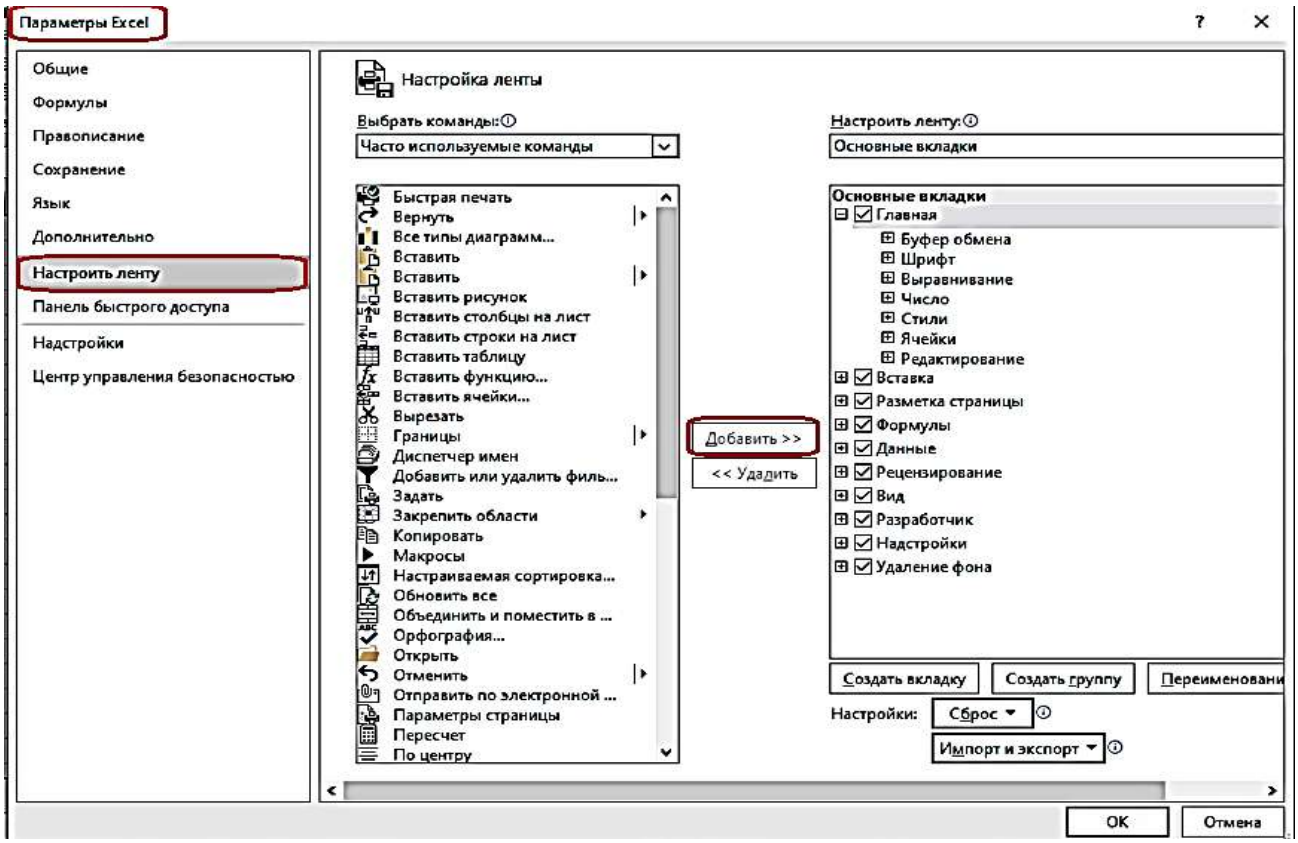


Рис. 6. Окно настройки ленты

Строка формул – отображение значений или формулы, расположена под лентой. Она состоит из трех частей, это адресное окно, окно управления формулами и окно содержания, в котором и отображается содержание активной ячейки, рис. 7.

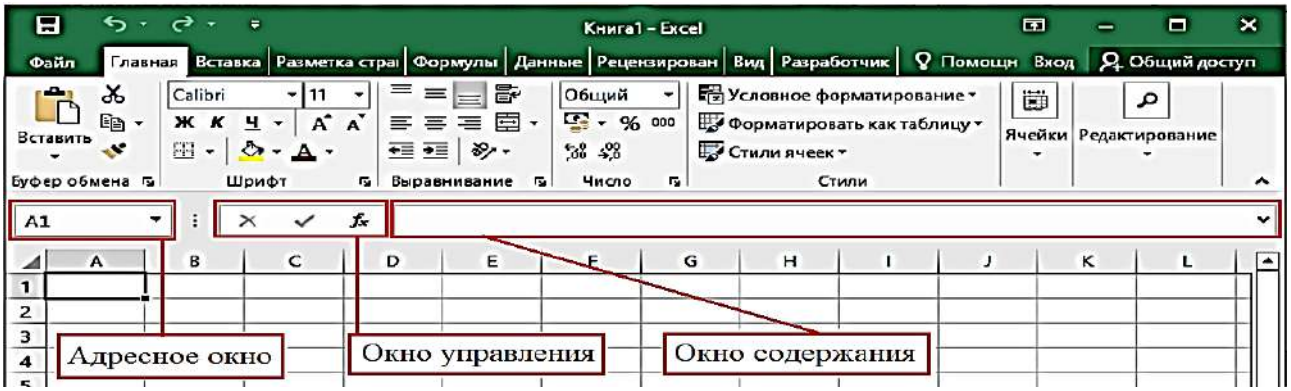


Рис. 7. Строка формул – Окно содержания

Рабочая область **окна** представляет собой совокупность ячеек большой таблицы и называется рабочим листом, рис. 8.

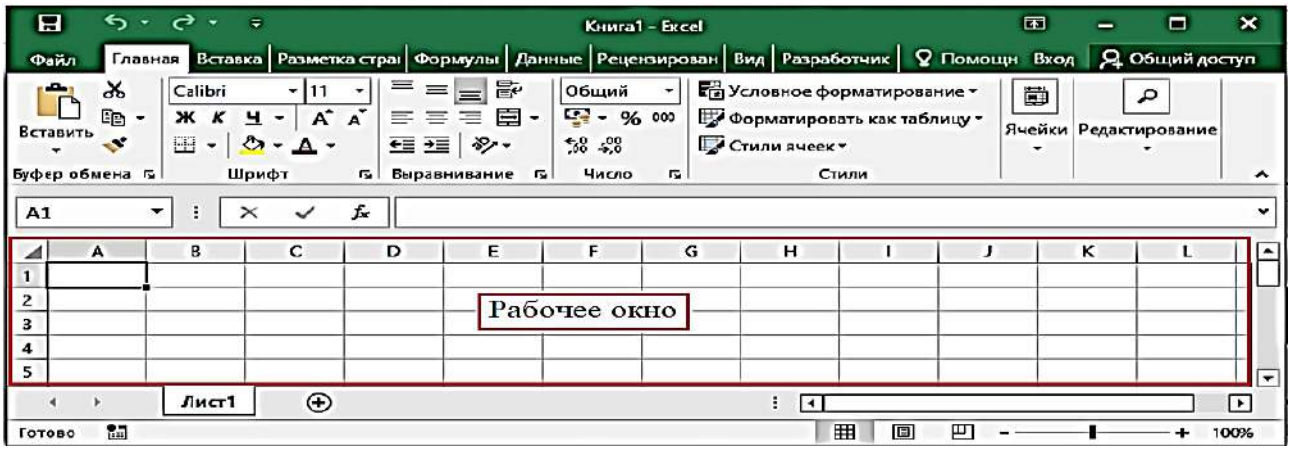


Рис. 8. Окно рабочей области

Панель закладок **рабочих листов**. Добавление листов возможно, нажатием на знак (+) справа, от уже созданного листа. Изменение названия листов, выполняется кликом ПКМ по закладке листа и в выпавшем окне выбираем «Переименовать», рис. 9.

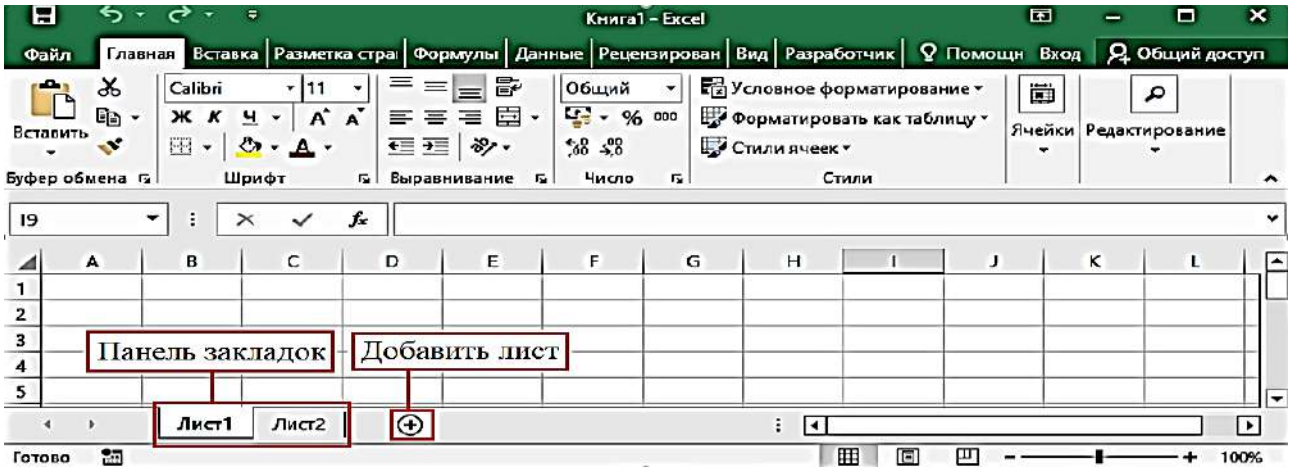


Рис. 9. Окно закладок рабочих листов

Информационная строка состояния, на ней в реальном времени, можно получить информацию с выделенной области рабочего листа, рис. 10.

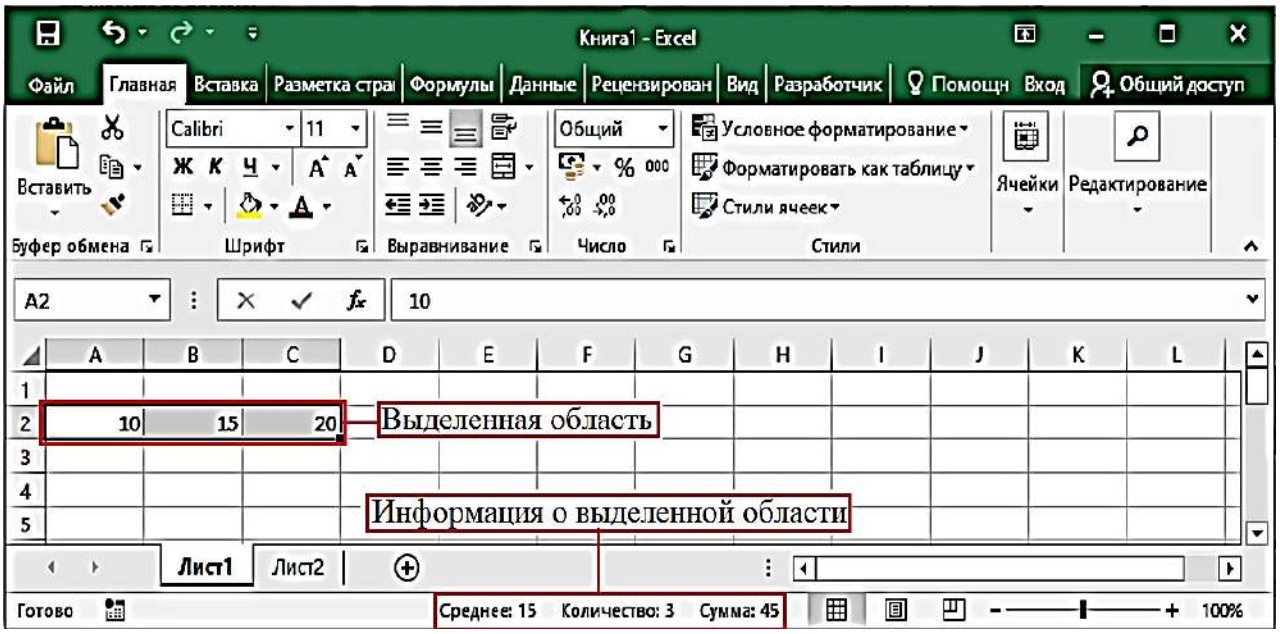


Рис. 10. Окно информационной строки состояния

Режим просмотра страниц. Кнопки вида страниц: «Обычный», «Разметка страницы» и «Страничный». Также в этой строке, имеется ползунок масштаба, достаточно передвинуть ползунок вправо или влево, чтобы изменить масштаб отображения рабочего листа в процентах, рис. 11.

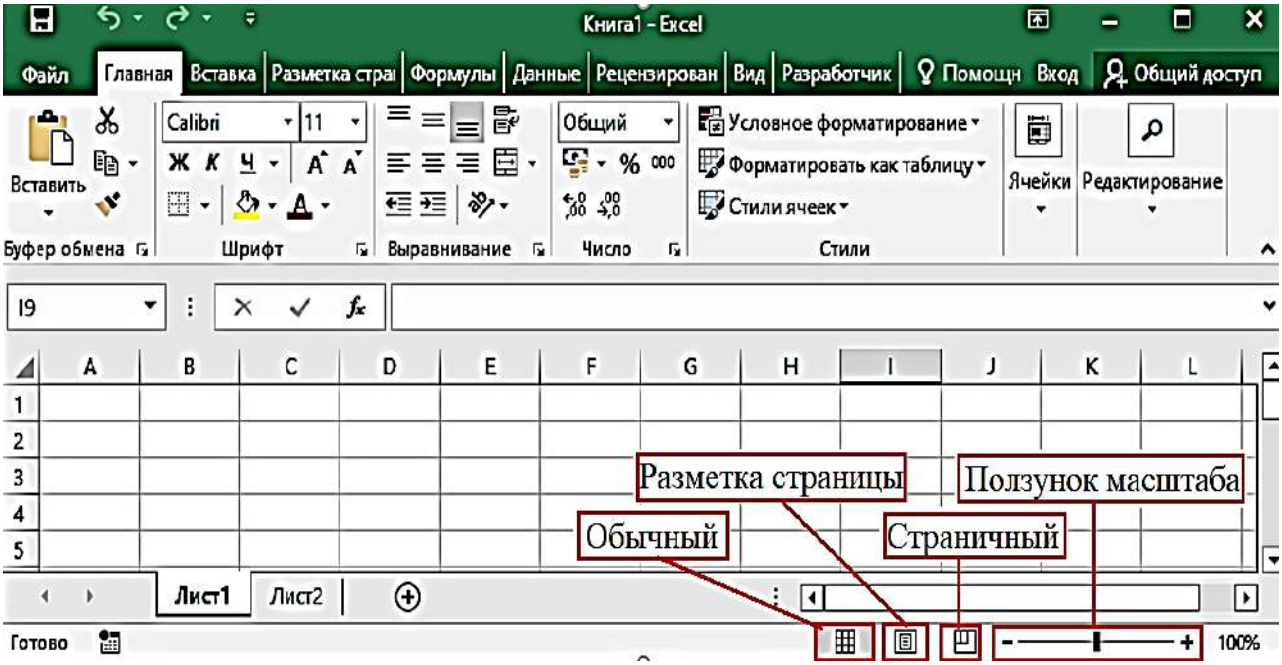


Рис. 11. Окно режима страницы

СОЗДАНИЕ РАБОЧЕЙ ТАБЛИЦЫ

Вид рабочего листа Excel имеет табличную структуру. Основой электронной таблицы является ячейка. Адрес ячейки определяется именем столбца и номером строки, на пересечении которых находится ячейка. Интервал ячеек (блок ячеек) определяется адресом левой верхней ячейки и адресом правой нижней ячейки, например, B1:D4, рис. 12.

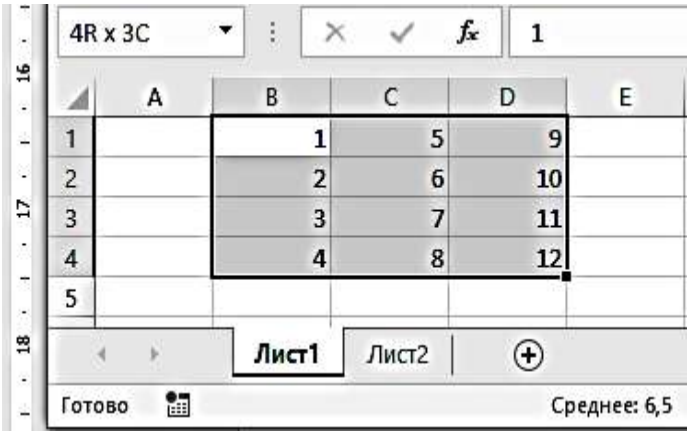


Рис. 12. Окно с выделенным диапазоном ячеек B1:D4

Столбец – это группа ячеек, расположенных в одну колонку. **Строка** – это группа ячеек, расположенная в одну линию слева направо. На листе Excel 2016 допустимое количество столбцов – 16384 шт., количество строк – 1048576 шт. В этом нетрудно убедиться, нажав указателем мыши (ЛКМ) на безадресную ячейку, которая находится выше адреса первой строки (цифра 1) и левее адреса колонки с адресом A. Выше этой ячейки, в адресном поле адреса ячейки, появится цифра 1048576R x 16384C, указывающая на количество ячеек на листе Excel-таблицы.

У ячейки, по умолчанию ширина – 64 пикселя, высота – 20 пикселей. Эти размеры могут регулироваться в зависимости от потребностей пользователя.

1. Ввод данных в ячейки таблицы

Имеются два вида данных: константы и формулы.

Константы: числовые, текстовые, даты/время, логические, значения ошибок, рис. 13.

	Числовые форматы:
1	Общий
2,00	Числовой
$3,00	Денежный
4,00 ₽	Финансовый
5 января 2020 г.	Дата
14:50:10	Время
0,15%	Процентный
21 1/4	Дробный
9,00E+00	Эксопененциальный
январь	Текстовый
00000-0011	Дополнительный

Рис. 13. Числовые форматы ячеек

Константы **ПРИ ВВОДЕ ЧИСЕЛ**. Вид вводимого числа зависит от формата ячейки: обычный, числовой, дробный, процентный, денежный, экспоненциальный (по умолчанию – обычный). При вводе числа в ячейку – ЧИСЛО оказывается прижатым к правой стороне ячейки, например, 2,2.

Константы **ПРИ ВВОДЕ ТЕКСТА**. При вводе текста в ячейку, ТЕКСТ располагается в левой части ячейки, например, Текст 1. Если вводимый текст длинный и не помещается по длине ячейки, то он перекрывает другие ячейки. Но принадлежит той ячейке, в которую он был первоначально введен. Для размещения текста в ячейке можно изменить ширину ячейки или набрать текст в ячейке в несколько строк: *Формат ячеек* – вкладка *Выравнивание* – *Переносить по словам*, рис. 14.

Ввод данных в ячейку осуществляется так: выбрать ячейку, ввести информацию, нажать клавишу **Enter** или стрелку на клавиатуре (**Влево, Вправо, Кверху, Книзу**). Старое значение в ячейке сотрется, а вводимая информация дублируется в строке формул. Курсор (по умолчанию) переместится вниз или вправо.

2. Автозаполнение ячеек

Операцией Автозаполнения можно заполнить ряды дат, времени или выполнить операцию прогрессии: арифметическая (например, номер по порядку) или геометрическая прогрессия, рис. 14.

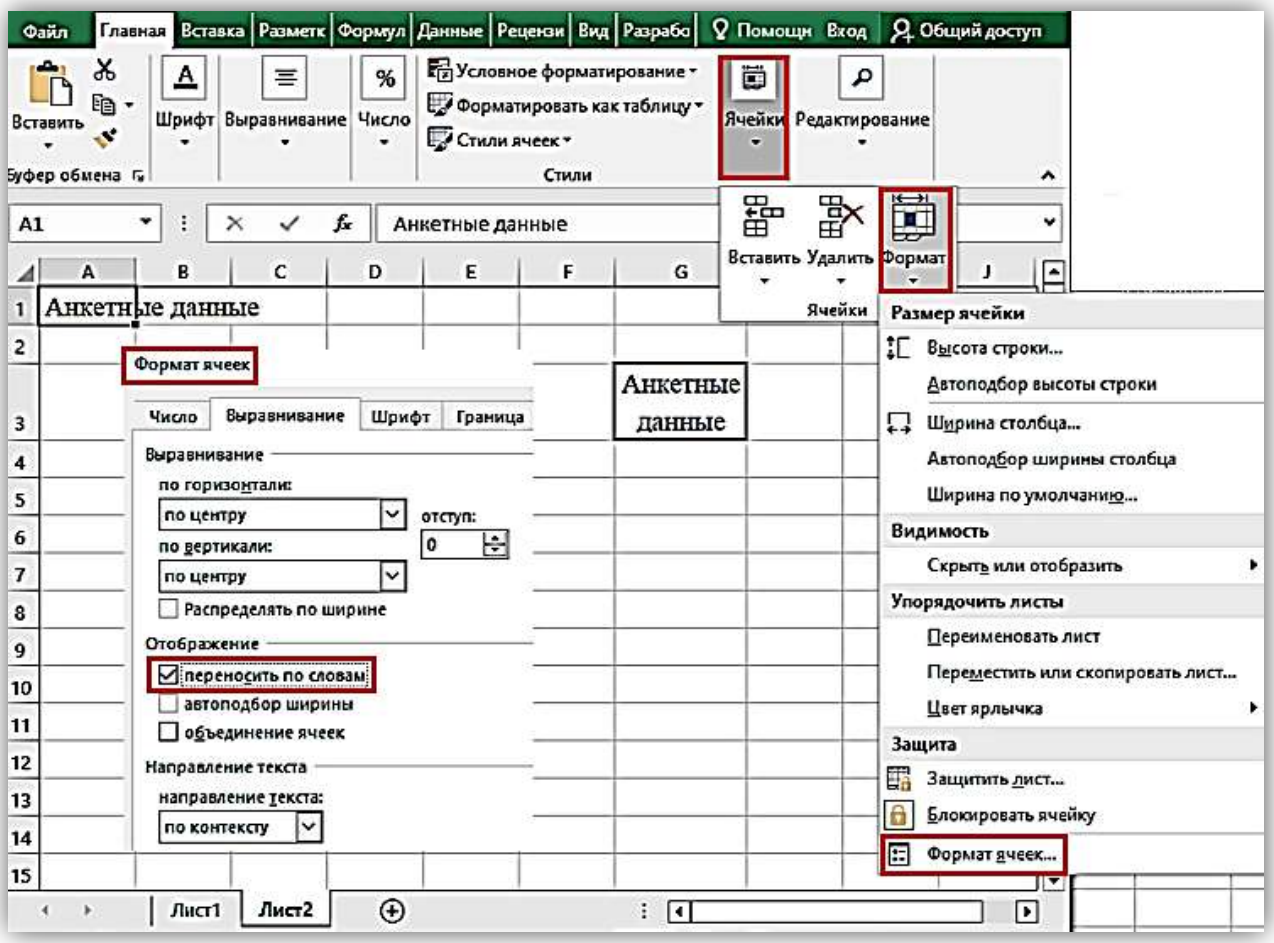


Рис. 13. Окно формата ячеек, вкладка выравнивание

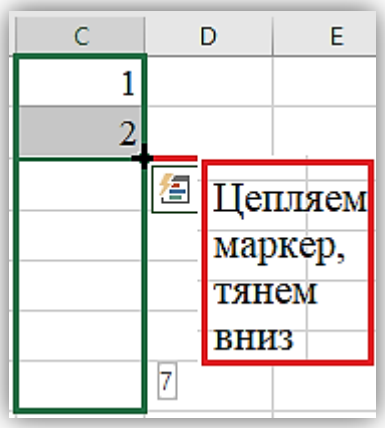


Рис. 14. Пример автозаполнения ряда чисел

3. Ввод формул

Формула вводится в ячейку и её ввод дублируется в строке формул. Формула начинается со ввода в ячейку символа = (равно), и

может содержать константы, адреса ячеек, знаки арифметических действий и функции.

Константы и знаки арифметических действий вводятся с клавиатуры, адреса ячеек указываются щелчком мыши, функции вводятся с использованием *Библиотеки функций*, рис. 15.

Функции – ранее определённые формулы, они имеют такой синтаксис: *Имя_Функции*(аргументы). Имя выбирается из списка функций, аргументами могут быть адреса ячеек, константы, или выражения. Аргумент может отсутствовать, но скобки обязательны.

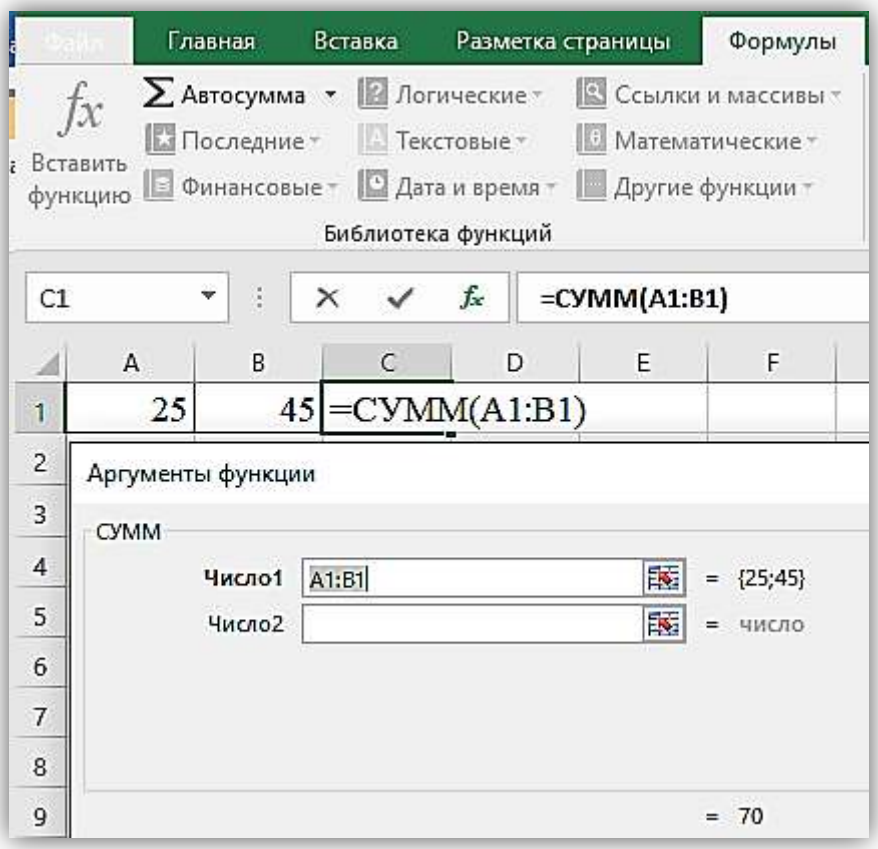


Рис. 14. Пример суммы двух чисел

4. Выделение фрагментов таблицы

Выделение строк – провести указателем мыши, при нажатой левой клавиши, по номерам соответствующих строк.

Выделение столбцов – провести указателем мыши по именам столбцов.

Выделение интервала ячеек – провести указателем мыши от верхнего левого угла интервала до правого нижнего угла.

5. Редактирование: добавление (удаление) строк, столбцов, ячеек, вставить, удалить, удалить лист и т. д.

Команды редактирования применимы к ячейке, интервалу ячеек или к рабочему листу. Для выполнения этих команд необходимо выделить фрагмент (интервал) ячеек и на ленте во вкладке *Главная*, группе *Ячейка* и выбрать соответствующую команду, рис. 15.

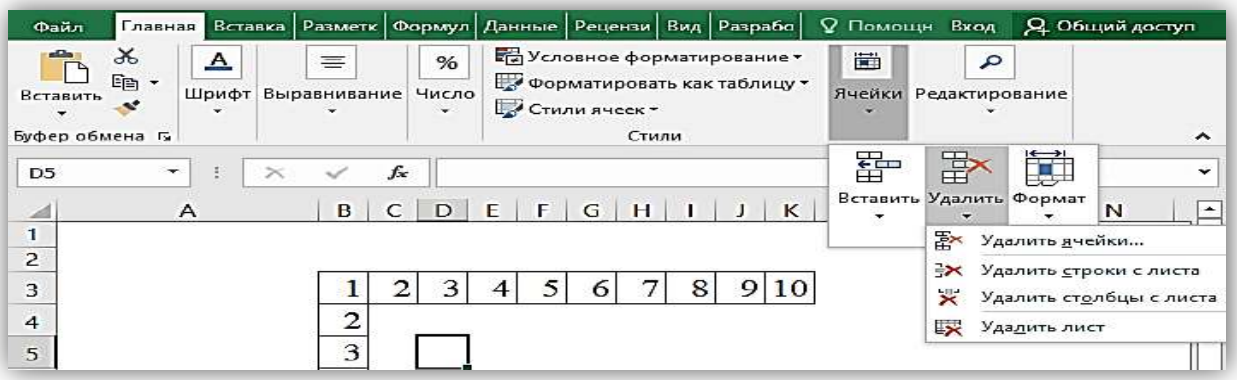


Рис. 15. Окно команды Главная, группы Ячейка

6. Форматирование чисел, текста, шрифта, обрамление и заливка ячеек цветом

Используется команда *Главная – Ячейки – Формат – Формат ячеек* и соответствующая вкладка. Для форматирования чисел – вкладка *Число.* Например, для задания нужного количества знаков после запятой: команда *Формат– Ячейки* – вкладка *Число* – формат *Числовой* – число знаков после запятой. Для ввода текста в ячейку в несколько строк: *Формат ячеек* – вкладка *Выравнивание* – *Переносить по словам.*

В окне «Формат ячеек» пробегая по вкладкам, выбираем нужные условия форматирования, рис. 16.

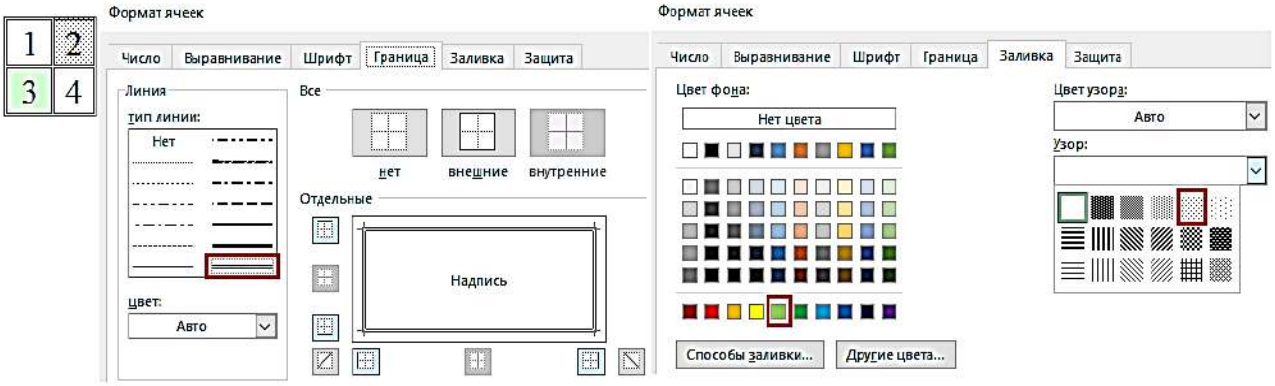


Рис. 16. Формат ячеек, вкладки Граница и Заливка

7. Построение графиков и диаграмм

Выделить столбцы данных с названиями. *Вставка – Диаграммы*. Затем: шаг 1 – выбрать *тип диаграммы*, шаг 2 – исходные данные уже выделены до вызова *мастера,* шаг 3 – указать *элементы диаграммы*, шаг 4 – указать *место размещения диаграммы*: на рабочем листе или на отдельном листе, рис. 17.

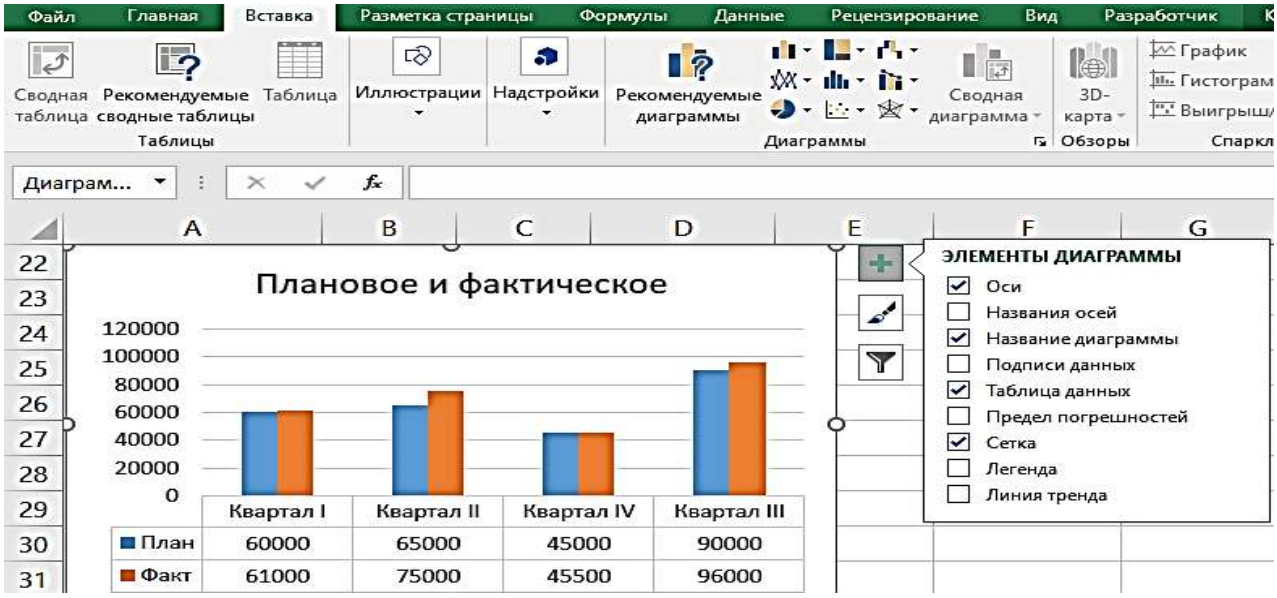


Рис. 17. Пример построения диаграммы

8. Работа с таблицей как с базой данных: сортировка, фильтрация, форма ввода данных, промежуточные итоги

Эти действия выполняются командой меню *Данные.* Для работы с этими командами необходимо:

1. «Шапка» таблицы должна находиться в одной строке.
2. Таблица должна быть отделена от строки названия и строки итогов пустой строкой.
3. Слева и справа от таблицы не должно быть никаких данных.
4. Курсор поставить в любую ячейку таблицы.

- Сортировка – перестановка строк таблицы по возрастанию или убыванию значений выбранного столбца.

Команда *Данные – Сортировка* – выбрать столбец – вид сортировки (по убыванию или по возрастанию), рис. 18.

- Фильтрация – выборка строк таблицы, удовлетворяющих условию.

Команда *Данные – Фильтр – Автофильтр* – задать условие.

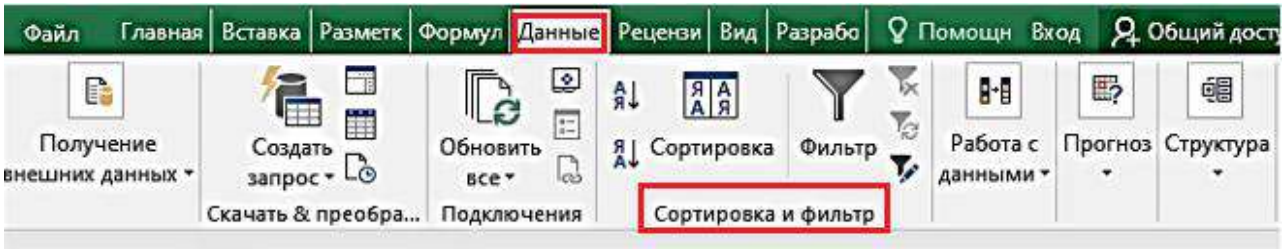


Рис. 18. Окно команды «Данные» группы «Сортировка и фильтр»

- Промежуточные итоги можно получить на предварительно отсортированной таблице по тому параметру, по которому требуется подвести итоги, рис. 19.

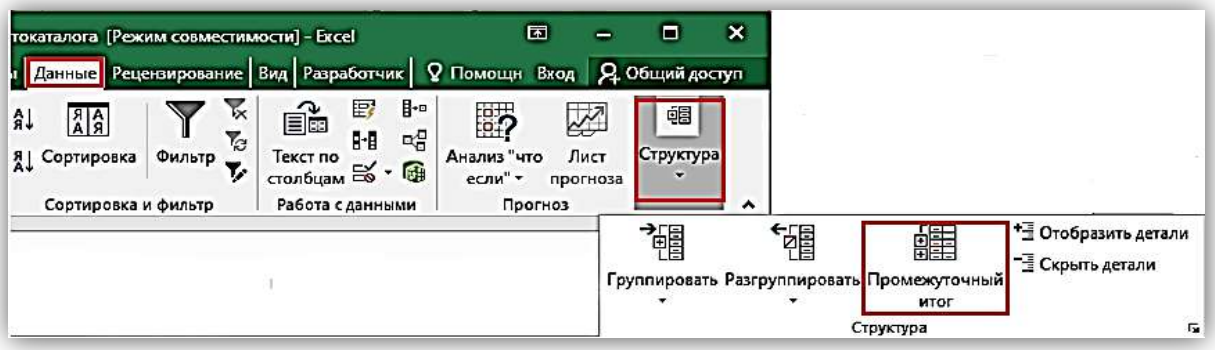


Рис. 19. Окно команды «Данные» группы «Структура»

	4	№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет
·	5	1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый
·	6	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый
·	7	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый
·	8	6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный
·	9	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый
·	10	9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий
·	11	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый
·	12	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный
·	13	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный
−	14			**2013 Итог**			
·	15	2	ВАЗ LARGUS	2014	52 988	1598 M	бежевый
·	16	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый
·	17	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик
−	18			**2014 Итог**			
·	19	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый
·	20	10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 060	1598 A	бежевый
·	21	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой
−	22			**2015 Итог**			
−	23			**Общий итог**			

Рис. 20. Фрагмент таблицы с использованием промежуточного итога

Команда *Вставка – Данные – Промежуточный итог* – указать имя столбца, по которому была проведена сортировка, выбрать операцию и отметить столбцы, по которым подводить итоги, рис. 20.

9. Сводные таблицы

Позволяют из большой таблицы сделать выборки. Команда *Вставка – Данные – Сводная таблица.* Указать источник данных, место расположения сводной таблицы, указать поля и данные, по которым нужно получить сводку, рис. 21, 22.

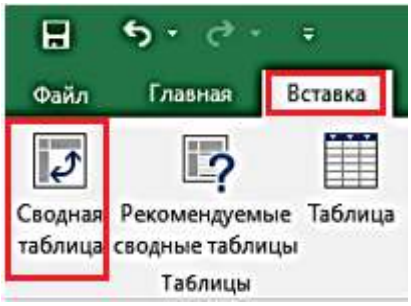


Рис. 21. Окно команды «Вставка», группа «Таблицы»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Модель	(Все)									
2											
3	Сумма по полю Цена	Цвет									
4	Год	бежевый	белый	голубой	коричневый	красный	металлик	серый	синий	черный	Общий итог
5	2013		5455555		935555	869777		1675000	469000	4704000	14108887
6	2014	524000	580000				1975000				3079000
7	2015	519000	2680000	2465000							5664000
8	Общий итог	1043000	8715555	2465000	935555	869777	1975000	1675000	469000	4704000	22851887

Рис. 22. Фрагмент сводной таблицы

10. Специальные инструменты: подбор параметра, поиск решения

Позволяют найти оптимальное (наилучшее) решение. При подборе изменяется один параметр. Лента инструментов – *Данные – Анализ «что, если» – Подбор параметра* – указать ячейку с искомым параметром и изменяющуюся ячейку. При поиске решения можно изменять несколько параметров. Для этого необходимо записать математическую постановку задачи, определив целевую функцию и ограничения, подготовить таблицу и выполнить действия: Лента инструментов – *Сервис – Поиск решения* – задать все параметры. Если функции *Поиска решения* на Ленте инструментов нет, то эту функцию нужно подключить: *Файл – Параметры – Надстройки – Пакет анализа – Поиск решения.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1. «Создание таблиц, автозаполнение, использование простых формул»

Задание № 1. Создайте таблицу для подсчета одной единицы товара и общей стоимости товаров. Постройте диаграммы.

Методические указания

1. Запустите редактор электронных таблиц Microsoft Excel и создайте новую электронную книгу. На **Листе1** создайте таблицу для первого задания.

2. Номер по порядку (№ п/п) заполните автозаполнением, для этого в ячейку А3 введите число 1, в ячейку, ниже, число 2, выделите обе ячейки и при помощи маркера автозаполнения (черный крестик в правом нижнем углу ячейки), потяните вниз до нужного значения. Таким же способом заполните столбец В.



	A	B	C	D	E
1	Стоимость товаров				
2	№ п/п	Наименование товара	Цена	Количество	Стоимость
3	1	Товар №1			
4	2	Товар №2			
5					
6					
7					

3. Заполните ниже приведенную таблицу данными.

	A	B	C	D	E
1	Стоимость товаров				
2	№ п/п	Наименование товара	Цена	Количество	Стоимость
3	1	Товар №1	450	20	***9000***
4	2	Товар №2	780	15	
5	3	Товар №3	1200	10	
6	4	Товар №4	2100	40	
7	5	Товар №5	320	12	
8		Итог:	***4850***	***97***	***120540***

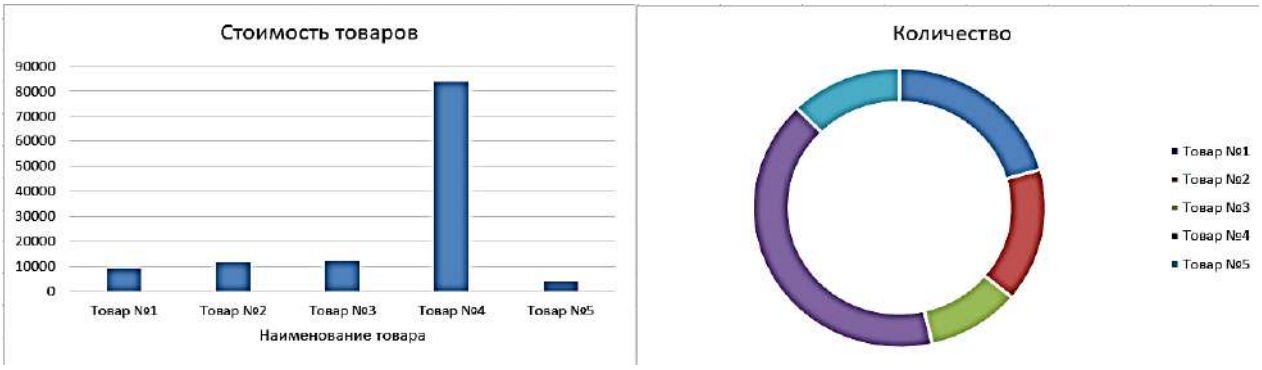
4. Вычислите «Стоимость» (колонка Е), – это произведение «Цены» и «Количества». «Стоимость» = «Цена» * «Количество», затем при помощи маркера автозаполнения, вертикально протянуть указатель мыши до ячейки Е7.

5. Вычислите «Итог» для «Цены», «Количества» и «Стоимости». Например, «Итог» по столбцу «Цена» =СУММ(С3:С7), затем при помощи маркера автозаполнения протянуть указатель мыши от ячейки С8 до ячейки Е8.

6. Для построения Диаграммы 1 выделите ячейки В3:В7, затем нажав кнопку **Ctrl** на клавиатуре, выделите ячейки Е3:Е7, затем выполнить на ленте инструментов следующее: вкладка *Вставка – Диаграммы – Гистограмма с группировкой.*

7. При помощи элементов диаграммы, подпишите название осей, диаграммы, легенды.

8. Для построения Диаграммы 2 выделите ячейки В3:В7, затем, нажав кнопку на клавиатуре **Ctrl**, выделите ячейки D3:D7, затем на ленте инструментов – вкладка *Вставка – Диаграммы – Круговая – Кольцевая*.



Задание № 2. Создайте таблицу «Анализ показателей производства». Вычислите «Итого», «Максимальное», «Минимальное», «Среднее за год», «Итог по месяцам». Найдите количество поставщиков по определенному наименованию. Самостоятельно постройте диаграммы.

Методические указания

1. На **Листе2** создайте таблицу для Задания № 2.

2. Вычислите «Итого». Это произведение «Цены» и «Количества». «Итого» = «Цена» * «Количество». Затем при

помощи маркера автозаполнения вертикально протянуть указателем мыши до строки F14.

3. Для того чтобы вычислить Среднее, Максимальное, Минимальное за год, использовать функции: =СУММ( ), =СРЗНАЧ( ), =МАКС( ), =МИН( ). Например, «Максимальное за год» =МАКС(F3:F14).

4. Для вычисления Количества поставщиков, используйте функцию =СЧЕТЕСЛИ( ). Необходимо выделить диапазон ячеек C3:C14 и выбрать соответствующий критерий, удовлетворяющий заданному условию. Например, для поставщика ООО «БурГорДроб», формула будет выглядеть так: =СЧЁТЕСЛИ(C3:C14;G3), для поставщика ООО «Бурстрой», =СЧЁТЕСЛИ(C3:C14;C4) и т. д.

G4 | =СЧЁТЕСЛИ(C3:C14;G3)

	A	B	C	D	E	F	G
1	Анализ показателей производства						
2	Месяц	Наименование товара	Наименование поставщика	Коли-чество	Цена за шт.	Итого	Кол-во поставщиков
3	Январь	Эксцентрик	ООО «БурГорДроб»	7	250000	*1750000*	ООО «БурГорДроб»
4	Февраль	Чаща опорная	ООО «Бурстрой»	6	260400		4
5	Март	Корпус чаши	ООО «Бурстрой»	8	190500		
6	Апрель	Вал приводной	ООО «Техпромбур»	9	180200		ООО «Бурстрой»
7	Май	Вал конуса	ООО «БурСнаб»	5	210000		4
8	Июнь	Воротник	ООО «БурГорДроб»	10	75700		
9	Июль	Воротник	ООО «Техпромбур»	12	72000		ООО «Техпромбур»
10	Август	Кожух	ООО «Техпромбур»	9	93500		3
11	Сентябрь	Пружина	ООО «БурГорДроб»	20	5200		
12	Октябрь	Вал приводной	ООО «БурГорДроб»	10	74700		ООО «БурСнаб»
13	Ноябрь	Вал конуса	ООО «Бурстрой»	12	71000		1
14	Декабрь	Воротник	ООО «Бурстрой»	9	92500		
15				Макс. за год		*1750000*	
16				Мин. за год		*104000*	
17				Среднее. за год		*1042183*	
18				Итого		*12506200*	





Лабораторная работа № 2. «Ввод данных и формул, форматирование, построение диаграмм»

Задание № 1. Создать таблицу «Производительность труда по основным видам деятельности» и построить две диаграммы. Рассчитать значение процентов, как отношение данных 2019 года к данным 2020 году, затем вычислить Среднее, Максимальное и Минимальное количество за эти года.

G3 f_x =F3/E3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Производительность труда по основным видам деятельности (тыс.руб/человек)									
2	№ п/п	Виды деятельности	2016	2017	2018	2019	Отношение 2019 к 2018	Среднее кол. за года	Макс. кол. за года	Мин. кол. за года
3	1	Горнодобывающая промышленность и разработка карьеров	150,1	189,1	192,7	180,8	94%	178,18	192,70	150,10
4	2	Обрабатывающая промышленность	30,3	40,4	50,9	51,8	102%	43,35	51,80	30,30
5	3	Легкая промышленность	7,9	12	12,7	12,1	95%	11,18	12,70	7,90
6	4	Производство продуктов химической промышленности	13	24,4	38	48,3	127%	30,93	48,30	13,00
7	5	Металлургическая промышленность	59,8	68,4	90	87,4	97%	76,40	90,00	59,80
8	6	Машиностроение	7,5	13,4	17,8	17,1	96%	13,95	17,80	7,50
9	7	Строительство	21	35,3	26,5	22,8	86%	26,40	35,30	21,00
10	8	Транспорт	56,1	65,6	94,4	48	51%	66,03	94,40	48,00

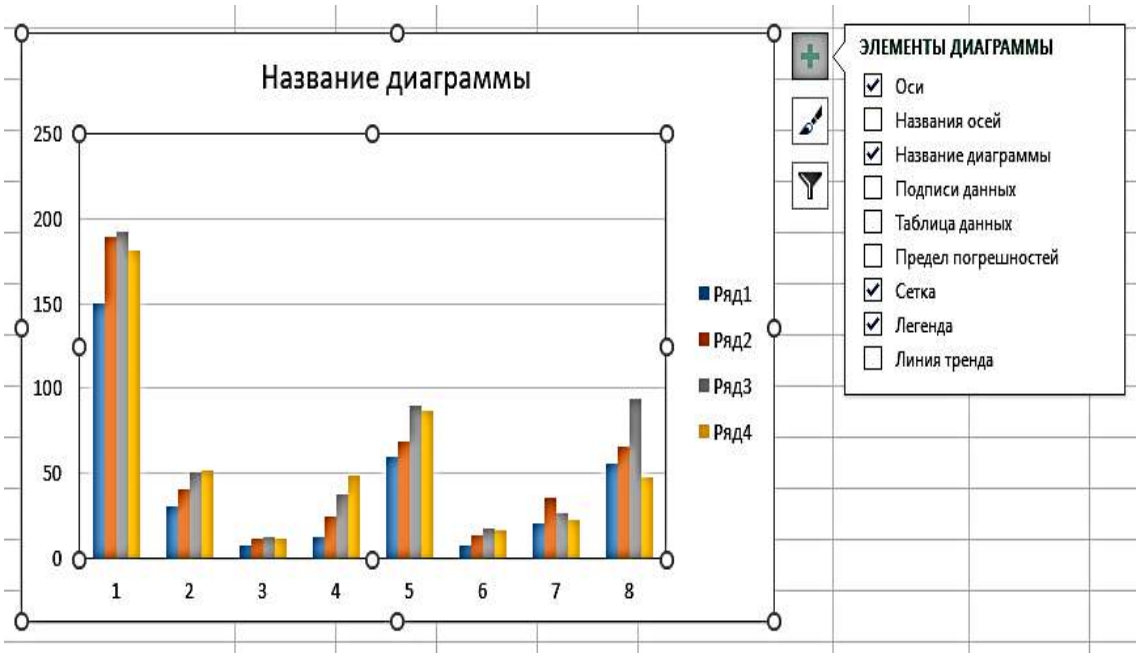
Методические указания

1. Запустите редактор электронных таблиц Microsoft Excel и создайте новую электронную книгу. На **Листе1** создайте таблицу для Задание № 1.

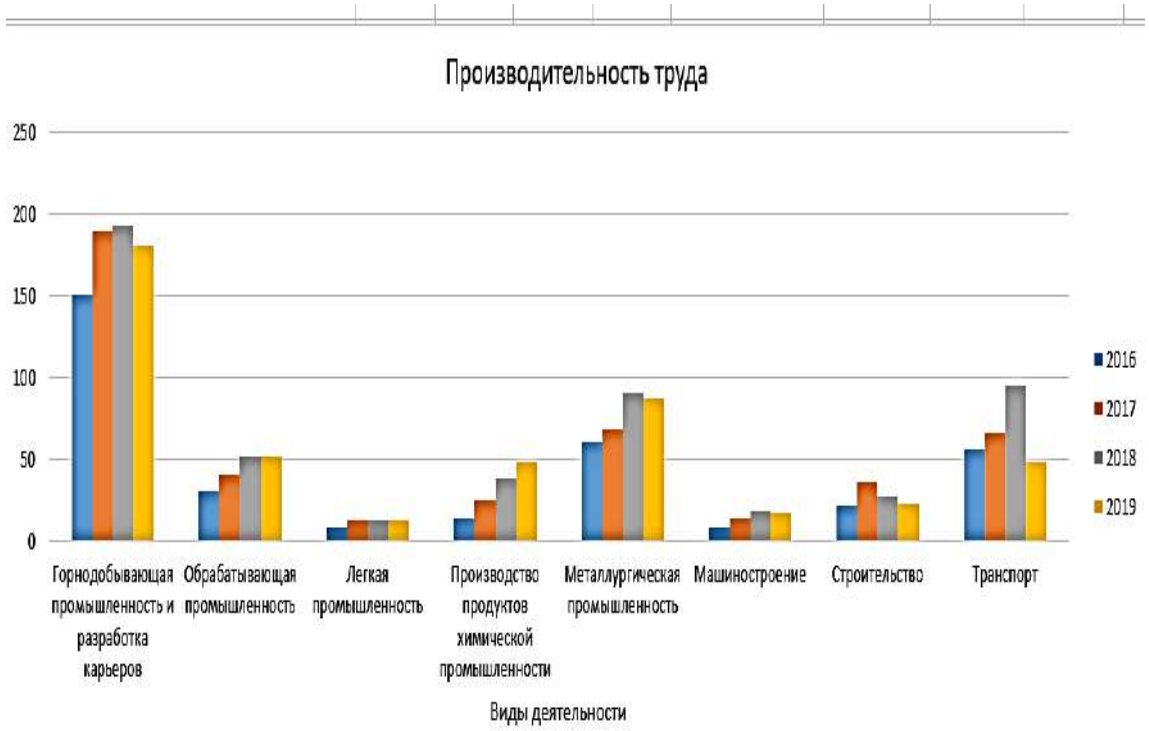
2. Для того, чтобы получить результат в ячейке F3, необходимо поставить знак «=» и в строке формул написать отношение 2019 года к 2018 году (F3/E4), затем при помощи маркера автозаполнения, вертикально протянуть указатель мыши до строки F10.

3. Для того, чтобы вычислить Среднее, Максимальное, Минимальное количество за года, использовать функции: =СРЗНАЧ( ), =МАКС( ), =МИН( ).

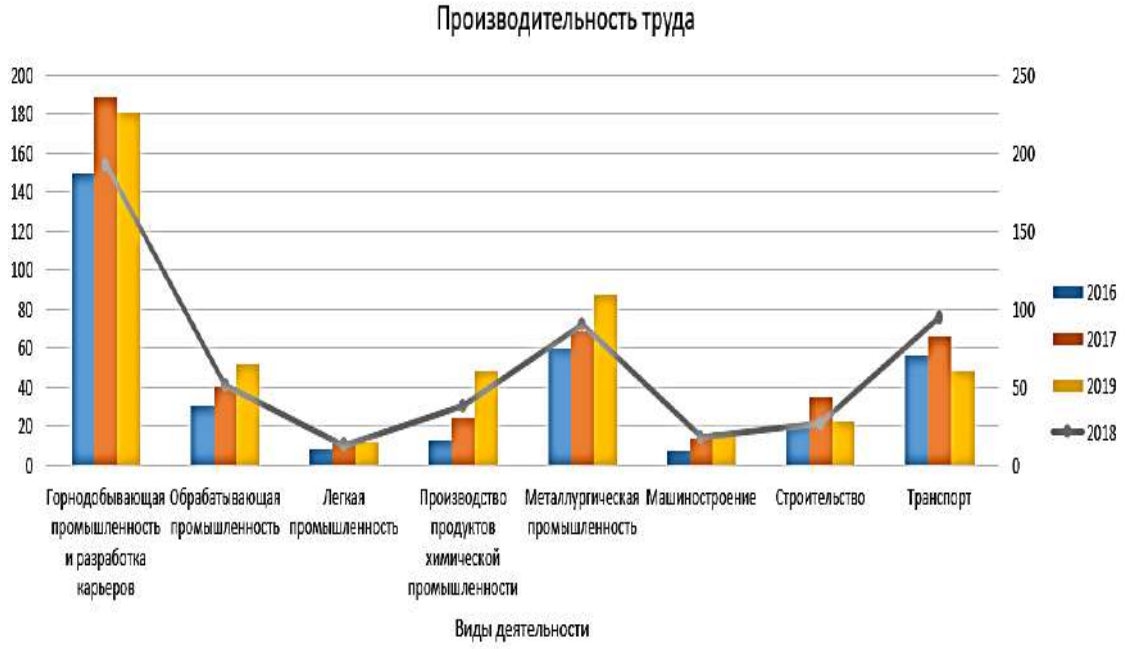
4. Для построения диаграммы 1 выделите ячейки C3:F10, лента инструментов *Вставка – Диаграммы – Гистограмма с группировкой.*



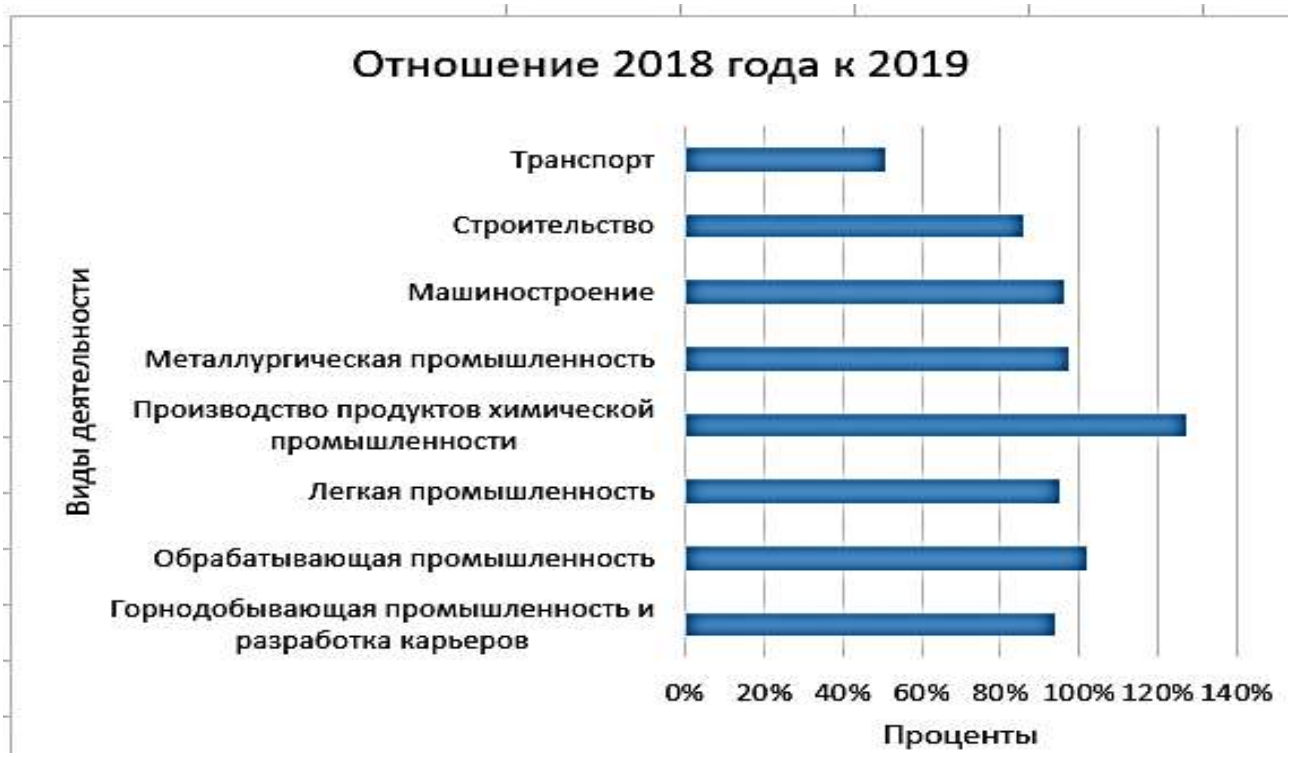
5. При помощи элементов диаграммы, подпишите название осей, название диаграммы, легенды. Для того, чтобы переименовать необходимые названия, используем ленту инструментов – *Работа с диаграммами – Конструктор – Выбрать данные*, добавляем, изменяем, удаляем требуемые названия.



6. ПКМ (правой клавишей мышки) выделите столбик 2018 года. Формат ряда данных – параметры ряда – *по вспомогательной оси – изменить тип диаграммы для ряда* – выбрать – *График с маркерами.*



7. Для построения диаграммы 2 выделите ячейки B2:B10, затем нажав кнопку **Ctrl**, выделите ячейки G2:G10, лента инструментов *Вставка – Диаграммы – Линейчатая с группировкой.*



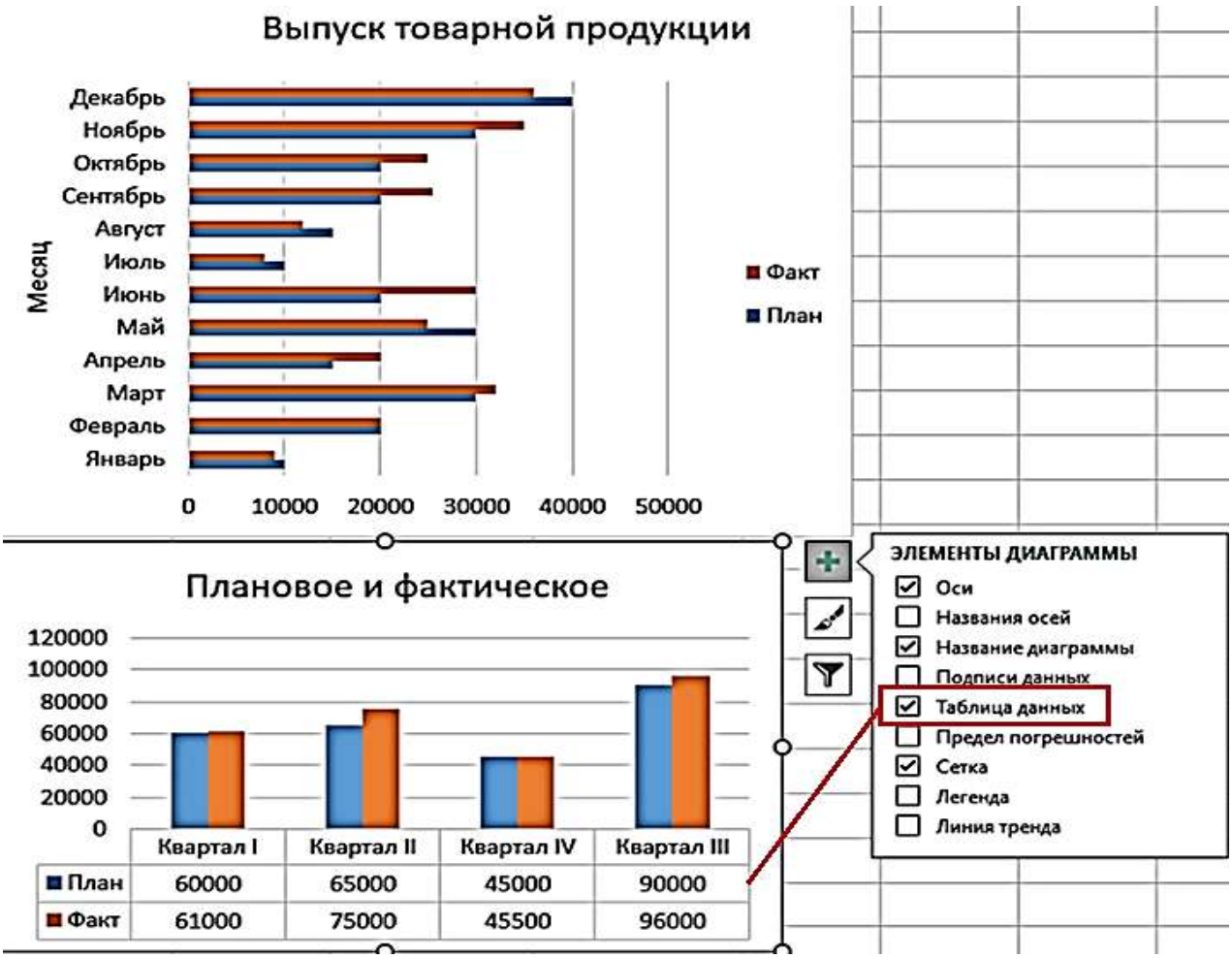
Задание № 2. Создать таблицу «Выпуск товарной продукции за 2020» и построить две диаграммы. Рассчитать Абсолютное отклонение от плана, Проценты к плану, вычислить Сумму по квартально, и Итого за 4-е квартала.

D4 =C4-B4

	A	B	C	D	E
1	Выпуск товарной продукции за 2020 год				
2	Месяц	План	Факт	Отклонение от плана	
3				абсолютное	% к плану
4	Январь	10000	9000	*-1000*	90,00%
5	Февраль	20000	20000	*0*	100,00%
6	Март	30000	32000	*2000*	106,67%
7	Апрель	15000	20000	*5000*	133,33%
8	Май	30000	25000	*-5000*	83,33%
9	Июнь	20000	30000	*10000*	150,00%
10	Июль	10000	8000	*-2000*	80,00%
11	Август	15000	12000	*-3000*	80,00%
12	Сентябрь	20000	25500	*5500*	127,50%
13	Октябрь	20000	25000	*5000*	125,00%
14	Ноябрь	30000	35000	*5000*	116,67%
15	Декабрь	40000	36000	*-4000*	90,00%
16	Квартал I	*60000*	*61000*		
17	Квартал II	*65000*	*75000*		
18	Квартал IV	*45000*	*45500*		
19	Квартал III	*90000*	*96000*		
20	Итого за 4 кварт.	*260000*	*277500*		

Методические указания

1. На **Листе2** создайте таблицу для второго задания.
2. Для того, чтобы получить результат в ячейке D4, необходимо поставить знак «=» и в строке формул и записать разность «Плановой» к «Фактической» продукции (=C4-B4), затем при помощи маркера автозаполнения вертикально протянуть указатель мыши до строки D15.
3. Для того, чтобы вычислить «Процент к плану», в строке формул записать частное «Фактической» деленное на «Плановую» (=C4/B4).
4. Для вычисления Суммы за 1-й квартала, использовать функцию: =СУММ( ), для первых трех месяцев, 2-го квартала – следующих трех месяцев и т. д. Итого за 4-е квартала, это сумма всех четырех кварталов.
5. Для построения диаграммы 1 выделите ячейки A2:C15, лента инструментов *Вставка – Диаграммы – Линейчатая с группировкой*. Знак «Легенды» перенесите справа на лист, подпишите название диаграммы и название осей.



6. Для построения диаграммы 2, выделите ячейки A16:C19, лента инструментов *Вставка – Диаграммы – Гистограмма с группировкой.* Для того, чтобы в гистограмме появилась таблица данных, воспользуйтесь элементами диаграммы.

7. Отформатируйте полученные Гистограммы по образцу, выполненному ранее.

Лабораторная работа № 3. «Знакомство с абсолютной ссылкой, сортировка, фильтрация»

Задание № 1.

1. На рабочем листе MS Excel создайте таблицу «Продажа цифровых камер».

2. Вычислите: Цену USD, Сумму, руб. и Итоговую строку.

3. Создайте фильтр, в котором отображался бы список только цифровых фотокамер модель Canon Digital, скопировать фильтр под основной таблицей. Дать заголовок новой таблице Фильтр по модели «Canon Digital».

4. Сделать сводку по продаже фотокамер «Больше или равно 5 штук». Дать имя «Фильтр продано больше 5 штук».

5. Создать сводку по Цене (Цена руб. >= 5 000). Скопировать и дать имя «Фильтр по цене, руб.».

6. Создать условное форматирование по столбцу «Сумма, руб.» с градиентной заливкой.

7. Создать гистограмму, отражающую Модель и Сумму.

E6 | =D6/$F$3

	A	B	C	D	E	F
1		ПРОДАЖА ЦИФРОВЫХ КАМЕР				
2		За период:	с	по		
3			01.03.2020	01.04.2020	Курс USD:	63,87
4						
5	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
6	1	Olympus MJU-400	4	9560,56	*149,69*	*38242,24*
7	2	Olympus C-5060Z	6	5600,50		
8	3	Nikon CoolPix 4100	2	7540,90		
9	4	Nikon CoolPix 3700	1	4350,35		
10	5	Minolta DiMAGE Z3	8	5210,00		
11	6	Minolta DiMAGE X50	9	4380,80		
12	7	HP PhotoSmart 935	6	4870,00		
13	8	FujiFilm FinePix F410	3	3350,70		
14	9	FujiFilm FinePix A340	5	4250,00		
15	10	Canon Digital IXUS500	3	5460,00		
16	11	Canon Digital IXUS II	12	4500,55		
17		Итого:	*59*	*59074,36*	*924,9156*	*303293,29*

Методические указания

1. На **Листе1** создайте таблицу для первого задания.

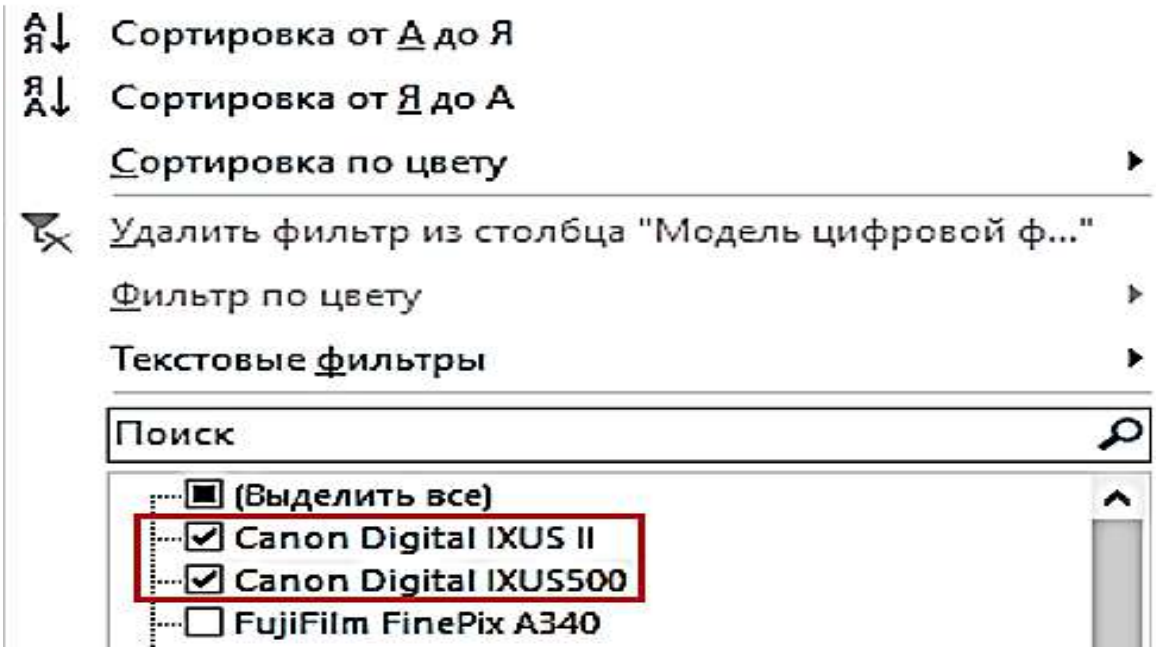
«Цена в USD» равна частному «Цены в рублях» деленному на «Курс USD» (абсолютный адрес, который выполняется при помощи кнопки F4), затем нажав на маркер автозаполнения, вертикально протянуть до строки E16.

2. «Сумму в рублях» равна произведению «Продано шт.» на значение «Цена, руб.», результат размножить до ячейки F16.

3. Итоговая строка вычисляется при помощи функции – «=СУММ( )».

4. Для создания фильтра, в котором будет произведена выборка строк, только цифровых фотокамер модели «Canon Digital», воспользуемся: лентой инструментов – *Данные* – *Фильтр* – в «шапку» таблицы, к заголовкам добавятся кнопки списка; открыв список, задайте условие.

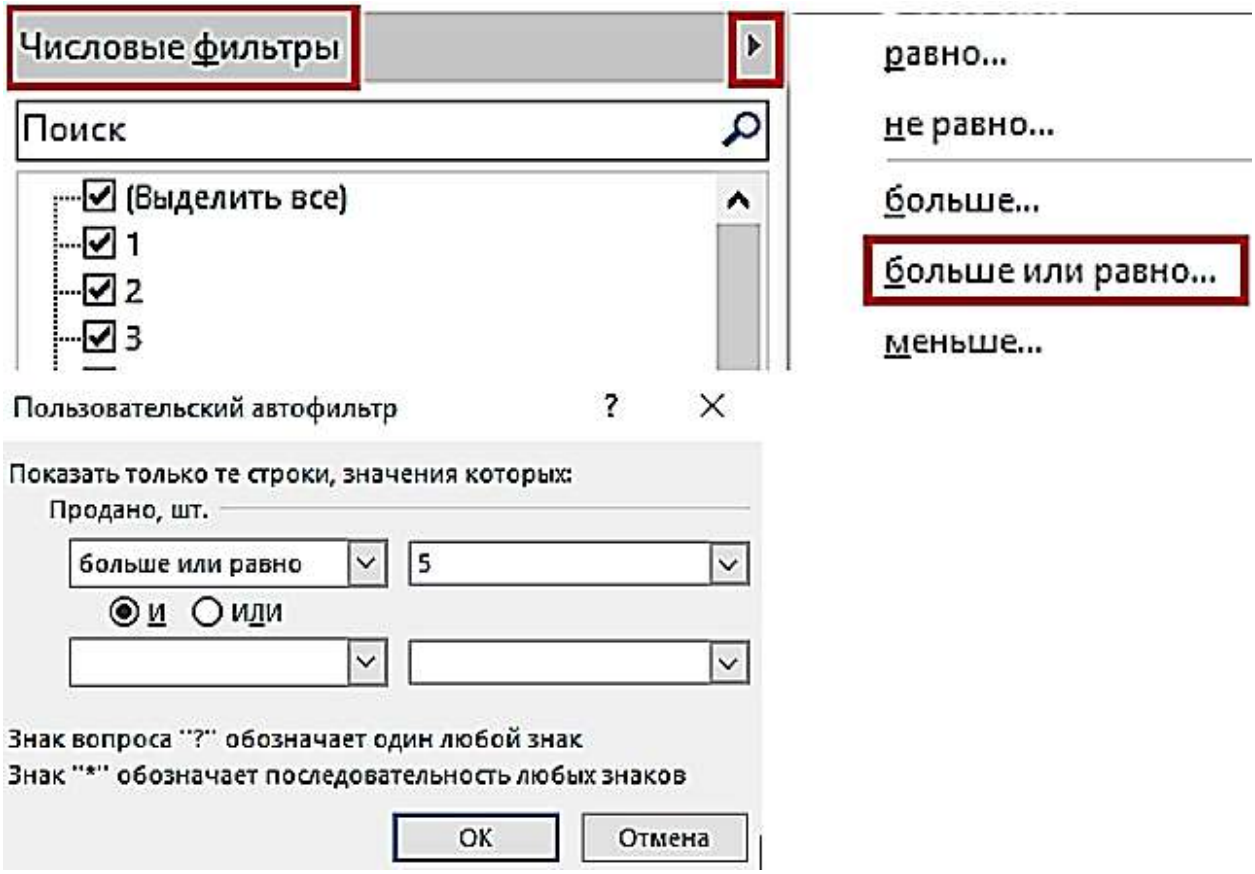
5	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб	Цена, USD
6	1	Olympus MJU-400	4	9560,56	*149,69*



5. Скопировать фильтр под основной таблицей. Дать заголовок новой таблице «Фильтр по модели «Canon Digital».

19	Фильтр по модели "Canon Digital"					
20	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
21		Canon Digital IXUS500	3	5460,00	*85,49*	*16380,00*
22		Canon Digital IXUS II	12	4500,55		
23		Итого:	*15*	*9960,55*	*155,9504*	*70386,6*

6. Для создания сводки по продаже фотокамер «Больше или равно 5 штук», воспользуемся лентой инструментов – *Данные* – *Фильтр*, выбрать *Числовые фильтры*.



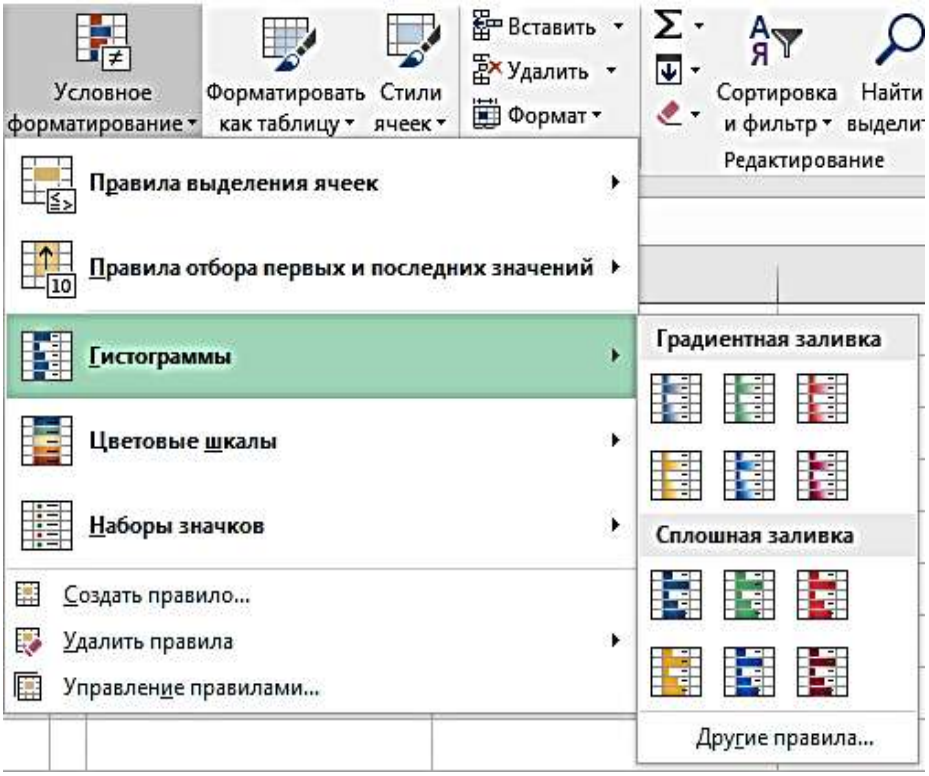
7. Скопировать фильтр ниже. Дать заголовок новой таблице «Фильтр продано больше 5 штук».

8. Для создания сводки по Цене (Цена, руб. >= 5 000). Воспользуемся лентой инструментов – *Данные* – *Фильтр*, выбрать *Числовые фильтры.* Далее скопировать, вписать заголовок новой таблицы «Фильтр по цене, руб.».

	A	B	C	D	E	F
24	«Фильтр продано больше 5 штук»					
25	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
26		Olympus C-5060Z	6	5600,50	***87,69***	***33603,00***
27		Minolta DiMAGE Z3	8	5210,00		
28		Minolta DiMAGE X50	9	4380,80		
29		HP PhotoSmart 935	6	4870,00		
30		FujiFilm FinePix A340	5	4250,00		
31		Canon Digital IXUS II	12	4500,55		
32		Итого:	***46***	***28811,85***	***451,1015***	***219186,8***

33	«Фильтр по цене, руб.»					
34	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
35		Olympus MJU-400	4	9560,56	***149,69***	***38242,24***
36		Olympus C-5060Z	6	5600,50		
37		Nikon CoolPix 4100	2	7540,90		
38		Minolta DiMAGE Z3	8	5210,00		
39		Canon Digital IXUS500	3	5460,00		
40		Итого:	***23***	***33371,96***	***522,4982***	***144987,04***

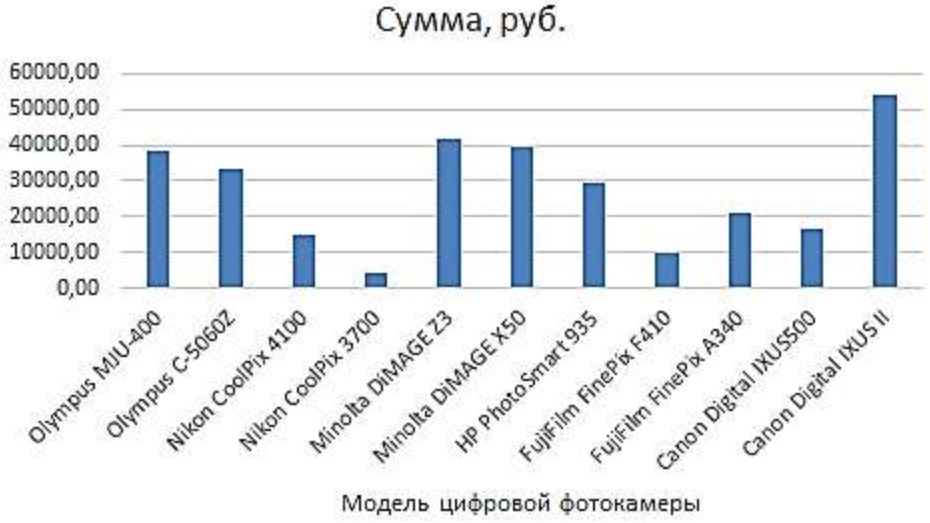
9. Для создания условного форматирования по столбцу «Сумма руб.» с градиентной заливкой, воспользуемся лентой инструментов – *Главная – Условное форматирование – Гистограммы – Градиентная заливка.*



10. Скопировать фильтр ниже. Дать заголовок новой таблице «Условное форматирование по сумме, руб.».

41	«Условное форматирование по сумме, руб.»					
42	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
43	1	Olympus MJU-400	4	9560,56	*149,69*	*38242,24*
44	2	Olympus C-5060Z	6	5600,50	*87,69*	*33603,00*
45	3	Nikon CoolPix 4100	2	7540,90	*118,07*	*15081,80*
46	4	Nikon CoolPix 3700	1	4350,35	*68,11*	*4350,35*
47	5	Minolta DiMAGE Z3	8	5210,00	*81,57*	*41680,00*
48	6	Minolta DiMAGE X50	9	4380,80	*68,59*	*39427,20*
49	7	HP PhotoSmart 935	6	4870,00	*76,25*	*29220,00*
50	8	FujiFilm FinePix F410	3	3350,70	*52,46*	*10052,10*
51	9	FujiFilm FinePix A340	5	4250,00	*66,54*	*21250,00*
52	10	Canon Digital IXUS500	3	5460,00	*85,49*	*16380,00*
53	11	Canon Digital IXUS II	12	4500,55	*70,46*	*54006,60*
54		Итого:	*59*	*59074,36*	*924,9156*	*303293,29*

11. Создаем гистограмму, отражающую Модель и Сумму.



Задание № 2. Самостоятельно, на **Листе2** и **3** выполнить работу.

1. Создать таблицу. Вычислить: Цена за книгу ($), Сумма (руб.), Сумма ($), Сумма (€) и Итоговую строку.

2. Скопировать вычисленную таблицу на **Лист3** и выполнить работу на этом листе.

3. Создать фильтр, в котором отображался бы список только покупателей из г. Екатеринбурга и скопировать фильтр под основной таблицей. Дать заголовок новой таблице «Фильтр по г. Екатеринбург».

4. Создать фильтр, в котором отображался бы список всех покупателей, принявших участие в торгах до 30.08, скопировать этот фильтр под предыдущим. Дать имя таблице «Фильтр по дате».

5. Сделать сводку по продаже книги № 3. Дать имя «Фильтр по книге № 3».

6. Создать сводку клиентов, сделавших самые большие закупки (Сумма (руб.) > 100 000). Скопировать и дать имя «Фильтр по сумме».

7. Отсортировать таблицу по Алфавиту городов, и, в свою очередь, каждый город отфильтровать по Дате.

8. Создать условное форматирование столбца "Сумма" по принципу: если Сумма (руб.) >100000, то цвет шрифта красный, а цвет фона жёлтый.

J4 | =E4/$G$2*G4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Задание 1. Создать таблицу. Вычислить: Цена за книгу ($), Сумма (руб.), Сумма ($), Сумма (€) и Итоговую строку.									
2				*Курс $*	*63,5*	*Евро €*	*71,2*			
3	Город	Дата	№ книги	Покупатели	Цена за книгу (руб.)	Цена за книгу ($)	Продано	Сумма (руб.)	Сумма ($)	Сумма (€)
4	Североуральск	07.июл	2	205	2500,00		200			
5	Екатеринбург	16.июл	5	385	400,00		150			
6	Краснотуринск	25.июл	3	499	3000,00		320			
7	Пышма	03.авг	14	93	2100,00		45			
8	Екатеринбург	12.авг	1	463	520,00		191			
9	Среднеуральск	21.авг	6	221	560,00		56			
10	Североуральск	30.авг	8	205	3500,00		78			
11	Пышма	08.сен	5	174	230,00		210			
12	Екатеринбург	17.сен	4	278	800,00		178			
13	Среднеуральск	26.сен	3	93	360,00		600			
14	Екатеринбург	05.окт	7	145	256,00		520			
15	Среднеуральск	14.окт	8	153	180,00		460			
16	Екатеринбург	23.окт	1	358	634,00		69			
17				Итого:	*15040,00*	*236,85*	*3077,00*	*2684546,00*	*42276,31*	*37704,30*

Исходная таблица | Лист3 | Лист4 | Лист5 | 6 | 7

Лабораторная работа № 4. «Функция ЕСЛИ, промежуточный итог, сводная таблица и абсолютная ссылка»

Задание № 1. Создать таблицу «Оплата проживания в гостинице «Екатеринбург» и построить две диаграммы. Рассчитать оплату проживания, скидку с условием:

а) если количество дней проживания больше 5, то скидка 5 %;

б) если количество дней проживания больше или равно 8, то скидка 10 %, а если количество дней проживания больше или равно

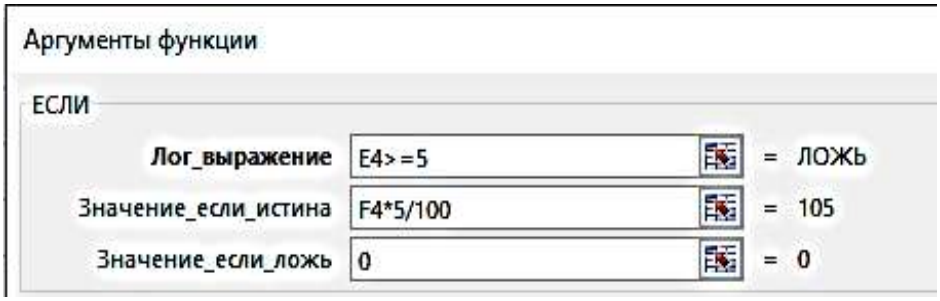
12, то скидка 12 %, иначе 0. Вычислить оплату со скидкой и оплату со скидкой в долларах.

G4 | =ЕСЛИ(E4>=5;F4*5/100;0)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Оплата проживания в гостинице "Екатеринбург"**							
2	Оплата за сутки, руб		**2100**		Если количество дней больше 5, то скидка 5%			
3	№	Фамилия	Имя	Отчество	Количество дней	Оплата прожи-вания	Скидка	Оплата со скидкой
4	1	Забродский	Иван	Миронович	1			
5	2	Аккуратнова	Наталья	Сергеевна	9			
6	3	Боровская	Ирина	Николаевна	2			
7	4	Гара	Любовь	Витальевна	6			
8	5	Гарнович	Галина	Михайловна	12			
9	6	Героник	Наталья	Васильевна	8			
10	7	Езерский	Виктор	Иванович	15			
11	8	Кантин	Алексей	Станиславович	2			
12	9	Каратова	Людмила	Васильевна	10			
13					Итого	136500	6300	142800
14					Среднее	15166,67	700,00	15866,67

Методические указания

1. На **листе1** создайте таблицу для первого задания.
2. Для того, чтобы получить результат в ячейке F4, необходимо поставить знак «=» и в строке формул записать произведение «Количества дней на оплату за сутки» на ячейку С2, сделав адрес этой ячейки с абсолютной ссылкой (=E4*$C$2), затем при помощи маркера автозаполнения, указатель мыши вертикально протянуть вниз до строки F12.
3. Для того, чтобы вычислить Скидку, воспользуемся функцией =ЕСЛИ( ).



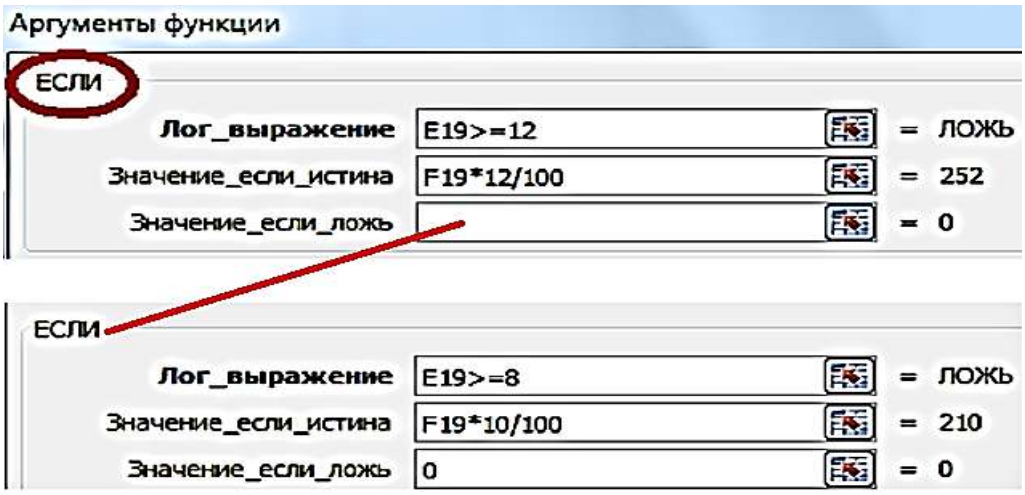
4. Для того, чтобы вычислить Оплату со скидкой, используем Сумму оплаты проживания и Скидки.
5. Снизу таблицы вычислите Итоговую строку и Среднее.

6. Скопировать таблицу ниже. Вписать в ячейку F17 Курс доллара, добавить и вычислить столбец «Оплата со скидкой в долларах».

G19 =ЕСЛИ(E19>=12;F19*12/100;ЕСЛИ(E19>=8;F19*10/100;0))

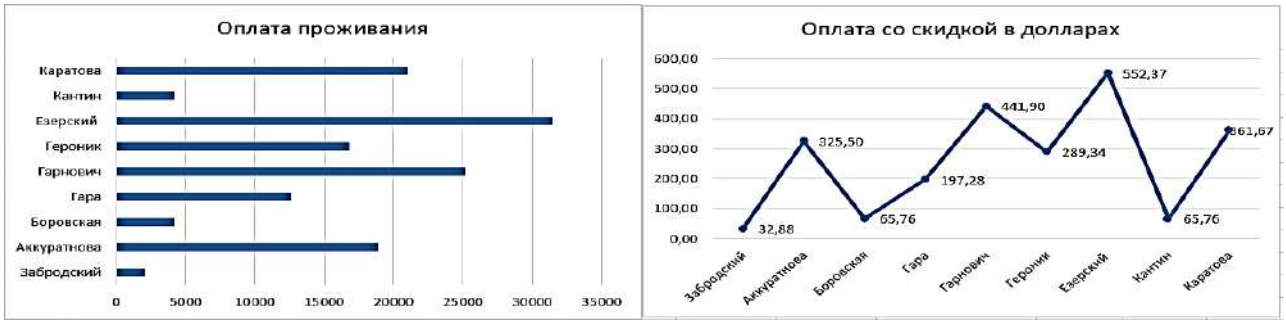
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
16	Оплата проживания в гостинице "Екатеринбург"								
17	Оплата за сутки, руб		2100		Курс доллара	63,87			
18	№	Фамилия	Имя	Отчество	Количество дней	Оплата прожи-вания	Скидка	Оплата со скидкой	Оплата со скидкой в долларах
19	1	Забродский	Иван	Миронович	1	2100	0	2100	32,88
20	2	Аккуратнова	Наталья	Сергеевна	9	18900	1890	20790	325,50
21	3	Боровская	Ирина	Николаевна	2	4200	0	4200	65,76
22	4	Гара	Любовь	Витальевна	6	12600	0	12600	197,28
23	5	Гарнович	Галина	Михайловна	12	25200	3024	28224	441,90
24	6	Героник	Наталья	Васильевна	8	16800	1680	18480	289,34
25	7	Езерский	Виктор	Иванович	15	31500	3780	35280	552,37
26	8	Кантин	Алексей	Станиславович	2	4200	0	4200	65,76
27	9	Каратова	Людмила	Васильевна	10	21000	2100	23100	361,67
28					Итого	136500	12474	148974	
29					Среднее	15166,67	1386,00	16552,67	

7. Изменить условие: если количество дней больше или равно 12, то скидка 12 %, а если больше или равно 8 дням – скидка 10 %, иначе 0.



8. Оплату со Скидкой и Скидкой в долларах вычислить самостоятельно.

9. Построить диаграммы.

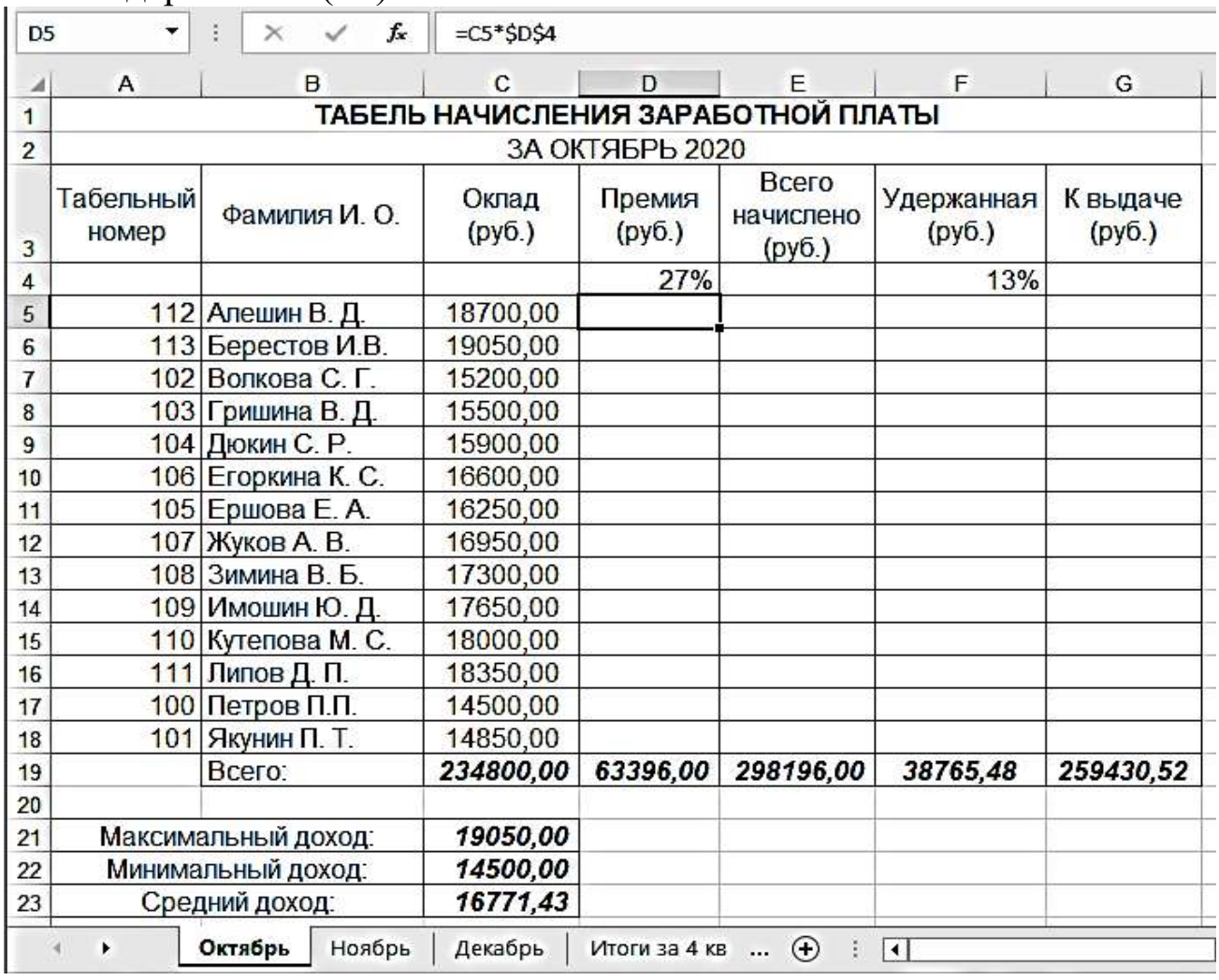


Задание № 2. Создайте таблицу «Табель начисления заработной платы». Вычислите зарплату: Всего начислено, Удержанную и К выдаче. Рассчитать доход: Максимальный, Минимальный и Средний. Построить диаграммы.

Методические указания

1. Для второго задания на **Листе2** создайте таблицу расчета заработной платы по образцу. Введите исходные данные – «Табельный номер», «ФИО» и «Оклад», «% Премии = 27 %», «% Удержания = 13 %».

2. Выделите отдельные ячейки для значений «% Премии» (D4) и «% Удержания» (F4).



D5 | =C5*$D$4

	A	B	C	D	E	F	G
1	ТАБЕЛЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ						
2	ЗА ОКТЯБРЬ 2020						
3	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Премия (руб.)	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
4				27%		13%	
5	112	Алешин В. Д.	18700,00				
6	113	Берестов И.В.	19050,00				
7	102	Волкова С. Г.	15200,00				
8	103	Гришина В. Д.	15500,00				
9	104	Дюкин С. Р.	15900,00				
10	106	Егоркина К. С.	16600,00				
11	105	Ершова Е. А.	16250,00				
12	107	Жуков А. В.	16950,00				
13	108	Зимина В. Б.	17300,00				
14	109	Имошин Ю. Д.	17650,00				
15	110	Кутепова М. С.	18000,00				
16	111	Липов Д. П.	18350,00				
17	100	Петров П.П.	14500,00				
18	101	Якунин П. Т.	14850,00				
19		Всего:	***234800,00***	***63396,00***	***298196,00***	***38765,48***	***259430,52***
20							
21	Максимальный доход:		***19050,00***				
22	Минимальный доход:		***14500,00***				
23	Средний доход:		***16771,43***				

Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Итоги за 4 кв ...

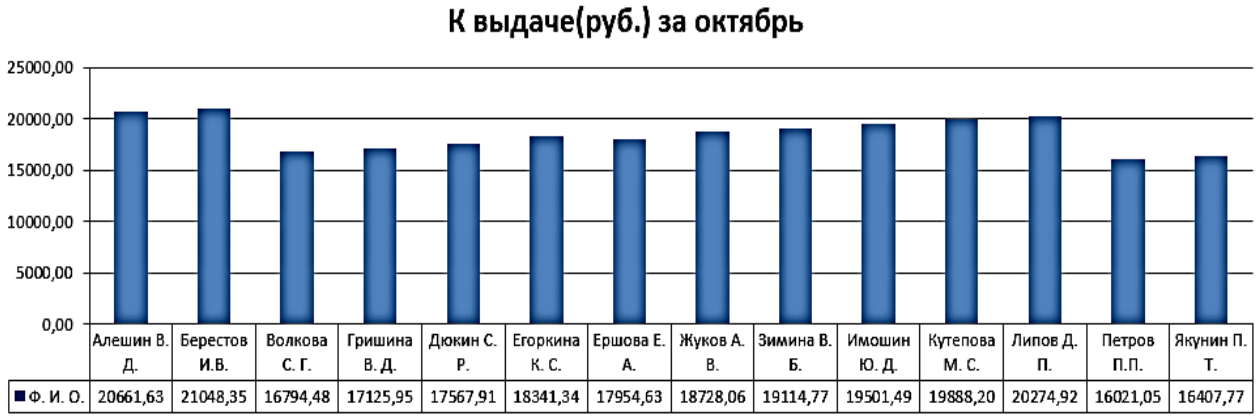
3. Переименуйте ярлычок **Листа2**, присвоив ему имя «**Октябрь**». Для этого дважды щелкните мышью по ярлычку и наберите новое имя.

4. Произведите расчеты во всех столбцах таблицы.

5. «Премия» = «Оклад» * «% Премии» (ячейка D4 используется в виде абсолютной адресации F4); «Всего начислено» = «Оклад» + «Премия»; «Удержание» = «Всего начислено» * «% Удержания» (ячейка F4 используется в виде абсолютной адресации F4); «К выдаче» = «Всего начислено» – «Удержания»;

6. Рассчитайте Итоги по столбцам, а также Максимальный, Минимальный и Средний доходы.

7. Постройте гистограмму.



8. Скопируйте содержимое листа «**Октябрь**» на новый лист, присвойте скопированному листу название «**Ноябрь**». Исправьте название месяца в названии таблицы. Измените значение «Премии» на 32 %. Убедитесь, что программа произвела пересчет формул.

9. Между колонками «Премия» и «Всего начислено» вставьте новую колонку «Доплата» (*Вставка/Столбец*) и рассчитайте значение доплаты по формуле «Доплата» = «Оклад» * «% Доплаты». Значение Доплаты примите равным 5 %.

10. Измените формулу для расчета значений колонки «Всего начислено», «Всего начислено» = «Оклад» + «Премия» + «Доплата».

11. Проведите условное форматирование значений колонки «К выдаче». Установите формат *Правила выделения ячеек – больше – 20000 – Зеленая заливка и темно зеленый цвет*.

12. Затем проведите сортировку фамилий по возрастанию в алфавитном порядке по колонке «Фамилия И. О.» (выделите диапазон с 5 по 18 строки таблицы – без Итогов, выберите меню *Данные/Сортировка*, сортировать по – *Столбец В*).

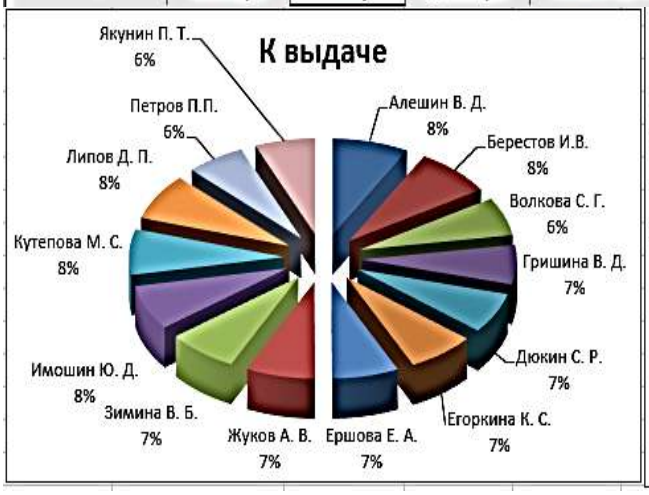
13. Построить круговую объемную диаграмму Начисленной суммы к выдаче всех сотрудников за Ноябрь месяц.

14. Построить гистограмму, в которой отражены Ф. И. О., Оклад и к выдаче за ноябрь.

H5 | =F5-G5

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ТАБЕЛЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ							
2	ЗА НОЯБРЬ 2020							
3	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Премия (руб.)	Доплата	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
4				32%	5%		13%	
5	112	Алешин В. Д.	18700,00	5984,00	935,00	25619,00	3330,47	22288,53
6	113	Берестов И.В.	19050,00	6096,00	952,50	26098,50	3392,81	22705,70
7	102	Волкова С. Г.	15200,00	4864,00	760,00	20824,00	2707,12	18116,88
8	103	Гришина В. Д.	15500,00	4960,00	775,00	21235,00	2760,55	18474,45
9	104	Дюкин С. Р.	15900,00	5088,00	795,00	21783,00	2831,79	18951,21
10	106	Егоркина К. С.	16600,00	5312,00	830,00	22742,00	2956,46	19785,54
11	105	Ершова Е. А.	16250,00	5200,00	812,50	22262,50	2894,13	19368,38
12	107	Жуков А. В.	16950,00	5424,00	847,50	23221,50	3018,80	20202,71
13	108	Зимина В. Б.	17300,00	5536,00	865,00	23701,00	3081,13	20619,87
14	109	Имошин Ю. Д.	17650,00	5648,00	882,50	24180,50	3143,47	21037,04
15	110	Кутепова М. С.	18000,00	5760,00	900,00	24660,00	3205,80	21454,20
16	111	Липов Д. П.	18350,00	5872,00	917,50	25139,50	3268,14	21871,37
17	100	Петров П.П.	14500,00	4640,00	725,00	19865,00	2582,45	17282,55
18	101	Якунин П. Т.	14850,00	4752,00	742,50	20344,50	2644,79	17699,72
19		Всего:	234800,00	75136,00	11740,00	321676,00	41817,88	279858,12
20								
21	Максимальный доход:		19050,00					
22	Минимальный доход:		14500,00					
23	Средний доход:		16771,43					

Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Итоги за 4 кв ...





15. Рассчитать Зарплату за декабрь и построить диаграмму. Создать Итоговую таблицу ведомости квартального начисления заработной платы, провести расчет Промежуточных итогов по подразделениям. Для этого, скопируйте содержимое листа «**Ноябрь**» на новый лист электронной книги, присвойте скопированному листу

название «**Декабрь**». Исправьте название месяца в ведомости на «**Декабрь**».

16. Измените значение «Премии на 46 %», «Доплаты – на 8 %». Убедитесь, что программа произвела пересчет формул.

G5 | =F5*$G$4

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ТАБЕЛЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ							
2	ЗА ДЕКАБРЬ 2020							
3	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Премия (руб.)	Доплата	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
4				46%	8%		13%	
5	112	Алешин В. Д.	18700,00	***8602,00***	***1496,00***	***28798,00***	***3743,74***	***25054,26***
6	113	Берестов И.В.	19050,00	***8763,00***	***1524,00***	***29337,00***	***3813,81***	***25523,19***
7	102	Волкова С. Г.	15200,00	***6992,00***	***1216,00***	***23408,00***	***3043,04***	***20364,96***
8	103	Гришина В. Д.	15500,00	***7130,00***	***1240,00***	***23870,00***	***3103,10***	***20766,90***
9	104	Дюкин С. Р.	15900,00	***7314,00***	***1272,00***	***24486,00***	***3183,18***	***21302,82***
10	106	Егоркина К. С.	16600,00	***7636,00***	***1328,00***	***25564,00***	***3323,32***	***22240,68***
11	105	Ершова Е. А.	16250,00	***7475,00***	***1300,00***	***25025,00***	***3253,25***	***21771,75***
12	107	Жуков А. В.	16950,00	***7797,00***	***1356,00***	***26103,00***	***3393,39***	***22709,61***
13	108	Зимина В. Б.	17300,00	***7958,00***	***1384,00***	***26642,00***	***3463,46***	***23178,54***
14	109	Имошин Ю. Д.	17650,00	***8119,00***	***1412,00***	***27181,00***	***3533,53***	***23647,47***
15	110	Кутепова М. С.	18000,00	***8280,00***	***1440,00***	***27720,00***	***3603,60***	***24116,40***
16	111	Липов Д. П.	18350,00	***8441,00***	***1468,00***	***28259,00***	***3673,67***	***24585,33***
17	100	Петров П.П.	14500,00	***6670,00***	***1160,00***	***22330,00***	***2902,90***	***19427,10***
18	101	Якунин П. Т.	14850,00	***6831,00***	***1188,00***	***22869,00***	***2972,97***	***19896,03***
19		Всего:	***234800,00***	***108008,00***	***18784,00***	***361592,00***	***47006,96***	***314585,04***
20								
21	Максимальный доход:		***19050,00***					
22	Минимальный доход:		***14500,00***					
23	Средний доход:		***16771,43***					



17. Перед расчетом Итоговых данных за квартал проведите сортировку по Фамилиям в алфавитном порядке (по возрастанию) в ведомостях начисления зарплаты за «**Октябрь**» – «**Декабрь**».

18. Скопируйте содержимое листа «**Октябрь**» на новый лист, присвойте скопированному листу название «**Итоги за квартал**». Измените название таблицы на «Табель начисления заработной платы за 4-ый квартал».

19. Отредактируйте лист «**Итоги за квартал**» согласно образцу. Для этого удалите в основной таблице колонку «Премия», а также строку 4 с численными значениями «% Премии» и «% Удержания» и строку 19 «Всего». Удалите также строки с расчетом Максимального, Минимального и Среднего доходов под основной таблицей. Вставьте пустую третью строку.

20. Вставьте новый столбец «Подразделение» (*Вставка/Столбец*) между столбцами «Фамилия» и «Всего начислено». Заполните столбец «Подразделение» данными по образцу.

E4 =Октябрь!E5+Ноябрь!F5+Декабрь!F5

Вед_нач_зарплаты02окт [Режим совместимости]

	A	B	C	D	E	F	G
1	ВЕДОМОСТЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ						
2	Ведомость начисления заработной платы за 4 квартал						
3	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Подразделение	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
4	112	Алешин В. Д.	18700,00	Отдел менеджмента	*78166,00*	*10161,58*	*68004,42*
5	113	Берестов И.В.	19050,00	Отдел менеджмента	*79629,00*	*10351,77*	*69277,23*
6	102	Волкова С. Г.	15200,00	Отдел менеджмента	*63536,00*	*8259,68*	*55276,32*
7	103	Гришина В. Д.	15500,00	Бухгалтерия	*64790,00*	*8422,70*	*56367,30*
8	104	Дюкин С. Р.	15900,00	Отдел реализации	*66462,00*	*8640,06*	*57821,94*
9	106	Егоркина К. С.	16600,00	Отдел реализации	*69388,00*	*9020,44*	*60367,56*
10	105	Ершова Е. А.	16250,00	Отдел менеджмента	*67925,00*	*8830,25*	*59094,75*
11	107	Жуков А. В.	16950,00	Отдел менеджмента	*70851,00*	*9210,63*	*61640,37*
12	108	Зимина В. Б.	17300,00	Бухгалтерия	*72314,00*	*9400,82*	*62913,18*
13	109	Имошин Ю. Д.	17650,00	Отдел реализации	*73777,00*	*9591,01*	*64185,99*
14	110	Кутепова М. С.	18000,00	Отдел менеджмента	*75240,00*	*9781,20*	*65458,80*
15	111	Липов Д. П.	18350,00	Бухгалтерия	*76703,00*	*9971,39*	*66731,61*
16	100	Петров П.П.	14500,00	Отдел реализации	*60610,00*	*7879,30*	*52730,70*
17	101	Якунин П. Т.	14850,00	Отдел реализации	*62073,00*	*8069,49*	*54003,51*
18		Всего:	*234800,00*				

Октябрь / Ноябрь / Декабрь / **Итоги за 4 квартал**

21. Произведите расчет Квартальных начислений, Удержаний и Суммы к выдаче, как Сумму начислений за каждый месяц (данные по месяцам располагаются на разных листах электронной книги, поэтому к адресу ячейки добавится адрес листа).

Краткая справка. Чтобы вставить в формулу адрес или диапазон ячеек с другого листа, следует во время ввода формулы щелкнуть по закладке этого листа и выделить на нем нужные ячейки. Вставляемый адрес будет содержать название этого листа.

В ячейке D5 для расчета квартальных начислений «Всего начислено» формула имеет вид**:**

= 'Зарплата декабрь"!F5 + 'Зарплата ноябрь"!F5 + 'Зарплата октябрь"!E5.

Аналогично произведите квартальный расчет «Удержания» и «К выдаче».

22. Отсортируйте данные по подразделению.

23. Скопируйте содержимое листа «**Итоги за 4-й квартал**» на новый лист электронной книги, присвойте скопированному листу название «**Промежуточные итоги**».

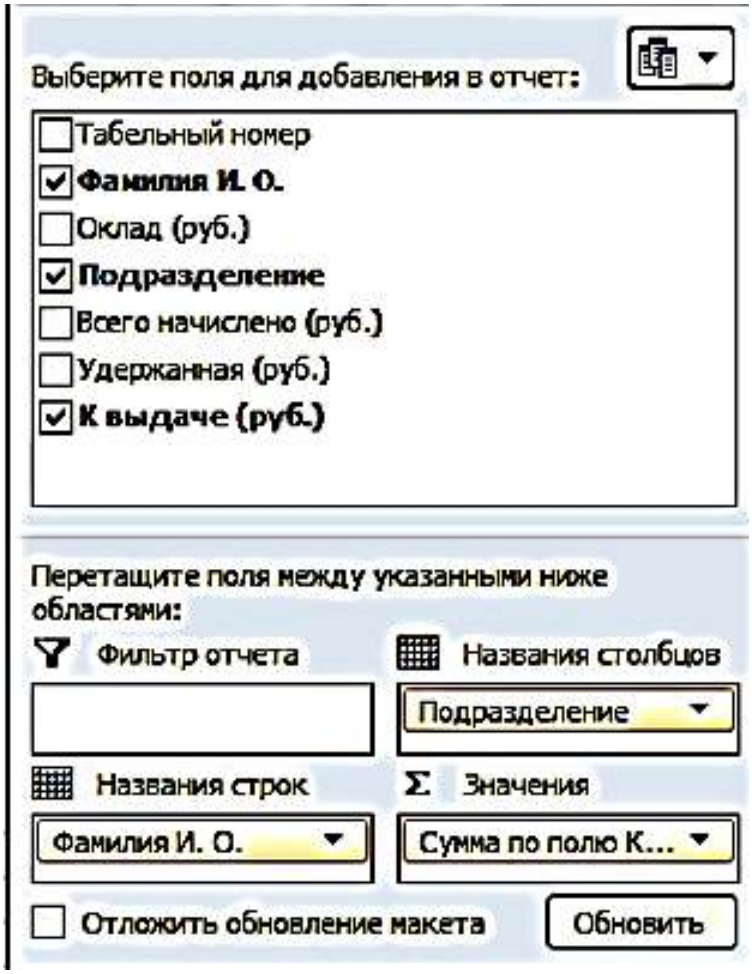
24. Подведите Промежуточные итоги по подразделениям, используя формулу суммирования. Для этого, добавьте пустую строку перед таблицей, выделите всю таблицу и выполните команду *Данные/Итоги*. Задайте параметры подсчета Промежуточных итогов: при каждом изменении в — «Подразделение», операция – «Сумма», добавить итоги по «Всего начислено», «Удержания», «К выдаче».

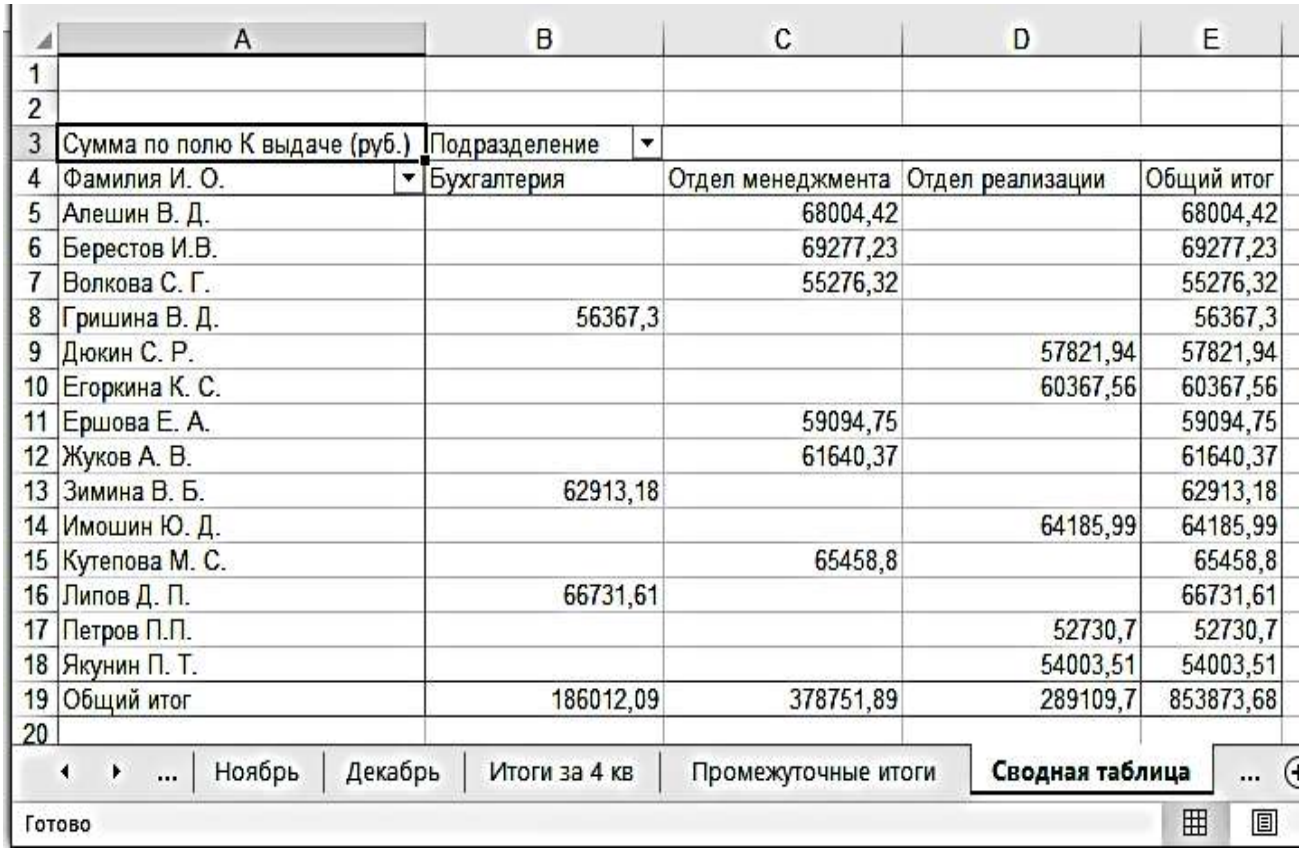
Отметьте галочкой операции «Заменить текущие итоги» и «Итоги под данными»

	A	B	C	D	E	F	G
1	**ВЕДОМОСТЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ**						
2	Ведомость начисления заработной платы за 4 квартал						
3							
4	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Подразделение	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
5	103	Гришина В. Д.	15500,00	Бухгалтерия	***64790,00***	***8422,70***	***56367,30***
6	108	Зимина В. Б.	17300,00	Бухгалтерия	***72314,00***	***9400,82***	***62913,18***
7	111	Липов Д. П.	18350,00	Бухгалтерия	***76703,00***	***9971,39***	***66731,61***
8				**Бухгалтерия Итог**	***213807,00***	***27794,91***	***186012,09***
9	112	Алешин В. Д.	18700,00	Отдел менеджмента	***78166,00***	***10161,58***	***68004,42***
10	113	Берестов И.В.	19050,00	Отдел менеджмента	***79629,00***	***10351,77***	***69277,23***
11	102	Волкова С. Г.	15200,00	Отдел менеджмента	***63536,00***	***8259,68***	***55276,32***
12	105	Ершова Е. А.	16250,00	Отдел менеджмента	***67925,00***	***8830,25***	***59094,75***
13	107	Жуков А. В.	16950,00	Отдел менеджмента	***70851,00***	***9210,63***	***61640,37***
14	110	Кутепова М. С.	18000,00	Отдел менеджмента	***75240,00***	***9781,20***	***65458,80***
15				**Отдел менеджмента Итог**	***435347,00***	***56595,11***	***378751,89***
16	104	Дюкин С. Р.	15900,00	Отдел реализации	***66462,00***	***8640,06***	***57821,94***
17	106	Егоркина К. С.	16600,00	Отдел реализации	***69388,00***	***9020,44***	***60367,56***
18	109	Имошин Ю. Д.	17650,00	Отдел реализации	***73777,00***	***9591,01***	***64185,99***
19	100	Петров П.П.	14500,00	Отдел реализации	***60610,00***	***7879,30***	***52730,70***
20	101	Якунин П. Т.	14850,00	Отдел реализации	***62073,00***	***8069,49***	***54003,51***
21				**Отдел реализации Итог**	***332310,00***	***43200,30***	***289109,70***
22				**Общий итог**	***981464,00***	***127590,32***	***853873,68***
23		Всего:	***234800,00***				

Октябрь / Ноябрь / Декабрь / Итоги за 4 кв / **Промежуточные итоги** /

25. Скопируйте содержимое листа «**Итоги за 4-ый квартал**» на новый лист электронной книги, присвойте скопированному листу название «**Сводная таблица**». Для этого, выделите в таблице ячейки с адресом A5 по G17, затем *Вставка – Сводная таблица*, выберите поля для добавления в отчет.





	A	B	C	D	E
1					
2					
3	Сумма по полю К выдаче (руб.)	Подразделение			
4	Фамилия И. О.	Бухгалтерия	Отдел менеджмента	Отдел реализации	Общий итог
5	Алешин В. Д.		68004,42		68004,42
6	Берестов И.В.		69277,23		69277,23
7	Волкова С. Г.		55276,32		55276,32
8	Гришина В. Д.	56367,3			56367,3
9	Дюкин С. Р.			57821,94	57821,94
10	Егоркина К. С.			60367,56	60367,56
11	Ершова Е. А.		59094,75		59094,75
12	Жуков А. В.		61640,37		61640,37
13	Зимина В. Б.	62913,18			62913,18
14	Имошин Ю. Д.			64185,99	64185,99
15	Кутепова М. С.		65458,8		65458,8
16	Липов Д. П.	66731,61			66731,61
17	Петров П.П.			52730,7	52730,7
18	Якунин П. Т.			54003,51	54003,51
19	Общий итог	186012,09	378751,89	289109,7	853873,68
20					

Лабораторная работа № 5. «Функции даты и времени»

Задание № 1. Создать таблицу «Ведомость студентов» и построить две диаграммы. Рассчитать средний балл по трем предметам.

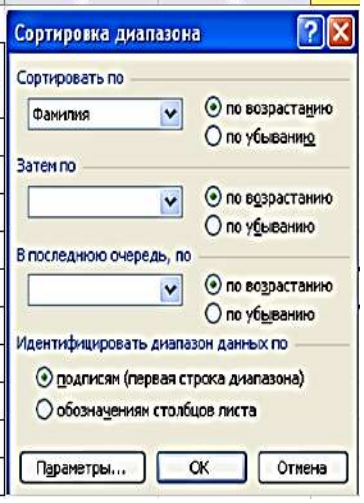
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Создать таблицу "Ведомость студентов заочного факультета", вычислить средний балл.								
2	№ п/п	Фамилия	Имя	Дата рождения	№ группы	Математика	История	Информатика	Ср. балл
3	1	Алешин	Евгений	16.02.1986	4275	3	2	4	3,00
4	2	Берестов	Андрей	25.10.1987	3336	3	2	4	3,00
5	3	Волков	Дмитрий	20.11.1987	2397	5	5	5	5,00
6	4	Гришин	Александр	12.12.1987	1458	5	5	5	5,00
7	5	Дюкин	Денис	19.02.1988	5423	4	4	5	4,33
8	6	Ершова	Юлия	12.04.1988	2388	3	2	5	3,33
9	7	Жукова	Ирина	27.04.1988	4353	4	5	5	4,67
10	8	Сурикова	Ирина	26.12.1988	3318	5	4	5	4,67
11	9	Вальсина	Анна	17.06.1989	2283	4	4	4	4,00

Методические указания

1. Создать таблицу, вычислить средний балл. **Лист1** переименовать в «**Исходный**».

2. Скопировать таблицу ниже. Отсортировать данные таблицы по Фамилиям в алфавитном списке (по возрастанию). Выделить ячейки A16:I24, *Данные – Сортировка*. Вычислить Итоговую строку.

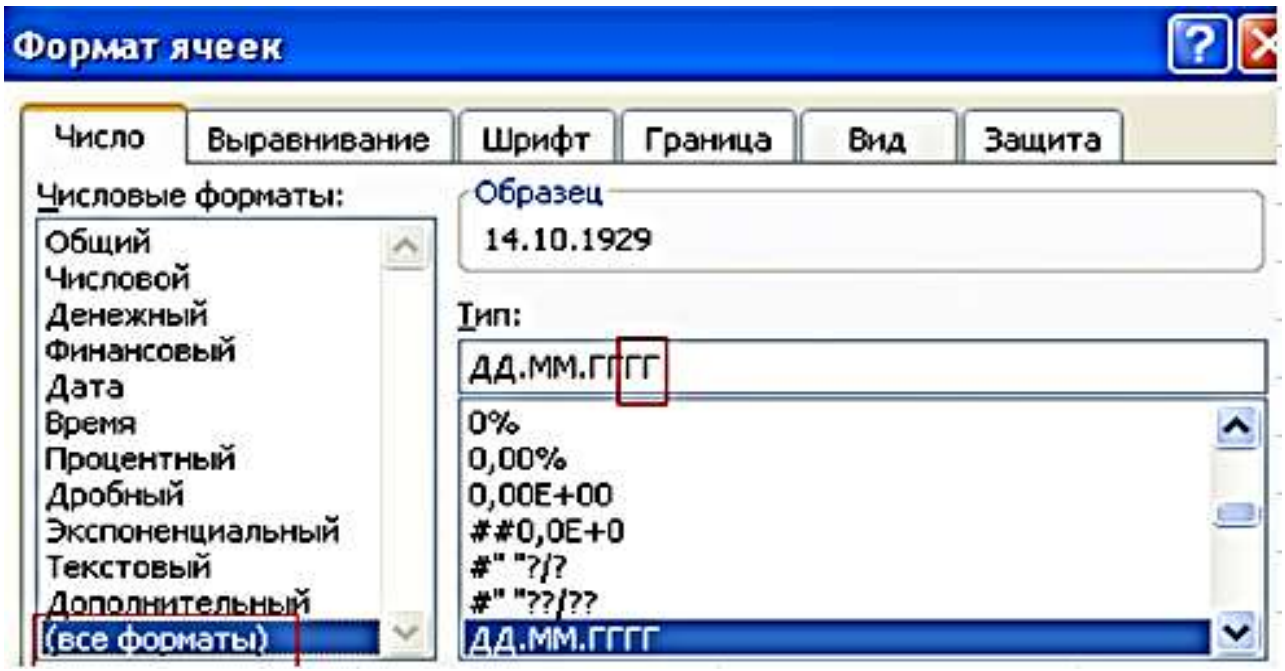
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
14									
15	№ п/п	Фамилия	Имя	Дата рождения	№ группы	Математика	История	Информатика	Ср. балл
16	1	Алешин	Евгений	16.02.1986	4275	3	2	4	3,00
17	2	Берестов	Андрей	25.10.1987	3336	3	2	4	3,00
18	9	Вальсина	Анна	17.06.1989	2283	4	4	4	4,00
19	3	Волков	Дмитрий	20.11.1987	2397	5	5	5	5,00
20	4	Гришин	Александр	12.12.1987	1458	5	5	5	5,00
21	5	Дюкин	Денис	19.02.1988	5423	4	4	5	4,33
22	6	Ершова	Юлия	12.04.1988	2388	3	2	5	3,33
23	7	Жукова	Ирина	27.04.1988	4353	4	5	5	4,67
24	8	Сурикова	Ирина	26.12.1988	3318	5	4	5	4,67
25					Итого:	36,00	33,00	42,00	37,00



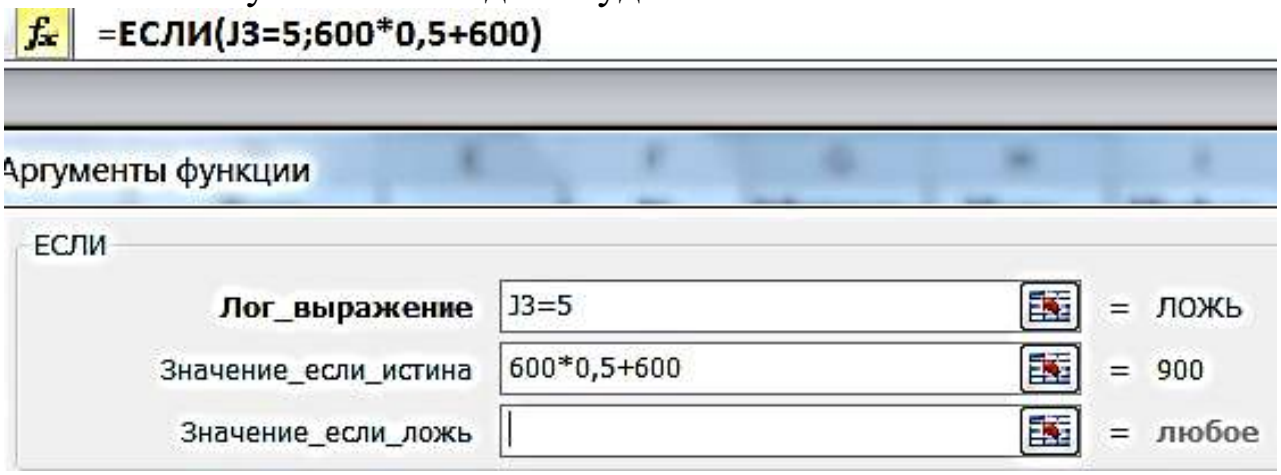
3. Скопировать таблицу на **Лист2** и переименовать в "**Возраст**". Создать поле Возраст (после Даты рождения) – *Вставка – Столбец*. Считаем возраст студентов по формуле: =СЕГОДНЯ()-D3.

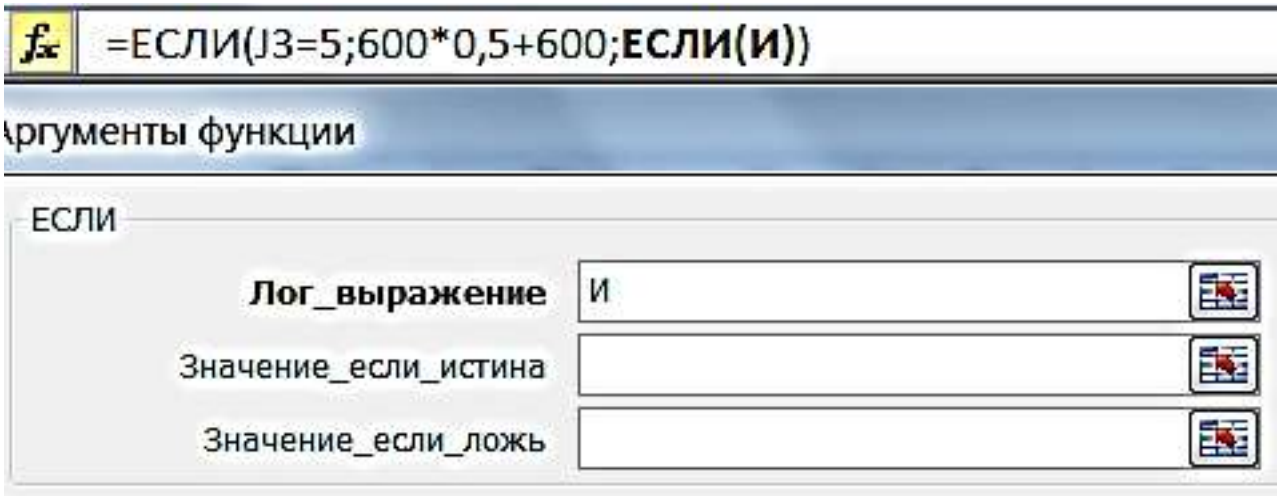
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	№ п/п	Фамилия	Имя	Дата рождения	Возраст	№ группы	Математика	История	Информатика	Ср. балл
3	1	Алешин	Евгений	16.02.1986	33	4275	3	2	4	3,00
4	2	Берестов	Андрей	25.10.1987	32	3336	3	2	4	3,00
5	9	Вальсина	Анна	17.06.1989	30	2283	4	4	4	4,00
6	3	Волков	Дмитрий	20.11.1987	31	2397	5	5	5	5,00
7	4	Гришин	Александр	12.12.1987	31	1458	5	5	5	5,00
8	5	Дюкин	Денис	19.02.1988	31	5423	4	4	5	4,33
9	6	Ершова	Юлия	12.04.1988	31	2388	3	2	5	3,33
10	7	Жукова	Ирина	27.04.1988	31	4353	4	5	5	4,67
11	8	Сурикова	Ирина	26.12.1988	30	3318	5	4	5	4,67
12				Минимальный:	30	Итого:	36,00	33,00	42,00	37,00
13										
14	Определяем самого молодого студента с помощью мастера функций: =МИН()									

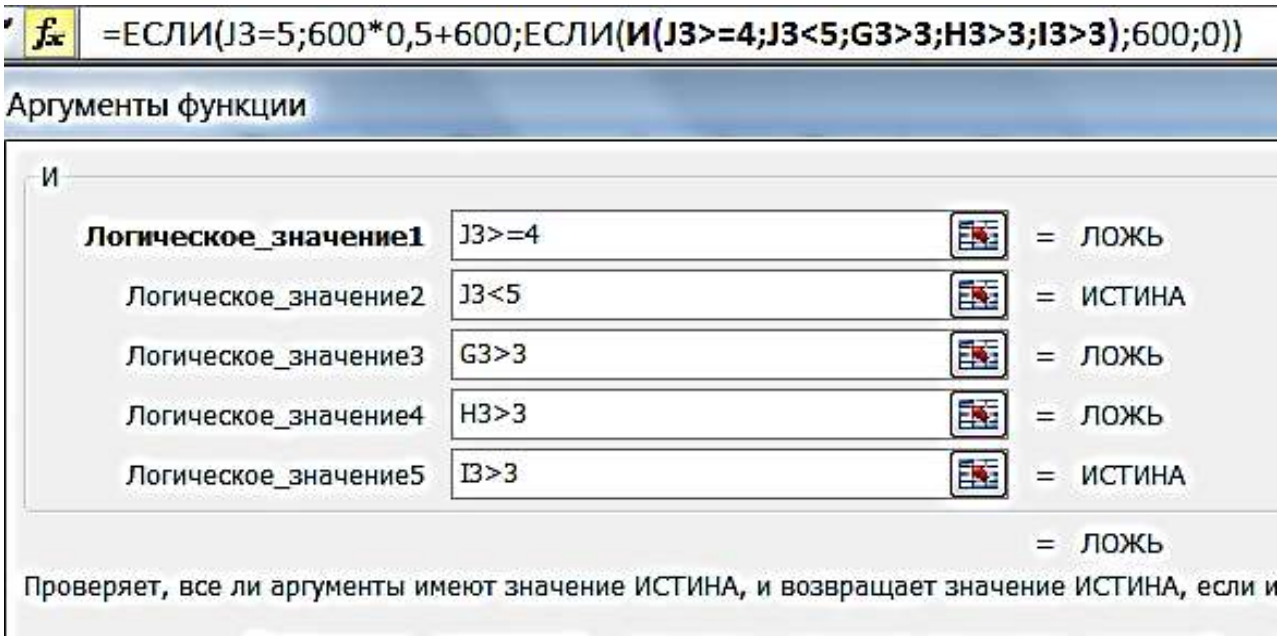
4. Полученный результат представляем в формате *Год – Формат ячейки* – выбираем нужный формат (ГГ).



5. Добавляем к списку с «Данными о студентах» столбец «Стипендия» – *Вставка – Столбец*. Назначаем дифференцированную стипендию: если средний балл студента равен 5, то повышенная стипендия, (50 % от 600 руб.), средний балл от 4 до 5 и все экзамены сданы без троек – стипендия назначается в размере 600 руб., в остальных случаях стипендия студентам не назначается.





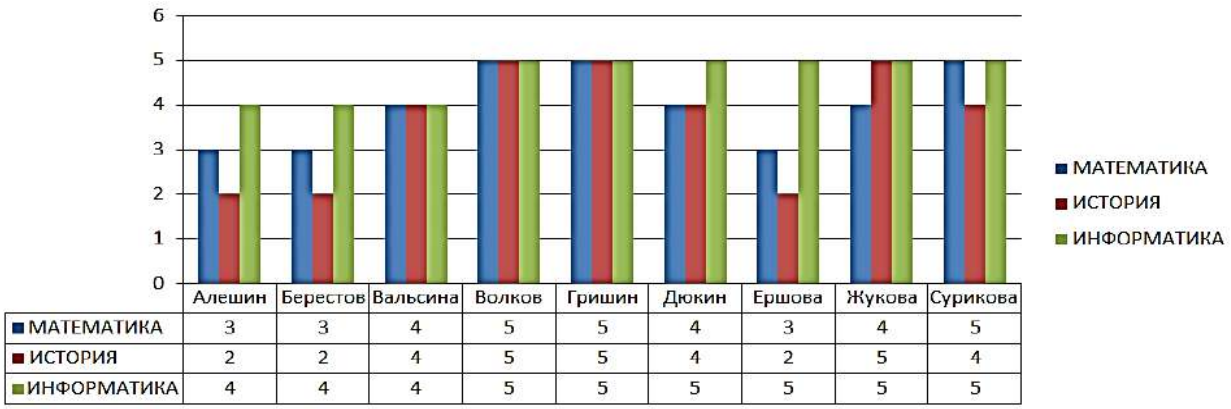


=ЕСЛИ(J3=5;600*0,5+600;ЕСЛИ(И(J3>=4;J3<5;G3>3;H3>3;I3>3);600;0))

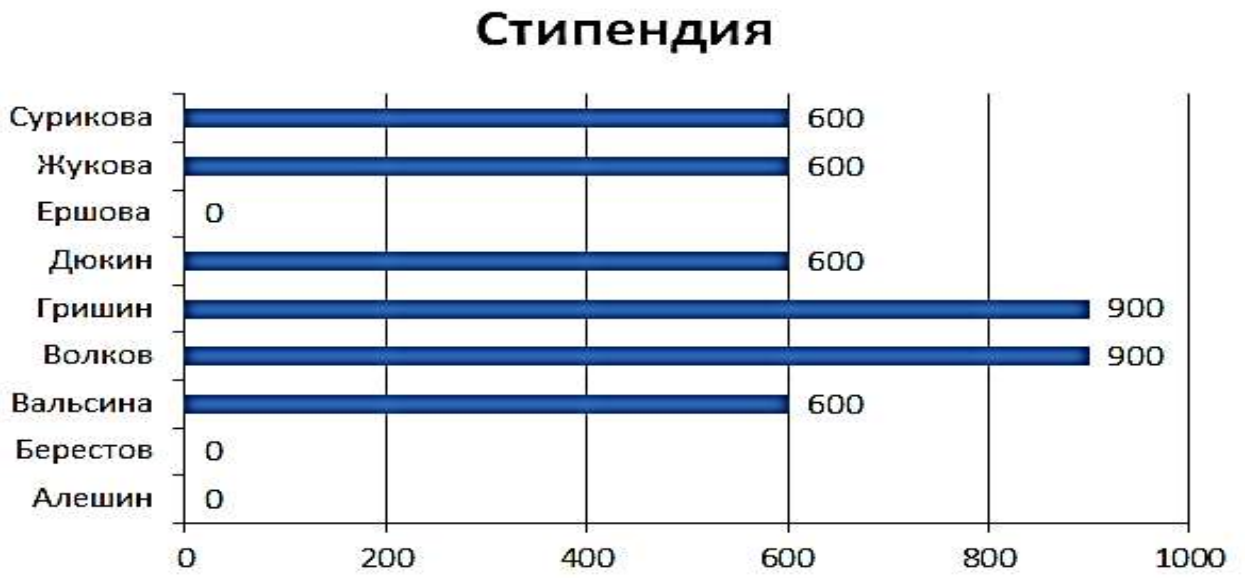
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	№ п/п	Фамилия	Имя	Дата рождения	Возраст	№ группы	Математика	История	Информатика	Ср. балл	Стипендия
3	1	Алешин	Евгений	16.02.1986	33	4275	3	2	4	3,00	0
4	2	Берестов	Андрей	25.10.1987	32	3336	3	2	4	3,00	0
5	9	Вальсина	Анна	17.06.1989	30	2283	4	4	4	4,00	600
6	3	Волков	Дмитрий	20.11.1987	31	2397	5	5	5	5,00	900
7	4	Гришин	Александр	12.12.1987	31	1458	5	5	5	5,00	900
8	5	Дюкин	Денис	19.02.1988	31	5423	4	4	5	4,33	600
9	6	Ершова	Юлия	12.04.1988	31	2388	3	2	5	3,33	0
10	7	Жукова	Ирина	27.04.1988	31	4353	4	5	5	4,67	600
11	8	Сурикова	Ирина	26.12.1988	30	3318	5	4	5	4,67	600
12				Минимальный:	30	Итого:	36,00	33,00	42,00	37,00	

Исходный | Возраст | Стипендия

6. Построить диаграммы.



	Алешин	Берестов	Вальсина	Волков	Гришин	Дюкин	Ершова	Жукова	Сурикова
МАТЕМАТИКА	3	3	4	5	5	4	3	4	5
ИСТОРИЯ	2	2	4	5	5	4	2	5	4
ИНФОРМАТИКА	4	4	4	5	5	5	5	5	5



Задание № 2. Создать таблицу «Возраст», которая автоматически высчитывает возраст по Дате рождения и определяет социальную группу по Возрасту. Так как электронная таблица связана с системной датой, в таблице приведены сведения по состоянию на 08 ноября 2019. Поэтому в выполняемой таблице значения должны соответствовать состоянию на конкретную дату.

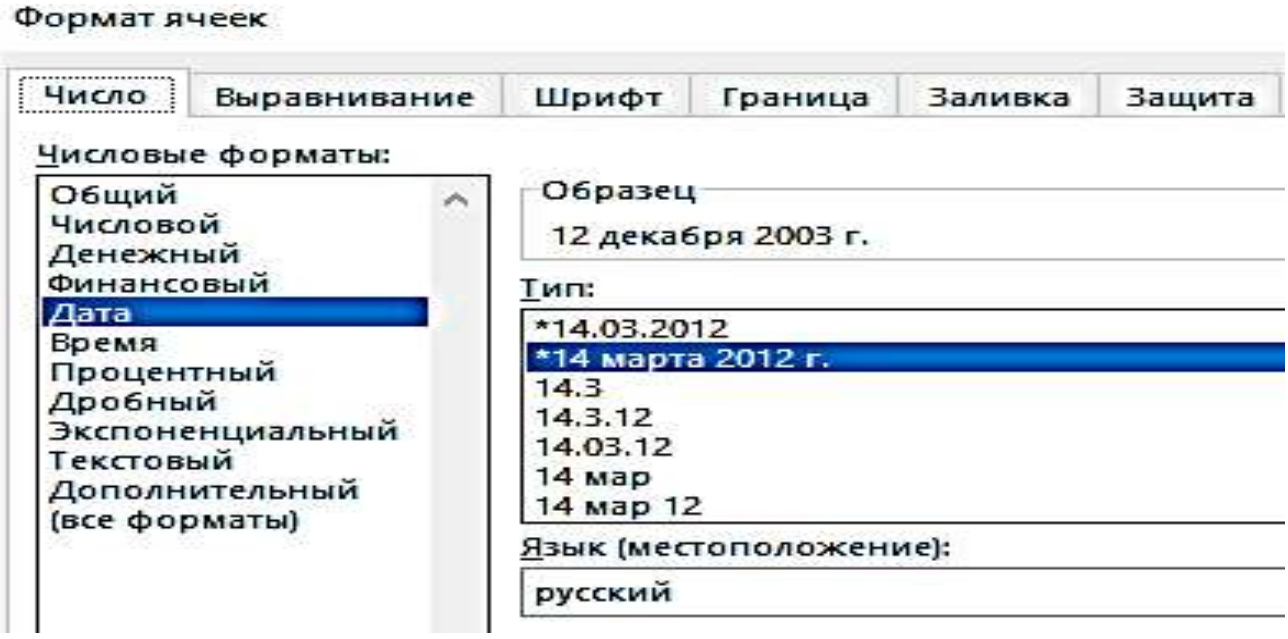
K3

=ЕСЛИ(D3="м";ЕСЛИ(J3>65;"ПЕНСИОНЕР";ЕСЛИ(J3<18;"ИЖДИВЕНЕЦ";"РАБОТАЮЩИЙ"));ЕСЛИ(D3="ж";ЕСЛИ(J3>60;"ПЕНСИОНЕРКА";ЕСЛИ(J3<18;"ИЖДИВЕНКА";"РАБОТАЮЩАЯ"))))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Задание 1. Создайте таблицу "Возраст"										
2	№	Фамилия	Дата рождения	Пол	Возраст без учета дня рождения (число)	Возраст с учетом дня рождения (ДАТА)	Месяц рождения	День рождения	Функция ДАТА ()	Возраст с учетом даты (число)	Социальная группа
3	1	Алешин	12 декабря 2003 г.	м	16	15	12	12	12	15	ИЖДИВЕНЕЦ
4	2	Берестов	20 января 1945 г.	м	74	74	1	20	20	74	ПЕНСИОНЕР
5	3	Волкова	30 ноября 1990 г.	ж	29	28	11	30	30	28	РАБОТАЮЩАЯ
6	4	Гришина	15 марта 1998 г.	м	21	21	3	15	15	21	РАБОТАЮЩИЙ
7	5	Дюкин	13 февраля 1995 г.	м	24	24	2	13	13	24	РАБОТАЮЩИЙ
8	6	Ершова	21 апреля 1997 г.	ж	22	22	4	21	21	22	РАБОТАЮЩАЯ
9	7	Егоркина	31 мая 1950 г.	ж	69	69	5	31	31	69	ПЕНСИОНЕРКА
10	8	Жуков	16 марта 1996 г.	м	23	23	3	16	16	23	РАБОТАЮЩИЙ
11	9	Зимина	27 июля 2005 г.	ж	14	14	7	27	27	14	ИЖДИВЕНКА
12	10	Имошин	22 января 1969 г.	м	50	50	1	22	22	50	РАБОТАЮЩИЙ
13	11	Кутепова	3 июня 1960 г.	ж	59	59	6	3	03	59	РАБОТАЮЩАЯ
14	12	Липов	17 августа 1930 г.	м	89	89	8	17	17		ПЕНСИОНЕР

Методические указания

1. Заполнить данными столбцы «№», «Фамилия», «Дата рождения», «Пол». Следует помнить, что даты нужно вносить числами, разделёнными точкой, (например, 12.12.2020). Чтобы месяц выводился словом и к году приписывалась буква «г.», нужно отформатировать ячейку *Главная – Ячейки – Формат – Ячейки*, выбрать закладку *Число*, далее *Дата* и в списке найти нужный вариант представления даты.



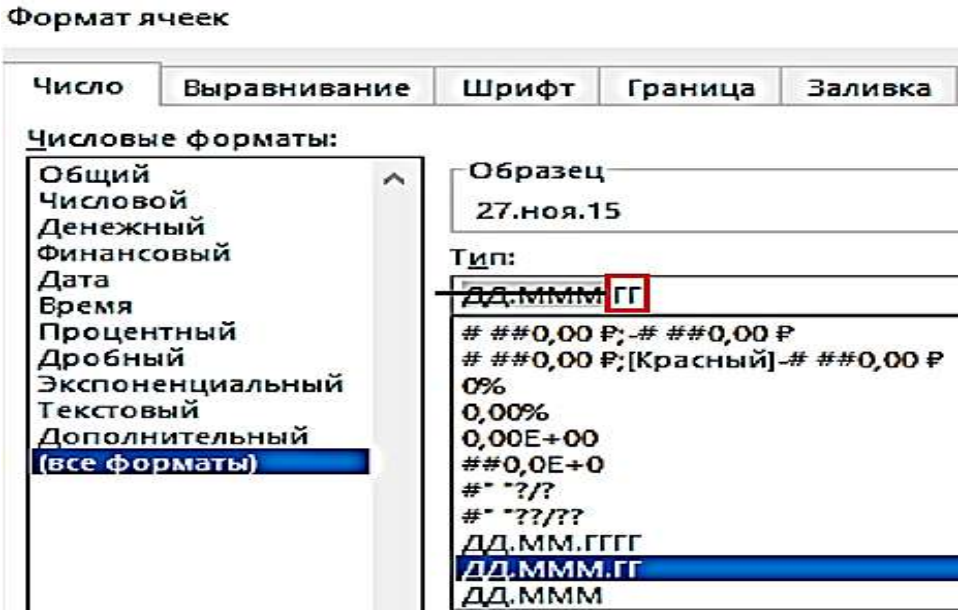
2. В столбце «Возраст без учёта даты» возраст подсчитывается первым способом: как разницу между годом рождения и текущим годом – Столбец Е. Выражение, сформированное мастером функций, в этом случае будет выглядеть так: =ГОД(СЕГОДНЯ()) - ГОД(С3).

3. Вычисленное таким образом значение является числом. Но программа может ошибочно отнести его к типу «Дата-время». В этом случае нужно вручную задать тип данных «Числовой». Для этого следует выделить область ячеек Е3:Е7, затем *Главная – Формат – Ячейки*, выбрать закладку *Число* и указать на строку *Числовой*.

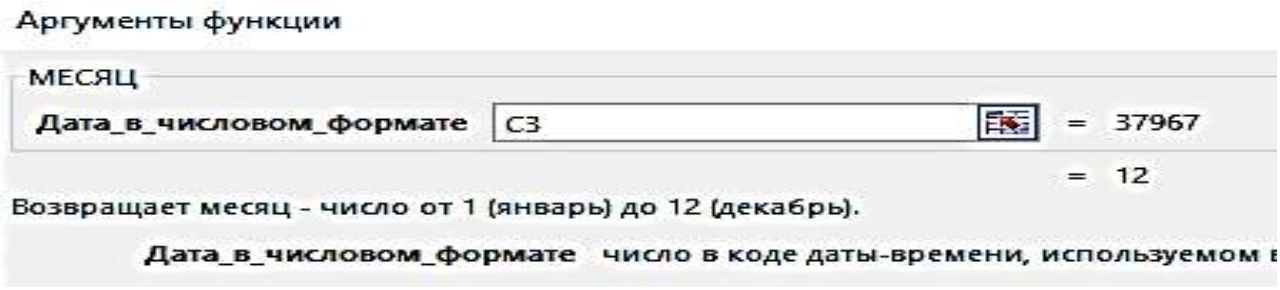
4. Недостаток такого вычисления очевиден, так как возраст вычисляется без учёта месяца и дня рождения. Но полученное значение является числом и его можно использовать в дальнейшем, в математических вычислениях.

5. В столбце «Возраст с учётом Даты» (столбец F) значение возраста подсчитывается другим способом: как разница между Сегодняшней датой и Датой рождения. В этом случае формула будет выглядеть так: = СЕГОДНЯ()-С3.

6. Вычисленное таким образом значение будет являться датой. Чтобы дата выводилась в полных годах, нужно ввести дополнительный формат. Для этого следует выделить область ячеек F3:F7, выбрать *Главная – Формат – Ячейки*, затем закладку *Число*, указать в списке форматов на строку (*все форматы*), а затем, в окно «Тип» ввести «ГГ» или преобразовать существующее.



7. Месяц рождения подсчитывается с помощью функции «МЕСЯЦ» мастера функций, как =МЕСЯЦ(С3).

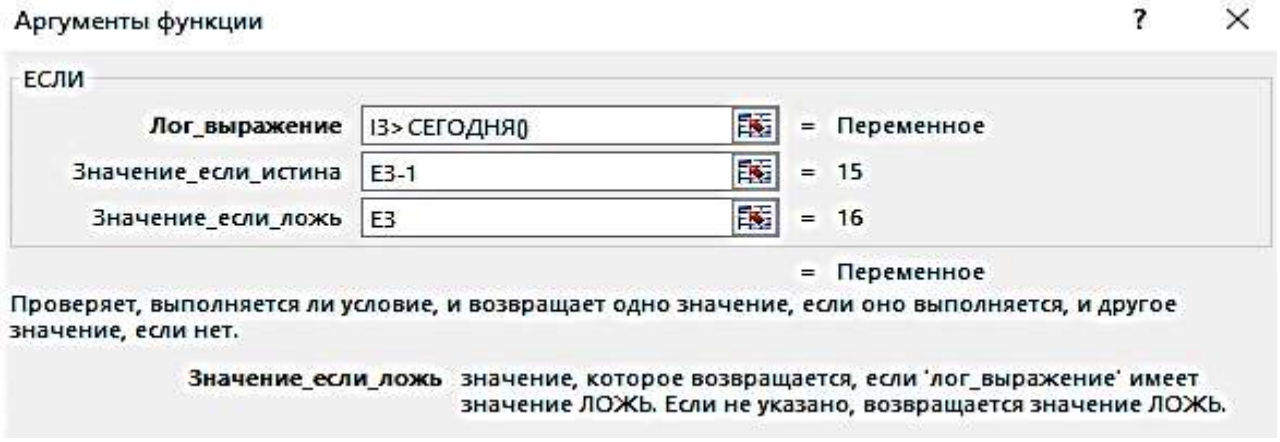


8. День рождения подсчитывается с помощью мастера функций «ДЕНЬ» как =ДЕНЬ(C3).

9. Чтобы подсчитать возраст с точностью до дня как число, нужно сначала создать Промежуточную дату, у которой год совпадает с текущим годом, а Месяц и День недели совпадает с днём и месяцем Дня рождения.



10. Чтобы определить возраст точно, как число, нужно сравнить Текущую дату с Полученной датой. Если сегодняшняя дата больше, т. е. дня рождения ещё не было, то от возраста по годам нужно отнять единицу.



11. Анализ «Пенсионер – Работающий – Иждивенец» выполнить с помощью тройного вложения функции «ЕСЛИ». Логика отбора следующая:

– для мужчин – если пол = «м», то – если возраст больше 65, то отнести к категории «Пенсионеров», а иначе – если возраст меньше 18 лет, то – «Иждивенец», во всех остальных случаях – «Работающий».

– для женщин – если пол равен «ж» или не равен «м», то – если возраст больше 60, то – «Пенсионерка», а если возраст меньше 18 лет, то к – «Иждивенка», иначе – «Работающая».

=ЕСЛИ(D3="м";ЕСЛИ(J3>65;"ПЕНСИОНЕР";ЕСЛИ(J3<18;"ИЖДИВЕНЕЦ";"РАБОТАЮЩИЙ"));ЕСЛИ(D3="ж";ЕСЛИ(J3>60;"ПЕНСИОНЕРКА";ЕСЛИ(J3<18;"ИЖДИВЕНКА";"РАБОТАЮЩАЯ")))).

Примечание, если для построения выражения социальной группы использовать возраст с учётом даты (ДАТА), т. е. столбец F, то машина сообщит об ошибке, так как тип данных в этом столбце не является числом.

Лабораторная работа № 6. «Использование функций СЧЕТЕСЛИ(), СУММЕСЛИ()»

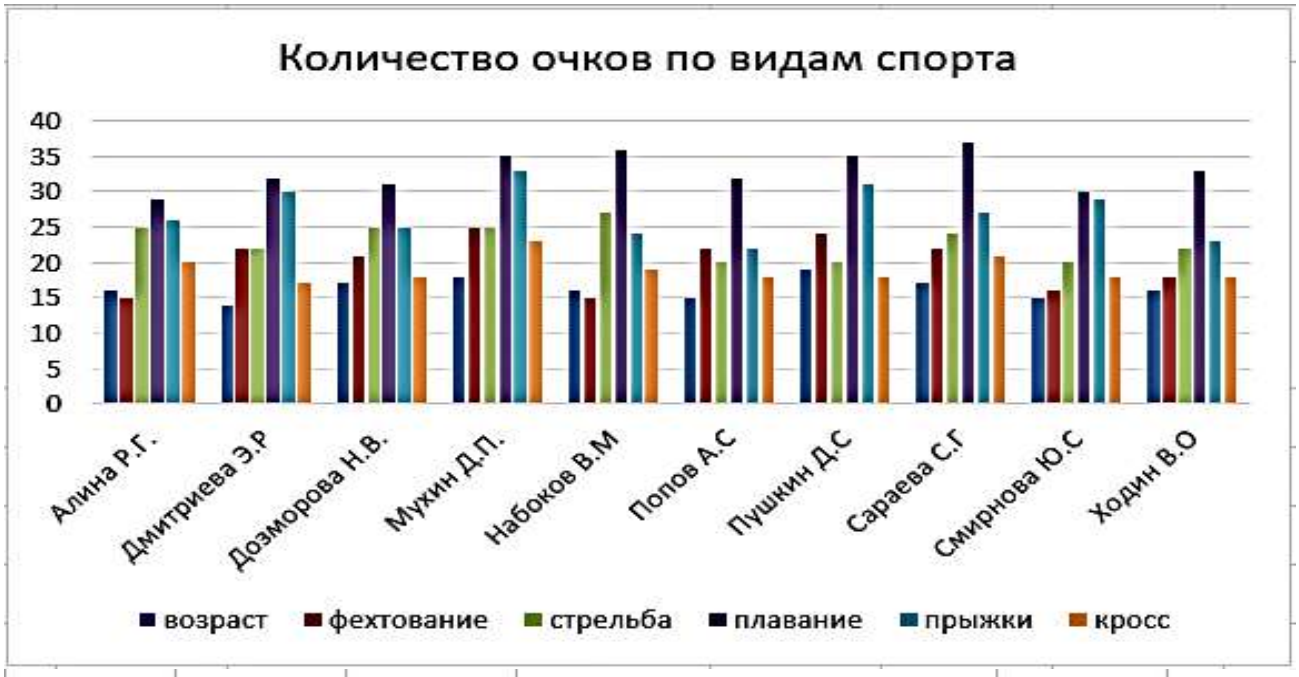
Задание № 1. Создать таблицу «Итоги соревнований пятиборцев». Рассчитать сумму очков и средний результат.

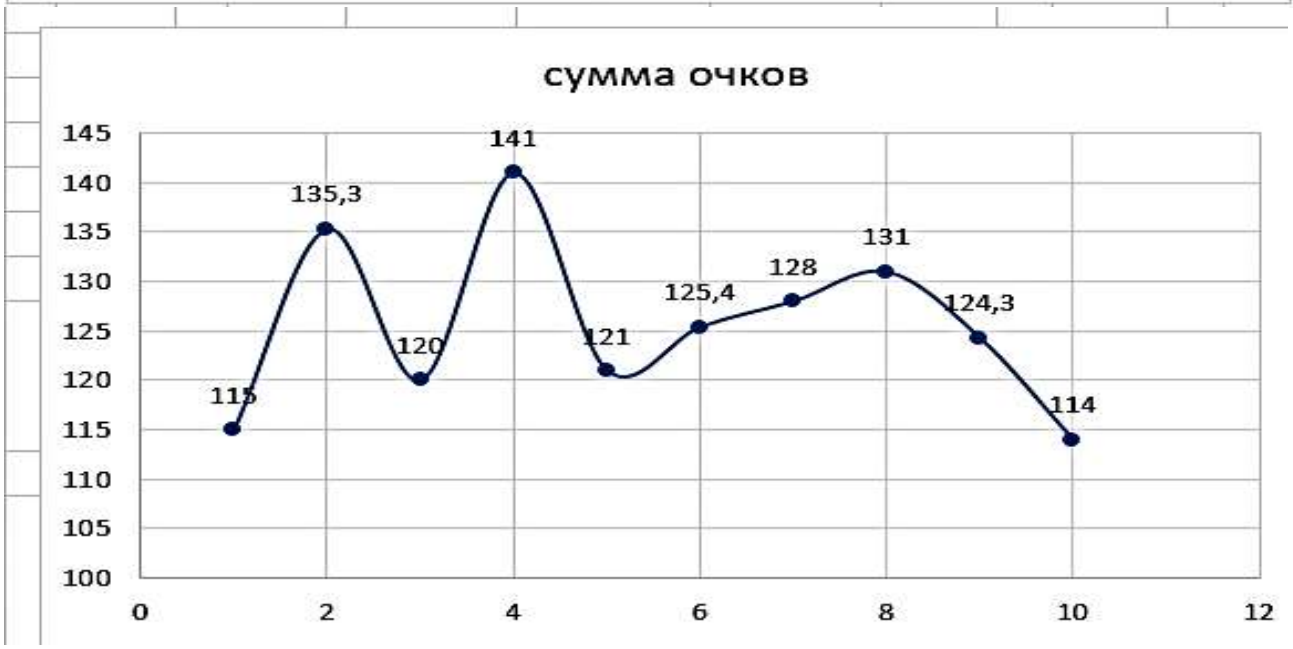
H8 | =ЕСЛИ(B8<16;СУММ(C8:G8)*1,1;СУММ(C8:G8))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6	Итоги соревнований пятиборцев								
7	Фамилия	возраст	фехтование	стрельба	плавание	прыжки	кросс	сумма очков	
8	Алина Р.Г.	16	15	25	29	26	20	*115*	
9	Дмитриева Э.Р	14	22	22	32	30	17	*135*	
10	Дозморова Н.В.	17	21	25	31	25	18	*120*	
11	Мухин Д.П.	18	25	25	35	33	23	*141*	
12	Набоков В.М	16	15	27	36	24	19	*121*	
13	Попов А.С	15	22	20	32	22	18	*125*	
14	Пушкин Д.С	19	24	20	35	31	18	*128*	
15	Сараева С.Г	17	22	24	37	27	21	*131*	
16	Смирнова Ю.С	15	16	20	30	29	18	*124*	
17	Ходин В.О	16	18	22	33	23	18	*114*	
18									
19	Средний результат		*20*	*23*	*33*	*27*	*19*		

Методические указания

1. Заполнить таблицу данными.
2. Вычислить средний результат, используя функцию =СРЗНАЧ().
3. Результаты спортсменов-пятиборцев оцениваются по сумме очков, набранных за каждый из пяти видов, плюс 10 % от набранной суммы для спортсменов младше 16 лет. Для этого используем функцию ЕСЛИ().
4. Постройте диаграммы, отображающие полученные результаты спортсменов по каждому виду спорта.





Задание № 2. Создать таблицу «Зарплатная ведомость». Рассчитать Премию и Количество с определенными условиями.

C23 =СЧЁТЗ(A11:A20)

	A	B	C	D	E	F
10	Фамилия	Имя	Отчество	Отдел	Оклад	Премия
11	Андросова	Инна	Романовна	Бухгалтерия	15730,00	3146,00
12	Биркин	Борис	Викторович	Сбыт	16250,00	
13	Волков	Олег	Игоревич	Склад	14890,00	
14	Губин	Григорий	Андронович	Склад	15800,00	
15	Дубровский	Олег	Львович	Бухгалтерия	16520,00	
16	Еремеев	Егор	Кузьмич	Кадры	14900,00	
17	Жуков	Евгений	Николаевич	Сбыт	15730,00	
18	Зыкина	Зинаида	Максимовна	Кадры	14970,00	
19	Иванов	Олег	Сергеевич	Склад	15940,00	
20	Куликова	Клавдия	Васильевна	Бухгалтерия	15730,00	
21				Итого	156460,00	26816,00
22						
23	Количество сотрудников		10			
24	Бухгалтерия		3	Бухгалтерия	47980,00	
25	Сбыт		?	Сбыт		
26	Склад		?	Склад		
27	Кадры		?	Кадры		
28	>16000		2	Итого	156460,00	
29	Олег		3			

Методические указания

1. Для Задания № 2 на **Листе2** создайте таблицу расчета Заработной платы.

2. Подсчитать величину Премии. Условия: если у сотрудника оклад больше 15000 рублей, то премия равна 20 % от оклада. А для остальных работников – 10 % от оклада. Для этого используем функцию ЕСЛИ().

3. Вычислить Итоговую строку для Оклада и Премии.

4. Подсчитать количество сотрудников в каждом отделе. Для этого используем функцию СЧЕТЕСЛИ().

C24 | =СЧЁТЕСЛИ(D11:D20;A24)

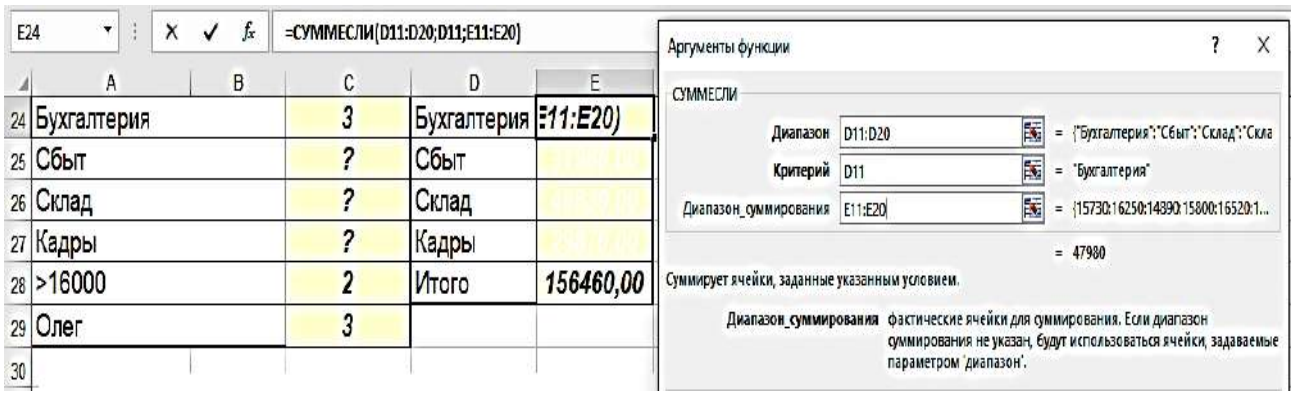
	A	B	C	D	E
23	Количество сотрудников		10		
24	Бухгалтерия		3	Бухгалтерия	47980,00
25	Сбыт		?	Сбыт	
26	Склад		?	Склад	
27	Кадры		?	Кадры	
28	>16000		2	Итого	156460,00
29	Олег		3		

5. Пункты 5, 6, 7 вычисляются при помощи функции =СЧЕТЕСЛИ(). Подсчитать Суммы окладов всех работников в Каждом отделе.

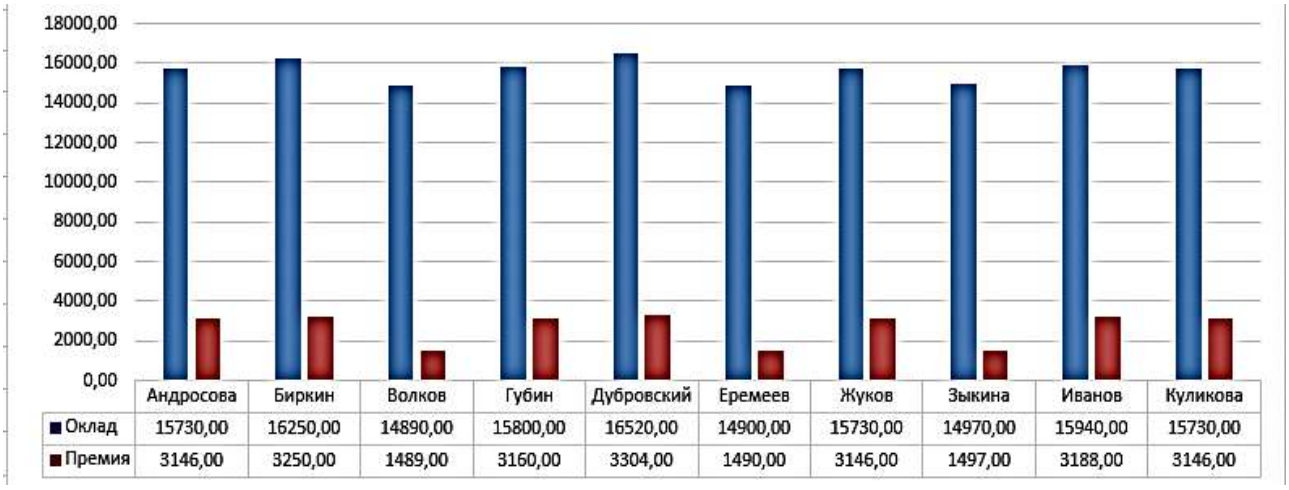
6. Подсчитать Количество сотрудников, у которых Оклад больше 16000 руб.

7. Подсчитать количество сотрудников с именем **Олег**.

8. Подсчитать Суммы окладов всех работников в Каждом отделе. Для этого использовать функцию СУММЕСЛИ().

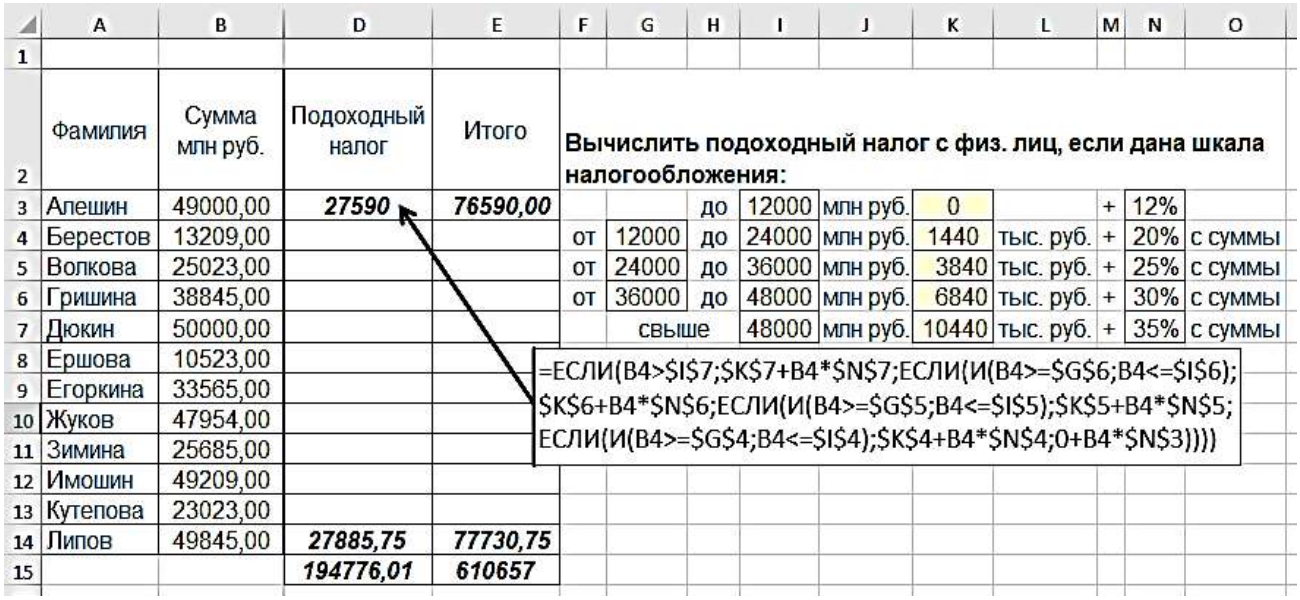


9. Построить график сотрудников.



Лабораторная работа № 7. «Использование встроенных функций»

Задание № 1. Создать таблицу «Подоходный налог». Рассчитать Подоходный налог с физических лиц с конкретным условием.



	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1														
2	Фамилия	Сумма млн руб.	Подоходный налог	Итого	**Вычислить подоходный налог с физ. лиц, если дана шкала налогообложения:**									
3	Алешин	49000,00	***27590***	***76590,00***			до	12000	млн руб.	0		+	12%	
4	Берестов	13209,00			от	12000	до	24000	млн руб.	1440	тыс. руб.	+	20%	с суммы
5	Волкова	25023,00			от	24000	до	36000	млн руб.	3840	тыс. руб.	+	25%	с суммы
6	Гришина	38845,00			от	36000	до	48000	млн руб.	6840	тыс. руб.	+	30%	с суммы
7	Дюкин	50000,00				свыше		48000	млн руб.	10440	тыс. руб.	+	35%	с суммы
8	Ершова	10523,00												
9	Егоркина	33565,00												
10	Жуков	47954,00												
11	Зимина	25685,00												
12	Имошин	49209,00												
13	Кутепова	23023,00												
14	Липов	49845,00	***27885,75***	***77730,75***										
15			***194776,01***	***610657***										

=ЕСЛИ(B4>$I$7;$K$7+B4*$N$7;ЕСЛИ(И(B4>=$G$6;B4<=$I$6);$K$6+B4*$N$6;ЕСЛИ(И(B4>=$G$5;B4<=$I$5);$K$5+B4*$N$5;ЕСЛИ(И(B4>=$G$4;B4<=$I$4);$K$4+B4*$N$4;0+B4*$N$3))))

Методические указания

1. На **Листе1** создайте таблицу для первого задания.
2. Для вычисления подоходного налога, воспользуемся данной шкалой налогообложения и функциями ЕСЛИ(), И(), обращая внимание на (абсолютный адрес), с помощью кнопки F4.
3. Итоговая строка вычисляется при помощи функции СУММ( ).
4. Построить диаграмму.



Задание № 2. Создать таблицу «Продажа холодильников». Рассчитать Сумму, Новую цену, Новую сумму и Количество с определенным условием.

G3 | =ЕСЛИ(ИЛИ(B3=$B$3;B3=$B$5);D3*0,9;ЕСЛИ(ИЛИ(B3=$B$12;B3=$B$6);D3*1,16;D3))

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	***Продажи холодильников***							
2	*Модель*	*Страна-изготовитель*	*Вес, кг*	*Цена, доллары*	*Коли-чество*	**Сумма**	**Новая цена**	**Новая сумма**
3	Stinol	Россия	78	310	18			
4	Sharp	Таиланд	69	750	10			
5	Samsung	Южная Корея	56	450	13			
6	Bosh	Испания	52	419	17			
7	LG	Южная Корея	69	600	8			
8	Daewoo	Южная Корея	71	840	4			
9	Electrolux	Швеция	75	680	12			
10	Whiripool	США	80	790	6			
11	Атлант	Россия	76	300	25			
12	Indezit	Франция	81	420	14			
13	Ariston	Франция	59	415	10			
14	DeLongy	Италия	60	395	15			
15						***70568,00***	***6319,64***	***70603,48***

Методические указания

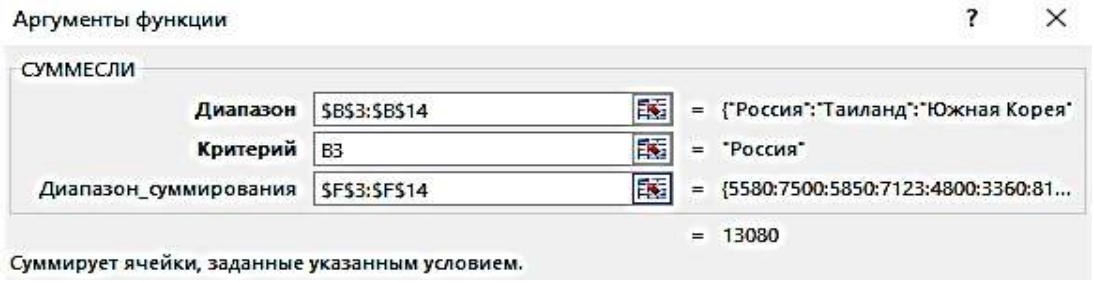
1. На **Листе2** создайте таблицу.
2. Вычисления Суммы осуществить при помощи функции СУММ( ).

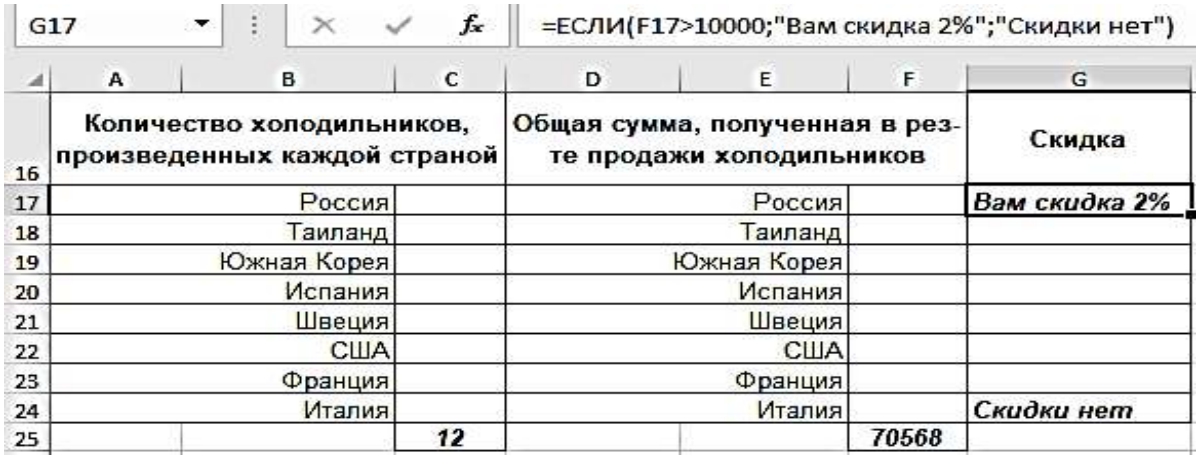
3. Рассчитайте Новую цену, используя функцию ЕСЛИ( ). Известно, что производители стран России и Южной Кореи снизили Цены на 10 %, а производители стран Франции и Испании подняли Цены на 16 %.

4. Новая Сумма состоит из произведения «КОЛИЧЕСТВА» и «НОВОЙ ЦЕНЫ».

5. Подсчитать Количество холодильников, произведенных каждой страной, используя функцию СЧЕТЕСЛИ( ). (Данные оформить в виде новой таблицы).

6. Подсчитать общую Сумму, полученную в результате продажи холодильников, произведенных каждой страной, используя функцию СУММЕСЛИ( ).



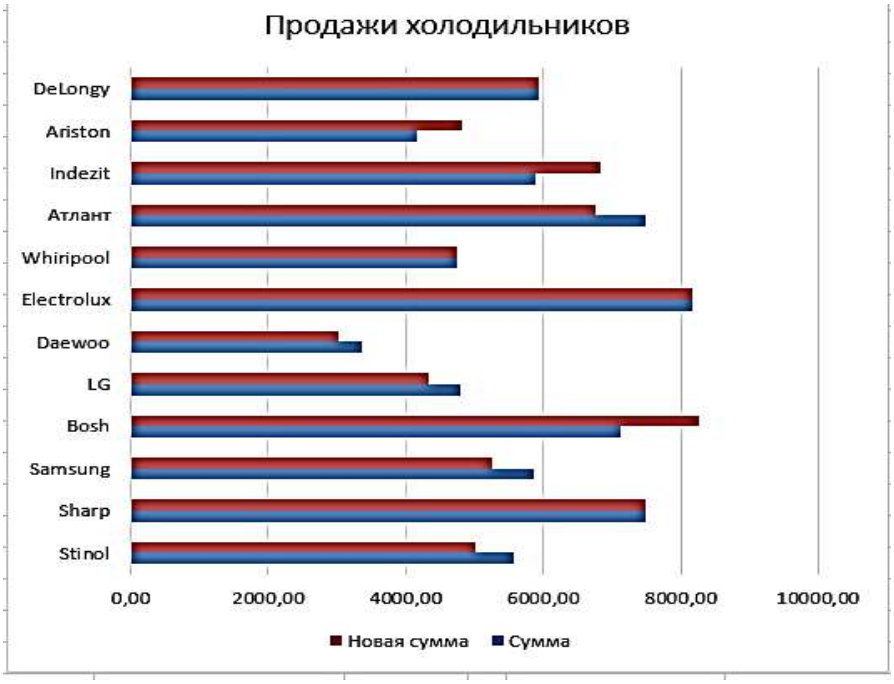


	A	B	C	D	E	F	G
16	Количество холодильников, произведенных каждой страной			Общая сумма, полученная в результате продажи холодильников			Скидка
17		Россия			Россия		*Вам скидка 2%*
18		Таиланд			Таиланд		
19		Южная Корея			Южная Корея		
20		Испания			Испания		
21		Швеция			Швеция		
22		США			США		
23		Франция			Франция		
24		Италия			Италия		*Скидки нет*
25			*12*			*70568*	

7. Если оборот больше 10000 $, то написать сообщение о предоставляемой скидке 2 %.

8. Используя условный фильтр, отметьте в столбце «Вес», ячейки, значение которых больше 70, желтым фоном и жирным красным шрифтом, а ячейки, значение которых меньше или равно 60, синим фоном и жирным желтым шрифтом. *Главная – Условное форматирование – Правила выделения ячеек* и т. д.

9. Построить диаграмму.



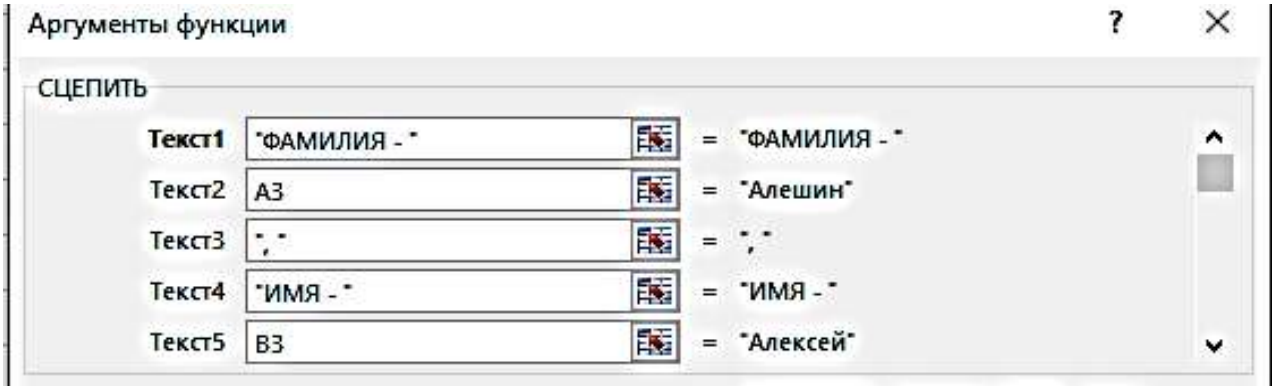
Лабораторная работа № 8. «Знакомство с текстовыми функциями»

Задание № 1. Создать таблицу «Данные студентов».

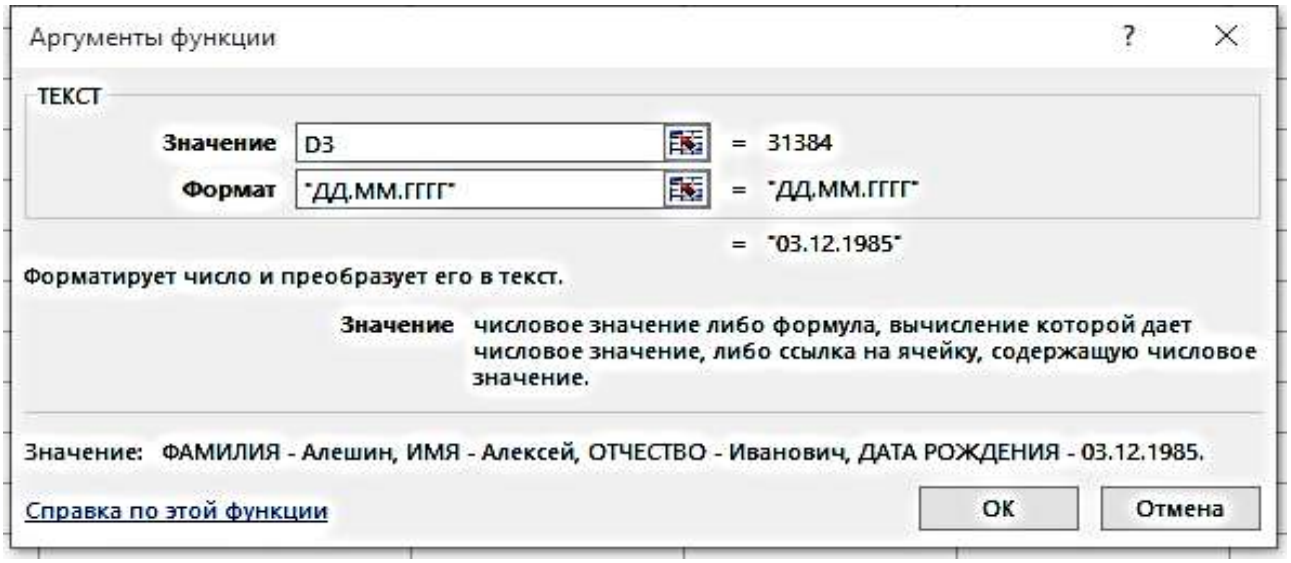
	A	B	C	D
1	Данные студентов			
2	*Фамилия*	*Имя*	*Отчество*	*Дата рождения*
3	Алешин	Алексей	Иванович	03.12.1985
4	Берестов	Борис	Петрович	12.06.1980
5	Волкова	Оксана	Владимировна	05.08.1997
6	Гришина	Галина	Афанасьевна	09.09.1978
7	Дюкин	Дмитрий	Васильевич	10.05.1999
8	Ершова	Екатерина	Михайловна	18.02.1980
9	Егоркина	Елизавета	Емельяновна	23.04.1980
10	Жуков	Василий	Петрович	29.05.2001
11	Зимина	Зинаида	Сергеевна	13.12.1984
12	Имошин	Валерий	Павлович	19.06.1995
13	Кутепова	Алиса	Сергеевна	17.07.1974
14	Липов	Денис	Владимирович	07.07.1992

Методические указания

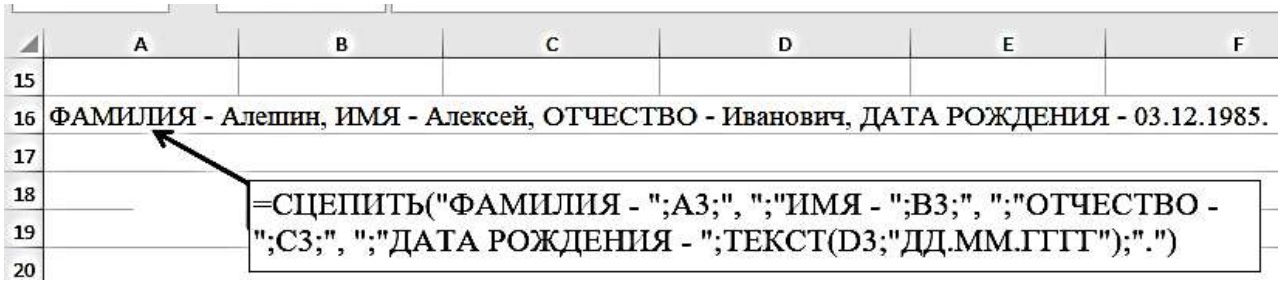
1. Ниже таблицы создать конструкцию, которая объединит все данные в одну строку. В списке студентов имеются данные: Фамилии, Имени, Отчества и Даты рождения, которые разнесены в отдельные столбцы. Для объединения применить функцию «СЦЕПИТЬ».



2. Для даты рождения используем функцию «ТЕКСТ», которая преобразует число в текст и позволяет задать формат отображения с помощью специальных строк форматирования.



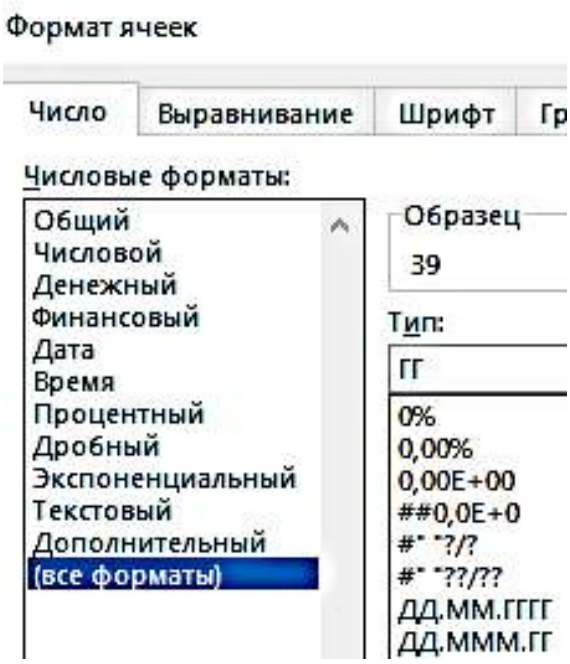
3. В итоге получается сцепленная конструкция, формула из которой копируется вниз при помощи маркера автозаполнения.



4. На **Листе2**, создать заголовок столбца «Фамилия И.О.» в который ввести сокращенный текст в виде инициалов, для этого использовать **Лист1** «**Исходный**» и функции «СЦЕПИТЬ», которая соединяет содержимое нескольких ячеек, позволяя комбинировать их с произвольным текстом и функцию «ЛЕВСИМВ», функция извлечения из текста первых букв, с последующим результатом столбца с Фамилией и инициалами Имени и Отчества.

5. Создать заголовок столбца «Возраст», определить возраст первого студента с помощью функции «СЕГОДНЯ», для корректного отображения результатов необходимо отформатировать ячейки (*Числовые форматы – все форматы, тип «ГГ»*.

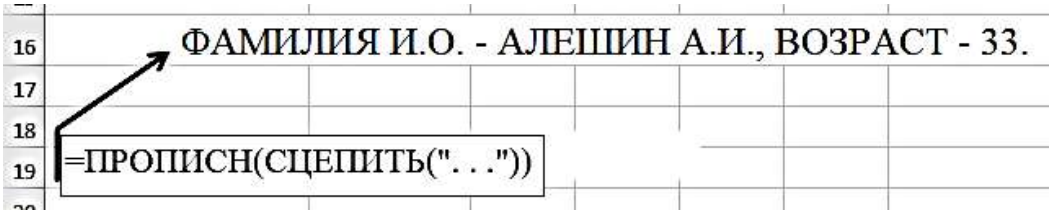




6. Ниже, на этом листе, сформируйте самостоятельно, конструкцию таблицы, форма которой расположена ниже:



7. Сделать все буквы прописными, т. е. преобразовать их в нижний регистр, на помощь придет текстовая функция «ПРОПИСН()». Она не заменяет знаки, не являющиеся буквами.



Задание № 2. Создать таблицу «Оплата за электроэнергию». Рассчитать Количество потребляемой энергии, Сумму к оплате.

Для льготников установлена 50 %-я скидка по оплате. При определении Количества потребленной энергии необходимо учитывать, что максимальное показание электросчетчика – 9999, а следующее за ним показание 0000 соответствует 10000 кВт*ч.

H6 | =ЕСЛИ(E6<=F6*$F$2;E6*$F$3;(E6-F6*$F$2)*$F$4+F6*$F$2*$F$3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	Норматив потребления на человека в мес.					160	кВт/ч		
3	Стоимость 1 кВт/ч в пределах нормативного потребления					0,64	руб.		
4	Стоимость1 кВт/ч за сверхнормативное потребление					0,91	руб.		
5	№ кв.	Фамилия квартиро-съёмщика	Текущее показание счетчика, кВт/ч	Предыдущее показание счетчика, кВт/ч	Кол-во потреб. эл. энергии, кВт/ч	Кол-во жильцов	Кол-во льготников	Сумма к оплате без льгот	Сумма к оплате
6	1	Алешин	1235	1098	137	2	0	***87,68***	***87,68***
7	2	Берестов	9145	8945	200	1	1	***138,8***	***69,4***
8	3	Волкова	3556	3045	511	3	2	***335,41***	***223,61***
9	4	Гришина	5873	5478	395	4	1	***252,8***	***221,2***
10	5	Дюкин	10100	9978	122	1	0	***78,08***	***78,08***
11	6	Ершова	6744	6321	423	2	0	***298,53***	***298,53***
12	7	Егоркина	5667	5234	433	1	1	***350,83***	***175,42***
13	8	Жуков	2235	1098	1137	3	3	***905,07***	***452,54***
14	9	Зимина	9145	6945	2200	2	1	***1915,6***	***1436,7***
15	10	Имошин	3556	3045	511	3	1	***335,41***	***279,51***
16	11	Кутепова	5873	5478	395	2	1	***273,05***	***204,79***
17	12	Липов	6110	5978	132	4	1	***84,48***	***73,92***
18						***28***	***12***	***5055,7***	***3601,4***

Методические указания

1. Для того, чтобы вычислить Сумму к оплате без льгот, необходимо воспользоваться функцией «ЕСЛИ»:

***1 строка*:** Проверить, что количество потребляемой электроэнергии меньше или равно произведению «Количества потребляемой электроэнергии» и «Норматив потребления»;

***2 строка*:** произведение «Количества потребляемой электроэнергии» и «Стоимости 1 кВт/ч» в пределах нормативного потребления;

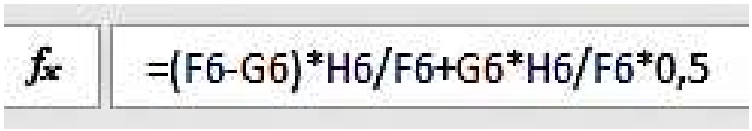
***3 строка*:** (произведение «Количества потребляемой электроэнергии» минус произведение «Количества потребляемой электроэнергии» и «Норматив потребления энергии на человека в мес.») умноженное на «Стоимость 1 кВт/ч за сверхнормативное потребление» плюс произведение «Количества потребляемой электроэнергии» и «Норматив потребления энергии на человека в мес.» умноженное на «Стоимость 1 кВт/ч в пределах нормативного потребления».

2. «Сумма к оплате» высчитывается из частного трех выражений:

– разность «Количества жильцов» на «Количество льготников» умноженную на «Сумму к оплате без льгот»;

– «Сумма количества жильцов» на «Количество льготников» умноженная на «Сумму к оплате без льгот»;

– произведение «Количества жильцов» на 50 %.

Формула выглядит так: 

3. При помощи текстовой функции сформируйте самостоятельно следующую конструкцию таблицы:

Номер квартиры 1, квартиросъемщик Алешин, сумма к оплате без льгот 87,68, сумма к оплате 87,68
Номер квартиры 2, квартиросъемщик Берестов, сумма к оплате без льгот 138,8, сумма к оплате 69,4
Номер квартиры 3, квартиросъемщик Волкова, сумма к оплате без льгот 335,41, сумма к оплате 223,60

Лабораторная работа № 9. «Смешанные ссылки»

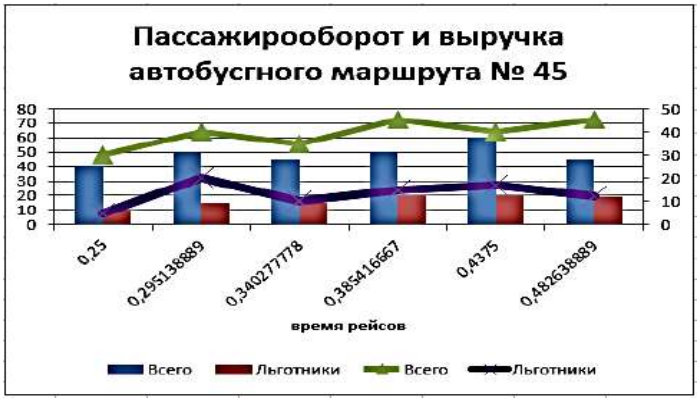
Задание № 1. Создать таблицу «Пассажирооборт и Выручка автобусного маршрута № 45».

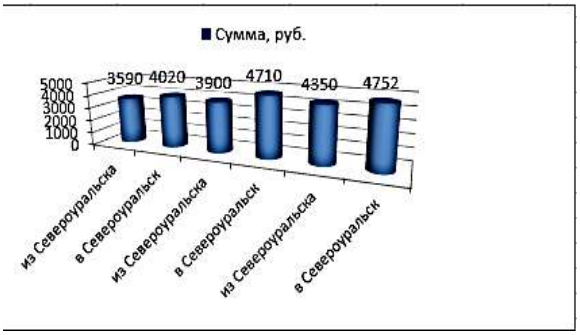
Подготовьте таблицу для анализа пассажирооборота и денежной выручки рейсов по автобусному маршруту № 45. Исходными данными для анализа являются: «Время рейса», «Направление», «Количество пассажиров всего» и «Льготной категории» с проездом в «Пределах города», а также в «Пригородную зону».

I	J	K
Стоимость проезда, руб.		
	Обычный	Льготный
Город	28	14
Пригород	200	100

G5 | =D5*$K$4+(C5-D5)*$J$4+F5*$K$5+(E5-F5)*$J$5

	A	B	C	D	E	F	G
2	Пассажирооборот и выручка автобусного маршрута № 45						
3	Время рейсов	Направление	Город		Пригород		Сумма, руб.
4			Всего	Льготники	Всего	Льготники	
5	6:00	из Североуральска	40	10	30	5	
6	7:05	в Североуральск	50	15	40	20	
7	8:10	из Североуральска	45	15	35	10	
8	9:15	в Североуральск	50	20	45	15	
9	10:30	из Североуральска	60	20	40	17	
10	11:35	в Североуральск	45	19	45	12	
11		ИТОГО:	***290***	***99***	***235***	***79***	***45834***





Методические указания

1. Добавить столбец и строки, ввести формулы для определения следующих величин:

– «Максимальная», «Минимальная» и «Средняя выручки»;

– «Количество пассажиров льготной категории», перевезенных в заданном направлении.

2. Построить диаграммы.

	A	B	C	D	E	F	G	H
2	Пассажирооборот и выручка автобусного маршрута № 45							
3	Время рейсов	Направление	Город		Пригород		Сумма, руб.	Количество льготников
4			Всего	Льготники	Всего	Льготники		
5	6:00	из Североуральска	40	10	30	5		
6	7:05	в Североуральск	50	15	40	20		
7	8:10	из Североуральска	45	15	35	10		
8	9:15	в Североуральск	50	20	45	15		
9	10:30	из Североуральска	60	20	40	17		
10	11:35	в Североуральск	45	19	45	12		
11		Итого	***290***	***99***	***235***	***79***	***25322***	***178***
12		Макс						
13		Мин						
14		Среднее						

Задание № 2. Создать таблицу «Расчет стипендии студентов». Вычислить средний балл и определить стипендию для каждого студента.

Методические указания

1. Средний балл определяется только для тех студентов, которые получили оценки по всем экзаменационным дисциплинам.

2. Стипендия устанавливается студенту в том случае, если по всем экзаменационным дисциплинам получены оценки не ниже «четверки».

3. Студент, получивший одни «пятерки», является «отличником», получивший хотя бы одну 4-ку – «хорошистом». Размер стипендии указан в таблице ниже.

J	K
Оценки	Размер стипендии
Отл	500
Хор	450

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	Студент	Курс	Экзаменационные оценки				Средний балл	Стипен-дия		
3			Матем	Физика	Графика	Ин. яз				
4	Алешин	1	3	4	4		3,67	-		
5	Берестов	1	4	4	5		4,33	450		
6	Волкова	2	4	н/а	5	5	-	-		
7	Гришина	2	4	3	3	4	3,50	-		
8	Дюкин	3	5	4	5	5	4,75	450		
9	Ершова	3	5	5	5	5	5,00	500		
10	Жуков	3	4	4	3	4	3,75	-		
11										
12						Итого	25	1400		
13	=ЕСЛИ(И(C4<>"н/а";D4<>"н/а";E4<>"н/а";F4<>"н/а");									
14	СРЗНАЧ(C4:F4);"-")									
15										
16	=ЕСЛИ(ИЛИ(C4="н/а";D4="н/а";E4="н/а";F4="н/а");"-";									
17	ЕСЛИ(МИН(C4:F4)=4;$K$5;ЕСЛИ(И(C4=5;D4=5;E4=5;F4=5);$K$4;"-")))									
18										
19										

4. Произвести расчет Количество студентов для каждого курса по всем оценкам.

=СЧЁТЕСЛИ(C4:F5;E5)

	J	K	L	M	N
1	Оценки	Курс			
2		1	2	3	4
3	5	1	2		
4	4	4	3		
5	3	1	2		
6	2	0	0		
7	н/а	0	1		

Задание № 3. Создать таблицу «Футбольные матчи».

Имеются данные о футбольных матчах, сыгранных командой «РОСТОВ» в кубке России. Для определения количества очков по результатам игр составлена таблица "РОСТОВ" в кубке России. Исходными данными для расчета являются: дата игры, название команды-соперника, количество забитых и пропущенных мячей, количество очков, получаемых командой в случае выигрыша или ничейного результата.

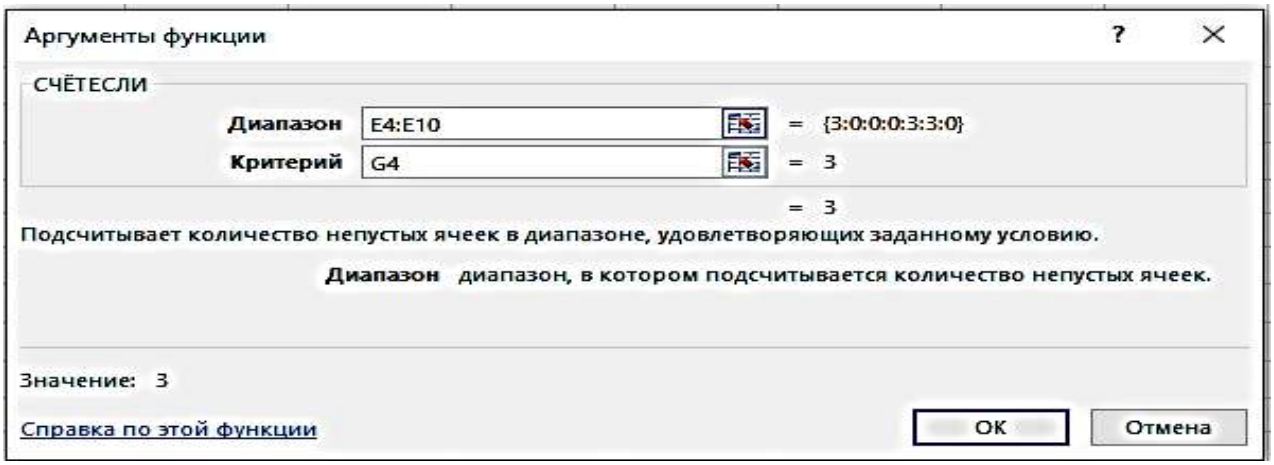
E4 =ЕСЛИ(D4<C4;$G$4;ЕСЛИ(D4>C4;$I$4;$H$4))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	Дата	Соперник	Кол-во мячей		Очки		Кол-во очков за игру		
3			Забито	Пропу-щено			Выигрыш	Ничья	Поражение
4	01.10.2019	Динамо	3	0	*3*		3	1	0
5	14.11.2019	Локомоти	0	4	*0*				
6	05.07.2019	Оренбург	1	2	*0*		Распределение числа игр по результатам		
7	02.08.2019	Ахмат	1	2	*0*				
8	27.06.2019	Рубин	1	0	*3*		Выигрыш	Ничья	Поражение
9	26.08.2019	Зенит	6	2	*3*		**3**	**0**	**4**
10	15.04.2019	ЦСКА	1	4	*0*				
11					*9*				

Методические указания

1. Для вычисления «Количество очков», воспользуйтесь функцией «ЕСЛИ()».

2. Для того, чтобы определить «Количество игр» по результатам, используем функцию «СЧЕТЕСЛИ()». Например, «Выигрыш»: выделяем диапазон в столбце «Очки», а критерием служит выигрыш, находящийся в ячейке G4.



Задание № 4. Создать таблицу «Журнал учета взимания налога с владельцев транспортных средств».

1. Создайте документ, предназначенный для вычисления «Суммы налога», взимаемого с владельцев транспортных средств. Исходными данными для расчета являются: «Дата», «Фамилия владельца транспортного средства», «Марка автомобиля», «Мощность двигателя».

2. Для расчета налога, используем «Налоговые ставки для легковых автомобилей в расчете на 1 л. с.».

3. «Сумма налога», состоит из произведения «Мощности двигателя л. с.» на «Налог на 1 л. с., руб.».



E4 | =ЕСЛИ(И(D4>150;D4<=200);$I$6;ЕСЛИ(И(D4>100;D4<=150);$I$5;$I$4))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	**Журнал учета взимания налога с владельцев транспортных средств**							**Налоговые ставки для легковых автомобилей**	
3	Дата	Владелец	Марка автомобиля	Мощность двигателя, л.с.	Налог на 1 л.с., руб.	Сумма налога, руб.		Мощность двигателя	Налоговая ставка
4	01.09.2019	Алешин	ВАЗ 1117 Калина 1,6	79				до 100 л.с.	20
5	03.09.2019	Берестов	ВАЗ 2107 1,5	71				свыше 100 л.с. до 150 л.с.включительно	1030
6	03.09.2019	Волкова	ВАЗ 2108 1,7	120				свыше 150 л.с. До 200 л.с. включительно	1360
7	04.09.2019	Гришина	ВАЗ 2109 1,3	64					
8	10.09.2019	Дюкин	Volvo v50 2,4	155					
9	15.09.2019	Ершова	BMW 3 1,8	115					
10					3480	457130			

Лабораторная работа № 10. «Промежуточные итоги, сводная таблица и условное форматирование»

Задание № 1. Создать таблицу «Автокаталог».

1. Создать исходную таблицу и переименовать **Лист1** в «**Исходный**». В колонку «Кузов» вписать «Минивен», «Седан», «Хетчбек» и т. д.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		**Автокаталог**						
2	**1. Исходные данные**							
3								
4	№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет	Кузов	Цена
5	1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый		935 555
6	2	ВАЗ LARGUS	2014	52 988	1598 M	бежевый		524 000
7	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000
8	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000
9	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый		545 555
10	6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный		869 777
11	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый		1 675 000
12	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый		580 000
13	9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий		469 000
14	10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 060	1598 A	бежевый		519 000
15	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000
16	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000
17	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000
18	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой		2 465 000
19	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000

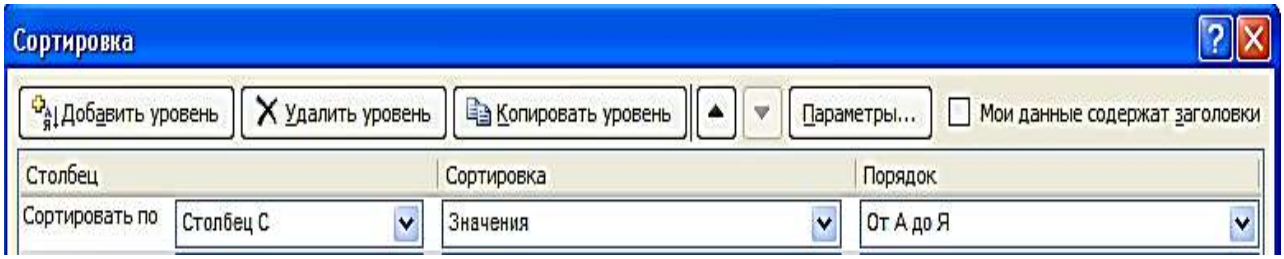
Исходный | Сортированный

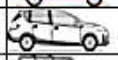
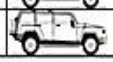
2. Скопировать лист «**Исходный**» и перенести его на **Лист2**.



2.1 Отсортировать таблицу. (Для сортировки необходимо выделить таблицу – «*Данные – Сортировка*»). Отсортировать по «Год»_у в порядке возрастания.

2.3 Переименовать **Лист2** в лист «**Сортированный**».



	A	B	C	D	E	F	G	H
1		**Автокаталог**						
2	**2. Сортированные данные**							
3								
4	№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет	Кузов	Цена
5	9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий		469 000
6	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый		545 555
7	6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный		869 777
8	1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый		935 555
9	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000
10	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый		1 675 000
11	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000
12	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000
13	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000
14	2	ВАЗ LARGUS	2014	52 988	1598 M	бежевый		524 000
15	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый		580 000
16	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000
17	10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 060	1598 A	бежевый		519 000
18	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой		2 465 000
19	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000

Исходный | **Сортированный**

3. Скопировать лист «**Исходный**» и перенести его на **Лист3** и переименовать в лист по имени «**Фильтрованный**».

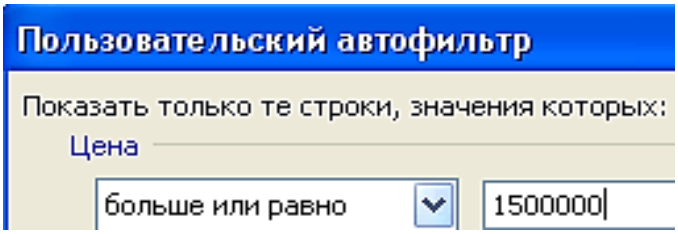
3.1. Отфильтровать таблицу по «***белому цвету»*** модели авто. (Для фильтрации данных необходимо поставить курсор в одну из ячеек шапки таблицы – «*Данные – Сортировка»*).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		**Автокаталог**						
2	**3. Фильтрация данных (Автофильтр)**							
3								
4	№	Модель	Го	Пробег,	Двиг / К	Цвет	Кузов	Цена
7	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000
8	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000
9	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый		545 555
12	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый		580 000
15	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000

Исходный | Сортированный | **Фильтрованный**

4. Скопировать лист «**Исходный**» и перенести его на **Лист4** и переименовать в лист по имени «**Расширенный фильтр**».

4.1. Отфильтровать таблицу моделей авто по «Цене больше или равно 1500000». (Для фильтрации данных необходимо поставить курсор в одну из ячеек шапки таблицы – «*Данные – Сортировка*»).



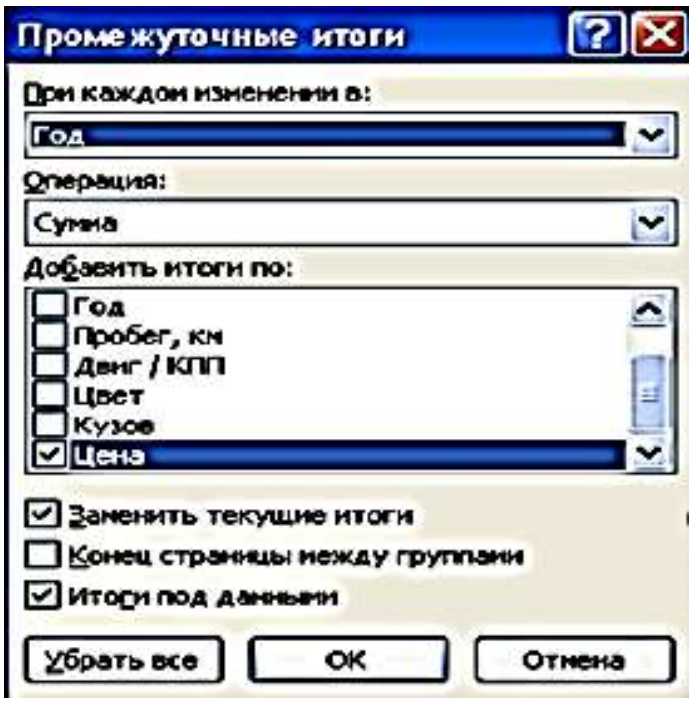
	A	B	C	D	E	F	G	H
1		**Автокаталог**						
2		**4. Фильтрация данных (Расширенный фильтр)**						
3								
4	№	Модель	Го	Пробег, к	Двиг / К	Цвет	Кузов	Цена
7	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000
11	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый		1 675 000
15	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000
16	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000
17	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000
18	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой		2 465 000
19	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000

Открыть - Выбрать числовые фильтры - больше или равно 1500000

Исходный | Сортированный | Фильтрованный | **Расширенный фильтр**

5. Скопировать лист «Сортированный» и перенести его на **Лист5** и переименовать в лист «**Итоги**».

5.1. Поставить курсор в одну из ячеек таблицы («Данные – Промежуточный Итог»).



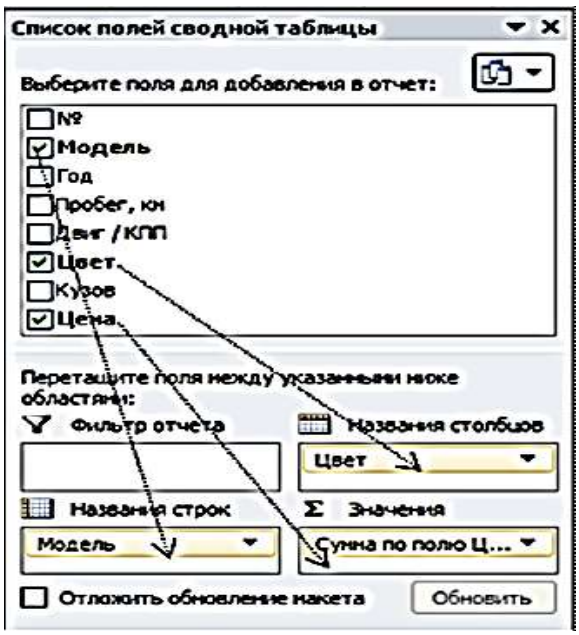
	A	B	C	D	E	F	G	H
2	5. Подведение итогов данных (Итоги стоимости)							
3								
4	№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет	Кузов	Цена
5	1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый		935 555
6	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000
7	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый		545 555
8	6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный		869 777
9	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый		1 675 000
10	9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий		469 000
11	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000
12	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000
13	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000
14			**2013 Итог**					14 108 887
15	2	ВАЗ LARGUS	2014	52 988	1598 M	бежевый		524 000
16	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый		580 000
17	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000
18			**2014 Итог**					3 079 000
19	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000
20	10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 060	1598 A	бежевый		519 000
21	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой		2 465 000
22			**2015 Итог**					5 664 000
23			**Общий итог**					22 851 887

Исходный | Сортированный | Фильтрованный | Расширенный фильтр | Итоги

6. По листу «**Исходный**» создать сводную таблицу.

6.1 Использовать «*Вставка – Сводная таблица*».

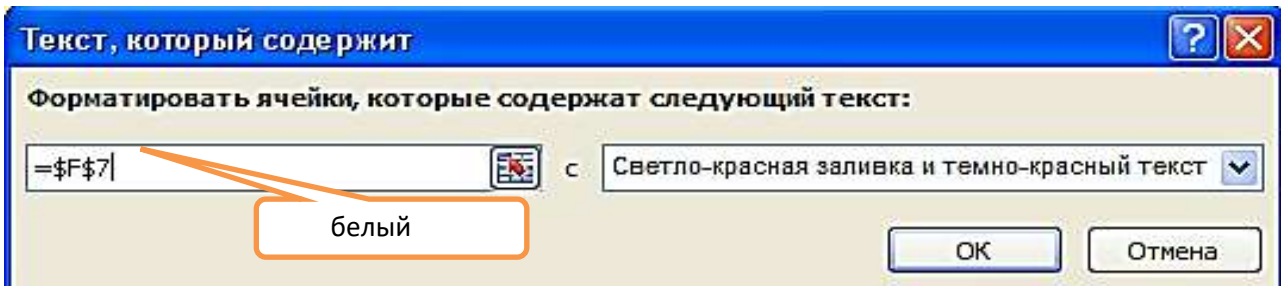
6.2. Полученный лист переименовать в лист «**Сводная таблица**».



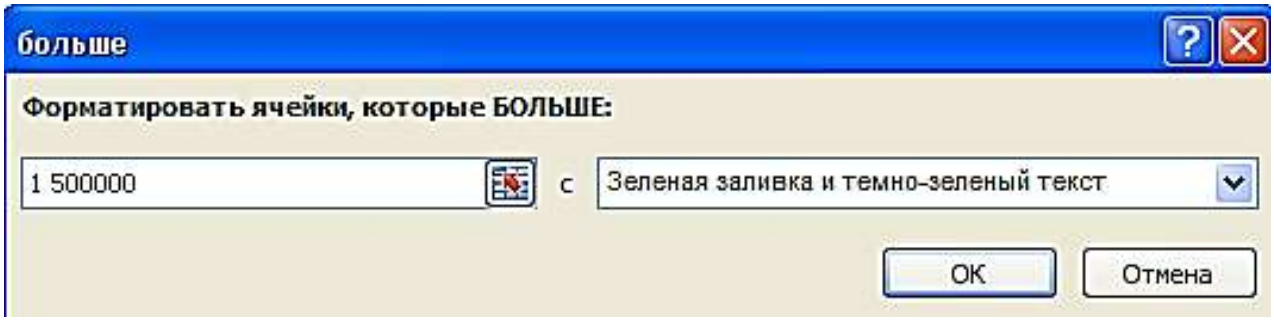
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Перетащите сюда поля фильтра отчета										
2											
3	Сумма по полю Цена	Цвет									
4	Модель	бежевый	белый	голубой	коричневый	красный	металлик	серый	синий	черный	Общий итог
5	BMW X1 (E84)				935555						935555
6	HYUNDAI SOLARIS SEDAN								469000		469000
7	INFINITI QX80		3485000								3485000
8	JAGUAR XF									1709000	1709000
9	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT									2995000	2995000
10	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)						1975000	1675000			3650000
11	MINI PACEMAN COOPER S		1425000								1425000
12	NISSAN ALMERA IV	519000									519000
13	NISSAN JUKE		545555			869777					1415332
14	TOYOTA HIGHLANDER III		2680000								2680000
15	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150			2465000							2465000
16	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN		580000								580000
17	ВАЗ LARGUS	524000									524000
18	Общий итог	1043000	8715555	2465000	935555	869777	1975000	1675000	469000	4704000	22851887

7. Скопировать лист «**Исходный**» и перенести его на **Лист7**, и переименовать его в лист «**Условное форматирование**».

7.1. Выделить столбец «Цвет» (*Главная – Условное Форматирование – Правила Выделения Ячеек – Текст Содержит …*).



7.2. Выделить столбец «Цена» (*Главная – Условное Форматирование – Правила Выделения Ячеек – Больше).*



7.3. Выделить столбец «Пробег» (*Главная – Условное Форматирование – Гистограммы – Градиентная Заливка* (голубая).

7.4. Выделить столбец «Двиг/КПП» и отформатировать данные с механической коробкой передач – желтым цветом.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Автокаталог								
2	7. Условное форматирование									
3										
4	№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет	Кузов	Цена		
5	1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый		935 555		
6	2	ВАЗ LARGUS	2014	52 988	1598 M	бежевый		524 000		
7	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000		
8	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000		
9	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый		545 555		
10	6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный		869 777		
11	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый		1 675 000		
12	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый		580 000		
13	9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий		469 000		
14	10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 060	1598 A	бежевый		519 000		
15	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000		
16	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000		
17	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000		
18	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой		2 465 000		
19	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000		

Исходный | Сортированный | Фильтрованный | Расширенный фильтр | Итоги | Сводная таблица | Условное форматирование

8. Построить гистограмму, отражающую «Модель» и «Цену» авто. Для этого выделить столбец «Модель», нажать на копку **Ctrl**,

затем выделить столбец «Цена». (*Вставка – Гистограмма с группировкой*).

Самостоятельное задание. Создать «автокаталог» на любую тему, кроме автомобилей. Написать подробный отчет в текстовом редакторе MS Word.

Самостоятельные задания

Задание 1.

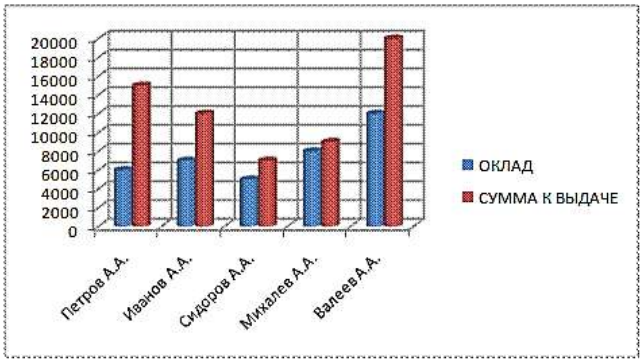
Создать таблицу, представленную ниже.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Распределение заработной платы										
2	Номер	ФИО	Должность	Стаж	Оклад	Премия	Надбавка за стаж	Итого	Налоги	Сумма к выдаче	Доля
3	1										
4	2										
5											
6											
7	10										
8	Сумма										
9	Среднее										

1. Заполнить произвольными значениями поля таблицы «ФИО» и «Должность». Стаж задать в диапазоне 0 – 30 лет. Оклад: 7 000 – 20 000 руб. В таблице заполнить не менее 10 строк.
2. Премия составляет 50 % оклада.
3. Надбавка за стаж вычисляется на основании стажа. Если стаж больше 10 лет, тогда надбавка составляет 20 % от оклада, иначе – 0. При вычислениях использовать встроенную функцию **ЕСЛИ().**
4. Налоги составляют 20 % от значения поля «Итого».
5. Вычислить Сумму и Среднее значение для каждого столбца, используя соответственно функции СУММ(), СРЗНАЧ().
6. Значение поля «Доля» рассчитывается как значение поля «Сумма к выдаче» для каждого работника, деленное на значение Общей суммы всех значений поля «Сумма к выдаче» (=J3/$J$8).
7. Построить диаграмму, отражающую начисления каждого сотрудника. Примерный вид диаграммы приведен ниже. В легенде отобразить фамилии работников.



8. Построить гистограмму соотношения Начисляемого оклада и Суммы к выдаче для всех сотрудников фирмы. Примерный вид гистограммы приведён ниже.



Задание 2.

Создать таблицу, произвести расчет заработной платы.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Расчет заработной платы работников										
2	№	ФИО	Доходы			Налоги			Всего начислено	Всего удержано	К выдаче
3			Оклад	Коэф-фициент	Уральская надбавка	Подоходный налог	Медицинское страхование	Пенсионный фонд			
4											
5	1	Алешин	18700,00	9350	2805	4011,15	925,65	617,1	30855,00	5553,9	25301,10
6	2	Берестов	19050,00								
7	3	Волкова	15200,00								
8	4	Гришина	15500,00								
9	5	Дюкин	15900,00								
10	6	Ершова	16600,00								
11	7	Егоркина	16250,00								
12	8	Жуков	16950,00								
13	9	Зимина	17300,00								
14	10	Имошин	17650,00								
15	11	Кутепова	18000,00								
16	12	Липов	18350,00								
17	Итого:		205450,00	102725,00	30817,50	44069,03	10169,78	6779,85	338992,50	61018,65	277973,85

1. Коэффициент составляет 50 % от оклада: установите курсор в ячейку D5, введите формулу =C5*50/100 или =C5*0,5.

2. С помощью маркера автозаполнения, скопируйте данную формулу в остальные ячейки столбца «Коэффициент».

3. Аналогично рассчитайте «Уральская надбавку», которая составляет 15 % от «Оклада».

4. В столбце «Всего начислено» подсчитайте доходы сотрудника (Сумма всех доходов)

5. «Подоходный налог» рассчитывается по формуле: 13 % от начисленной суммы («Всего начислено»).

6. В фонд медицинского страхования производится выплата в размере 3% от начисленной суммы.

7. В пенсионный фонд производится выплата в размере 2 % от начисленной суммы.

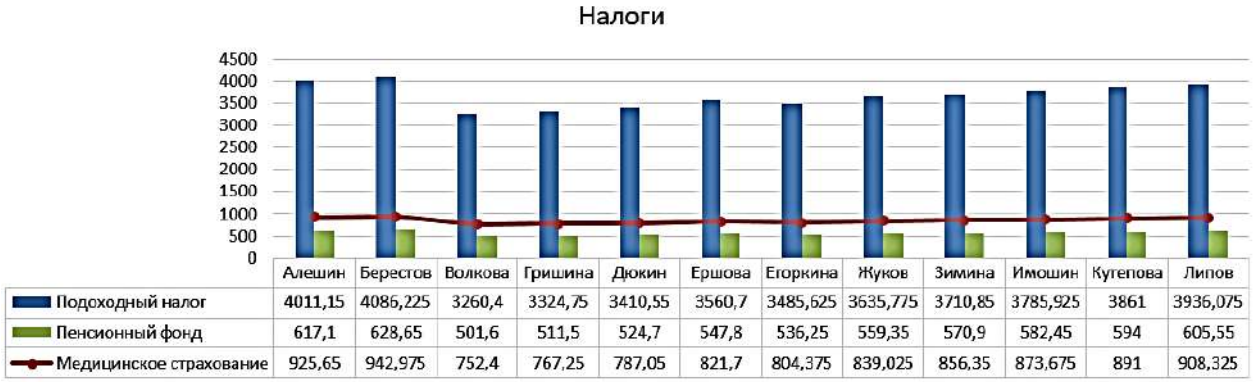
8. В столбце «Всего удержано» подсчитываются расходы сотрудника (сумма всех налогов)

9. В столбце «К выдаче» рассчитывается денежная сумма, выдаваемая работнику на руки (доходы-расходы).

10. Постройте диаграмму, отражающую заработную плату всех сотрудников.



11. Постройте диаграмму, отражающую налоги всех сотрудников.



	Алешин	Берестов	Волкова	Гришина	Дюкин	Ершова	Егоркина	Жуков	Зимина	Имошин	Кутепова	Липов
Подоходный налог	4011,15	4086,225	3260,4	3324,75	3410,55	3560,7	3485,625	3635,775	3710,85	3785,925	3861	3936,075
Пенсионный фонд	617,1	628,65	501,6	511,5	524,7	547,8	536,25	559,35	570,9	582,45	594	605,55
Медицинское страхование	925,65	942,975	752,4	767,25	787,05	821,7	804,375	839,025	856,35	873,675	891	908,325

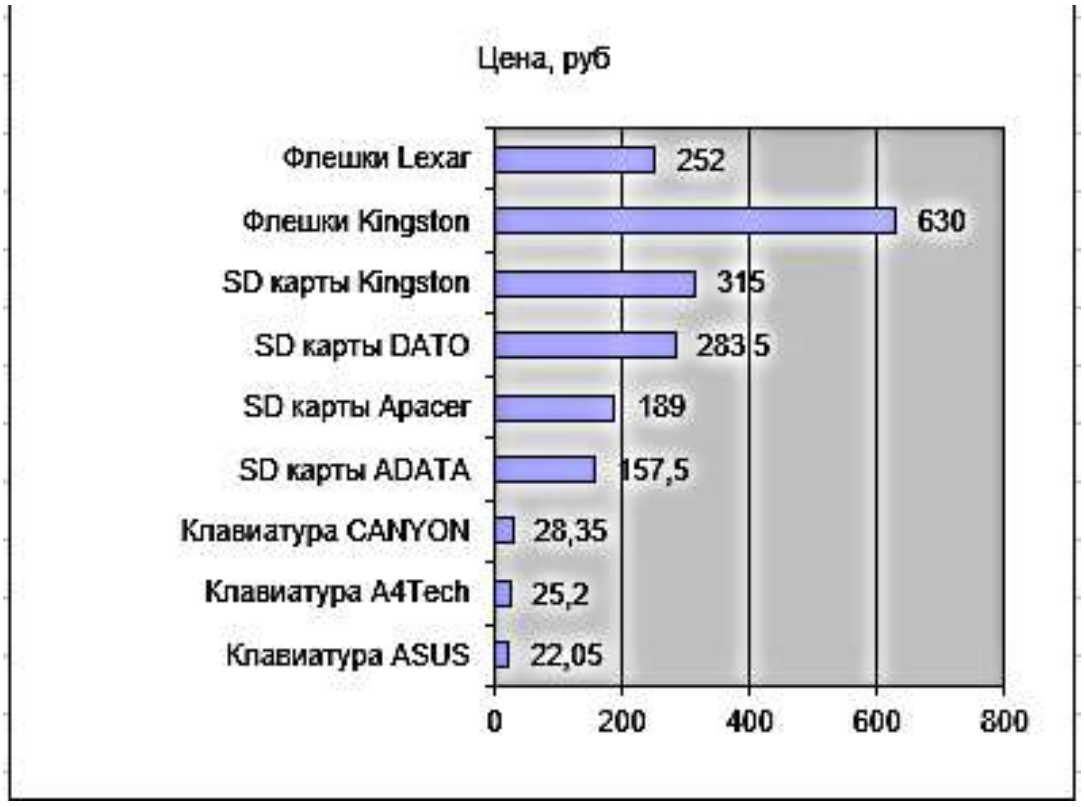
Задание 3.

Создать таблицу, произвести расчет.

Магазин компьютерных аксессуаров продает товары, указанные в прайс-листе. Стоимость указана в долларах. Если стоимость товара превышает некоторую сумму, покупателю предоставляется скидка. В расчете учесть текущий курс доллара.

E19 | =ЕСЛИ(E18>$B$6;E18*(1-$B$5);E18)

	A	B	C	D	E	F
1	**Компьютерный магазин**	**ОАО "INTEX"**		**Ячейка**	**Формула**	
2	Дата покупки	12.11.2019		B2	Функция/СЕГОДНЯ( )	
3				D9	=B9*$B$4	
4	Курс доллара	63		E9	=C9*D9	
5	Скидка	5%		E18	=СУММ(E9…E17)	
6	Сумма для учета скидки	1000				
7	Прайс-лист					
8	**Наименование товара**	**Цена, $**	**Количество**	**Цена, руб**	**Стоимость**	
9	Клавиатура ASUS	0,35	20	***22,05***	***441***	
10	Клавиатура A4Tech	0,4	20			
11	Клавиатура CANYON	0,45	20			
12	SD карты ADATA	2,50	1			
13	SD карты Apacer	3	2			
14	SD карты DATO	4,50	5			
15	SD карты Kingston	5	4			
16	Флешки Kingston	10	0			
17	Флешки Lexar	4	1			
18	**ИТОГО**	Стоимость покупки без скидки			***4977***	
19		Стоимость покупки со скидкой			***4728,15***	



Задание 4.

Создать таблицу, произвести расчет зарплаты.

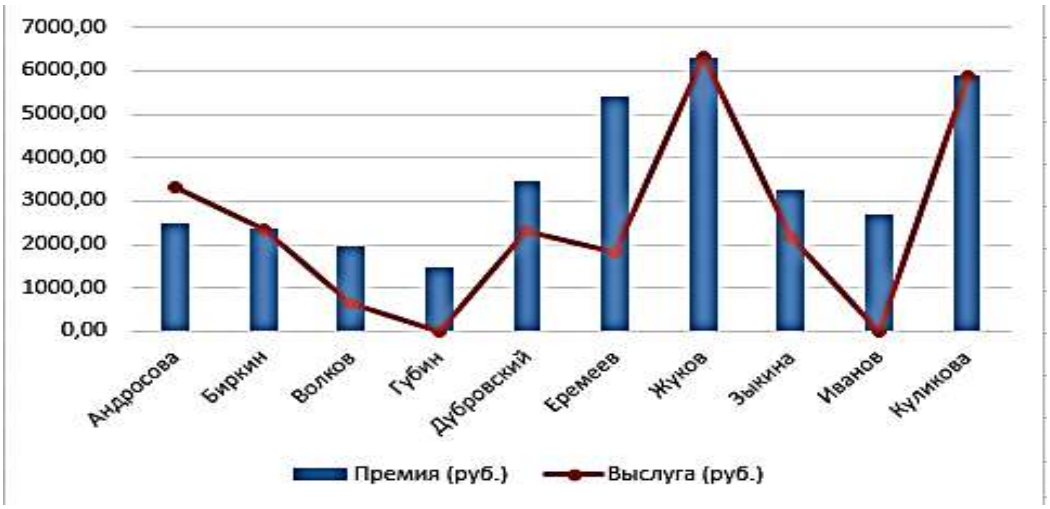
F5 =ЕСЛИ(D5>=30;C5*20/100;ЕСЛИ(И(D5>15;D5<=25);C5*15/100;ЕСЛИ(И(D5>10;D5<=15);C5*10/100;ЕСЛИ(И(D5>2;D5<=5);C5*5/100;C5*0))))

	A	B	C	D	E	F	G
1			Премия	15	процентов	от оклада	
2	Расчетная ведомость						
3	№	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Выслуга (лет)	Премия (руб.)	Выслуга (руб.)	Зар_пл
4	1	Андросова	16520,00	30	2478,00	3304,00	22302,00
5	2	Биркин	15730,00	20	2359,50		
6	3	Волков	12970,00	5	1945,50		
7	4	Губин	9940,00	10	1491,00		
8	5	Дубровский	23000,00	12	3450,00		
9	6	Еремеев	36000,00	4	5400,00		
10	7	Жуков	42000,00	25	6300,00		
11	8	Зыкина	21730,00	15	3259,50		
12	9	Иванов	17900,00	2	2685,00		
13	10	Куликова	39250,00	20	5887,50		
14			***235040,00***		***35256,00***	***24772,50***	***295068,50***
15							
16		ВЫСЛУГА					
17		Лет выслуги	Процент				
18		>= 30	20				
19		от 15 до 25	15				
20		от 10 до 15	10				
21		от 2 до 5	5				
22		<2	0				

1. В ячейку D1 вписать процент для начисления премии. Премия составляет 15 % оклада.

2. Выслуга вычисляется на основании Оклада и Процента за года стажа. Используется встроенная функция **ЕСЛИ().**

3. Построить диаграмму.



Задание 5.

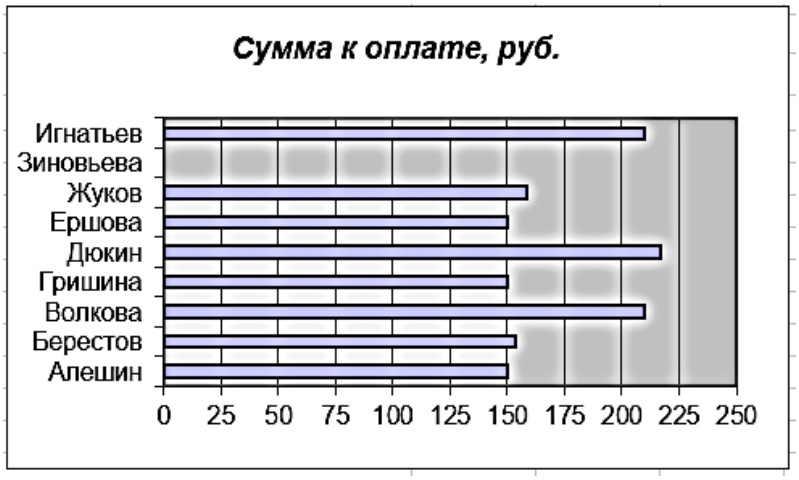
Создать таблицу «Журнал учета оплаты услуг связи.

1. Произвести расчет Суммы к оплате по тарифу, Количество абонентов и Суммарное количество минут.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Журнал учета оплаты услуг связи**						Тариф	
2	Абонент	Тариф	Кол-во минут	Сумма к оплате, руб.			100	275
3	Алешин	100	65	***150***		Плата за абоненскую линию, руб	130	130
4	Берестов	100	110	***153,5***		Гарантированный платеж, руб.	20	80
5	Волкова	275	130	***210***		Стоимость 1 минуты свыше установленного количества, руб	0,35	0,24
6	Гришина	100	90	***150***				
7	Дюкин	275	305	***217,2***				
8	Ершова	100	76	***150***				
9	Жуков	100	124	***158,4***				
10	Зиновьева	150	134	***ошибка***				
11	Игнатьев	275	240	***210***				
12								
13								
14								
15	Показатель		Тариф					
16			100	275				
17	Кол-во абонентов							
18	Суммарное кол-во мин							

```
=ЕСЛИ(И(C3<=$G$2;B3=$G$2);$G$3+$G$4;
ЕСЛИ(И(C3>$G$2;B3=$G$2);$G$3+$G$4+
(C3-B3)*$G$6;
ЕСЛИ(И(C3<=$H$2;B3=$H$2);$H$3+$H$4;
ЕСЛИ(И(C3>$H$2;B3=$H$2);$H$3+$H$4+
(C3-B3)*$H$6;"ошибка"))))
```

2. Изобразить гистограмму с использованием полученных данных.



Задание 6.

Создать таблицу «Анализ показателей тестирования».

1. Найти Сумму баллов, оценить результаты тестирования в форме «зачет» или «незачет», считая за минимум 10 баллов.

2. Определить Количество студентов по показателям и номерам задач.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Анализ результатов тестирования															Номера задач				
2	Студент	Номера задач					Номера задач					Сумма баллов	Min сумма баллов		Показатель	A1	A2	A3	A4	A5
3		A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5				Кол-во студентов, которые					
4		Правильные ответы					Полученные баллы								решили задачу	3				
5		3	2	2	4	3	1	2	2	3	4		10		Кол-во студентов, которые не					
6		Ответы студента					Полученные баллы						Оценка		дали ответ на задачу	2				
7	Алешин	2	2	2	3	3	0	2	2	0	4	8	незачет							
8	Берестов		2	1	4	2		2	0	3	0	5	незачет							
9	Волкова	3	2	2	4	3	1	2	2	3	4	12	зачет							
10	Гришина			2	4				2	3		5	незачет							
11	Дюкин	3	2	2		3	1	2	2		4	9	незачет							
12	Ершова	3	2	2	4	3	1	2	2	3	4	12	зачет							
13	Жуков	2	2	2	4	3	0	2	2	3	4	11	зачет							
14												62								

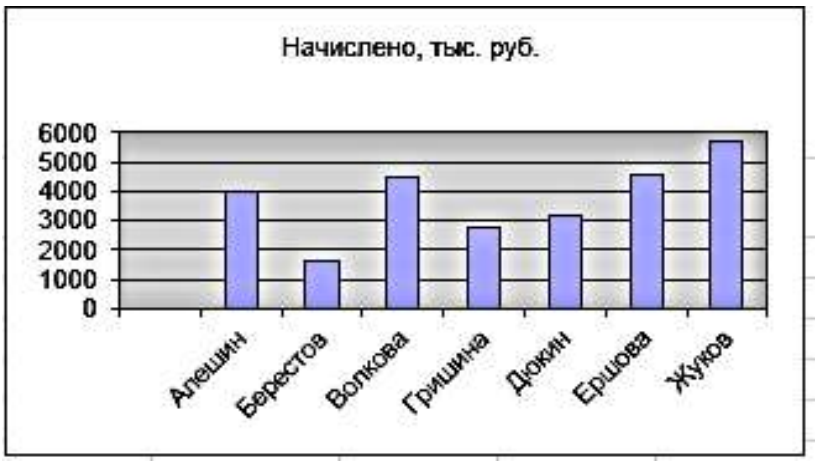
Задание 7.

Создать таблицы «Задолженность по кредитам».

1. Пусть у ряда работников имеется задолженность по потребительскому кредиту, которая отражена в диапазоне C4:C10. Нужно найти в списке таких работников и удержать с них в счет погашения кредита 10 % от начисленной им суммы.

E4=ЕСЛИ("Потребительский кредит">0; тогда "Начислено" *0,1; иначе пробел [" "] или прочерк «-»).

	A	B	C	D	E
2	Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по видам кредита		Удержано, тыс. руб.
3			Потребит. кредит	Жил. строит-во	
4	Алешин	4000	2400		400
5	Берестов	1600			-
6	Волкова	4500	3000	25000	
7	Гришина	2800	6000		
8	Дюкин	3200			
9	Ершова	4530		18000	
10	Жуков	5700	7000		
11					1700



2. Пусть у некоторых работников имеется задолженность по жилому строительству, которая отражена в диапазоне ячеек J4:J10. Нужно найти в списке этих работников и удержать с них в счет погашения кредита 20 % от начисленной им Суммы.

	G	H	I	J	K
2	Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по видам кредита		Удержано, тыс. руб.
3			Потребит. кредит	Жил. строит-во	
4	Алешин	4000	2400		
5	Берестов	1600			
6	Волкова	4500	3000	25000	
7	Гришина	2800	6000		
8	Дюкин	3200			
9	Ершова	6200		18000	
10	Жуков	5700	7000		
11					***2140***



3. Найти фамилии работников, у которых одновременно имеются Задолженности по Потребительскому кредиту и Кредиту на жилищное строительство, и удержать от начисленной им Суммы 20 %.

	A	B	C	D	E
27	Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по		Удержано, тыс. руб.
28			Потребит. кредит	Жил. строит-во	
29	Алешин	4000	2400	17000	***800***
30	Берестов	1600			-
31	Волкова	4500	3000	25000	***900***
32	Гришина	2800	6000		-
33	Дюкин	3200			-
34	Ершова	6200		18000	-
35	Жуков	5700	7000		-
36					***1700***

4. Найти работников, у которых имеется либо задолженность по потребительскому кредиту, либо по кредиту на жилищное строительство, либо по обоим видам кредита сразу, и удержать с них в счет погашения кредита 10 % от начисленной им Суммы.



	F	G	H	I	J	K	L	M
27		Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по		Удержано, тыс. руб.		
28				Потребит. кредит	Жил. строит-во			
29		Алешин	4000	2400		**400**		
30		Берестов	1600			-		
31		Волкова	4500	3000	25000	**450**		
32		Гришина	2800	6000		**280**		
33		Дюкин	3200			-		
34		Ершова	6200		18000	**620**		
35		Жуков	5700	7000		**570**		
36						***2320***		

5. Найти фамилии работников, у которых имеются одновременно задолженности по обоим видам кредита, и удержать от начисленной им Суммы 20 % в счет погашения кредитов. У остальных работников, имеющих задолженность по какому-либо одному виду кредита, удержать 10 % от начисленной им Суммы. Работникам, не имеющим задолженность по кредиту, проставить в графе "Удержано" – "б/к".

E55 | =ЕСЛИ(И(C55>0;D55>0);B55*0,2;ЕСЛИ(И(C55=0;D55=0);"б/к";B55*0,1))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
53	Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по		Удержано, тыс. руб.						
54			Потребит. кредит	Жил. строит-во							
55	Алешин	4000	2400		400						
56	Берестов	1600			б/к						
57	Волкова	4500	3000	25000	900						
58	Гришина	2800	6000		280						
59	Дюкин	3200			б/к						
60	Ершова	6200		18000	620						
61	Жуков	5700	7000		570						
62					2770						

Задание 8.

Создать таблицы «Комиссионные торговых агентов».

Торговый агент получает процент от суммы совершенной сделки. Если объем сделки до 70000, то 1 %; если объем до 100000, то 2 %; если выше 100000, то 3 %.

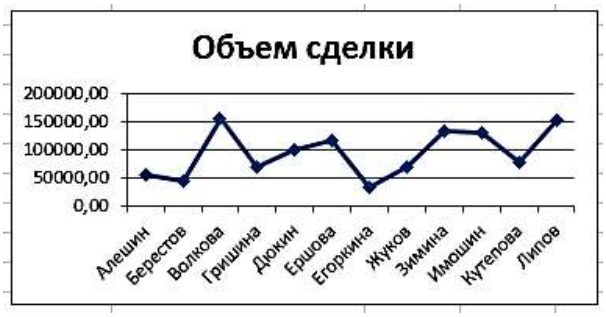
	A	B	C
2	***Комиссионные торговых агентов***		
3	Торговые агенты	Объем сделки	Размер вознаграж-дения
4	Алешин	55000,00	550,00
5	Берестов	44209,00	
6	Волкова	155230,00	
7	Гришина	69845,00	
8	Дюкин	100000,00	
9	Ершова	116523,00	
10	Егоркина	33565,00	
11	Жуков	69954,00	
12	Зимина	132685,00	
13	Имошин	131209,00	
14	Кутепова	78023,00	
15	Липов	150845,00	4525,35
16			***27880,95***
17			
18			
19			
20			

=ЕСЛИ(B4<70000;B4*0,01;
ЕСЛИ(B4<100000;B4*0,02;
B4*0,03))



1. Если объем продаж выше 130 тыс. руб. – задать 10 % вознаграждение, для тех, у которых объем продаж превышает 100 тыс. руб., но меньше 130 тыс. руб. – 5 % вознаграждение, для тех, у которых объем продаж не превышает 100 тыс. руб. – 3 %.

	E	F	G
2	***Комиссионные торговых агентов***		
3	Торговые агенты	Объем сделки	Размер вознаграж-дения
4	Алешин	55000,00	1650,00
5	Берестов	44209,00	
6	Волкова	155230,00	
7	Гришина	69845,00	
8	Дюкин	100000,00	
9	Ершова	116523,00	
10	Егоркина	33565,00	
11	Жуков	69954,00	
12	Зимина	132685,00	
13	Имошин	131209,00	
14	Кутепова	78023,00	
15	Липов	150845,00	15084,50
16			***78340,93***
17			
18	=ЕСЛИ(F4<100000;0,03*F4;		
19	ЕСЛИ(И(F4>=100000;F4<13		
20	0000);F4*0,05;F4*0,1))		
21			



2. Если объем продаж выше 130 тыс. руб. – грамота и премия, для тех, у которых объем продаж превышает 100 тыс. руб., но меньше 130 тыс. руб. – премия, для тех, у которых объем продаж не превышает 100 тыс. руб. – грамота.

	I	J	K	L	M	N	O
2	***Комиссионные торговых агентов***						
3	Торговые агенты	Объем сделки	Размер вознаграж-дения				
4	Алешин	55000,00	***грамота***				
5	Берестов	44209,00					
6	Волкова	155230,00					
7	Гришина	69845,00					
8	Дюкин	100000,00					
9	Ершова	116523,00					
10	Егоркина	33565,00					
11	Жуков	69954,00					
12	Зимина	132685,00					
13	Имошин	131209,00					
14	Кутепова	78023,00					
15	Липов	150845,00	***грамота и премия***				
16	***Количество:***						
17	грамота и премия		***4***				
18	премия		***2***				
19	грамота		***6***				

=ЕСЛИ(J4<100000;"грамота";
ЕСЛИ(И(J4>=100000;J4<=13
0000);"премия";"грамота и
премия"))

Задание 9.

Создать таблицу «Ведомость студента».

C16 | =ПРОСМОТР(B4;B4:B13;F4:F13)

1. По фамилии сотрудника определить образование, используя функцию =ПРОСМОТР(). Например, для Якуниной.

Первым аргументом функции **ПРОСМОТР** является ячейка B4, где мы указываем искомое значение, т.е. фамилию. Диапазон B4:B13 является просматриваемым, его еще называют просматриваемый вектор. Из соответствующей ячейки диапазона F4:F13 функция **ПРОСМОТР** возвращает результат, такой диапазон также называют вектором результатов. Нажав **Enter**, убеждаемся, что все верно.

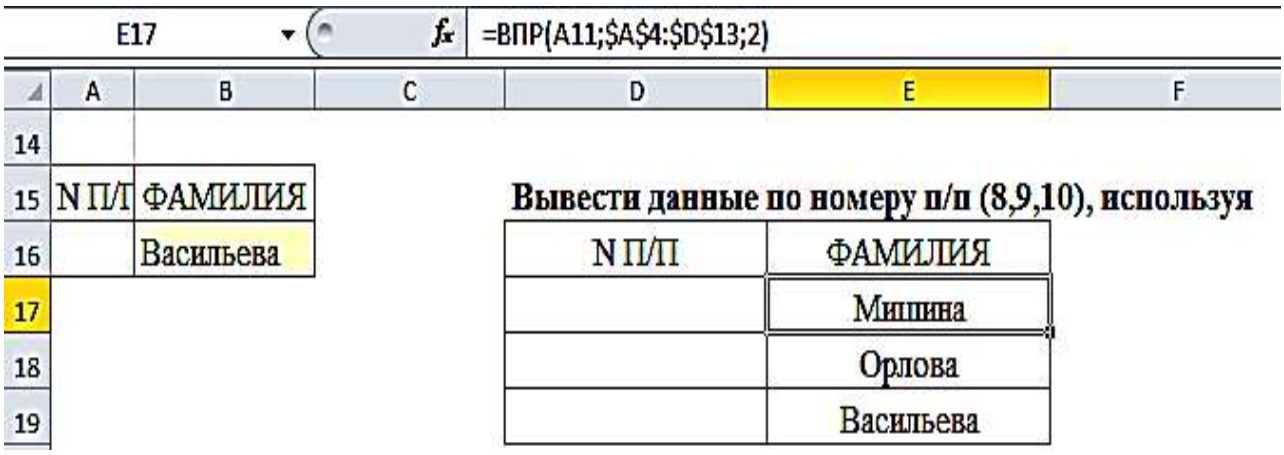
N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее

ФАМИЛИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
Якунина	высшее

2. Требуется по заданному номеру извлечь фамилию, используя функцию =ВПР(). Например, для Васильевой. B16=ВПР(A13;A4:B13;2)

Из формулы видно, что первым аргументом функции ВПР является ячейка A13, где мы указываем искомый номер. Вторым выступает диапазон A4:B13, который показывает, где следует искать. И последний аргумент – это номер столбца, из которого необходимо возвратить результат. В нашем примере это второй столбец. Нажав Enter, мы получим нужный результат.

N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее

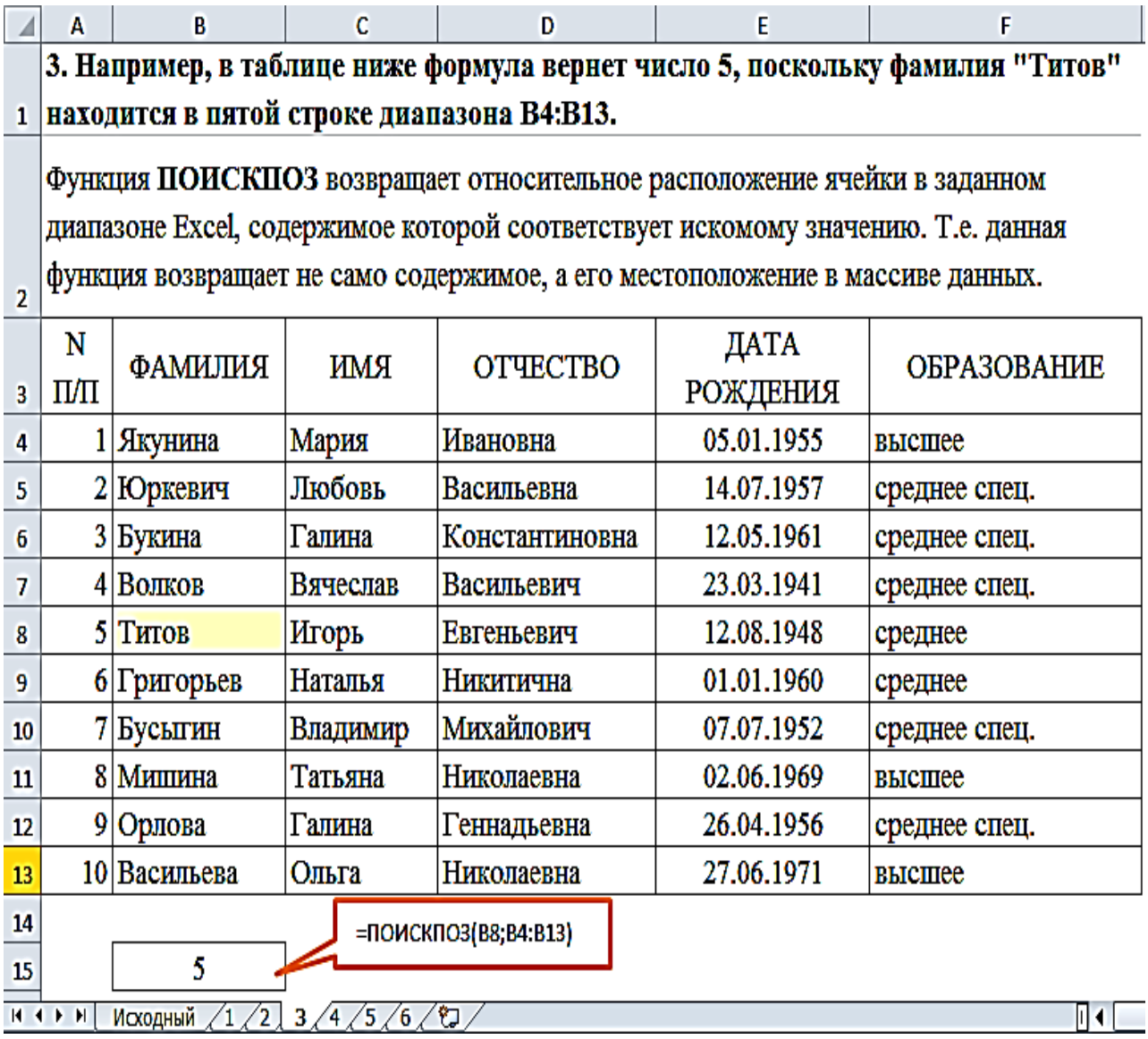


E17 | =ВПР(A11;$A$4:$D$13;2)

	A	B	C	D	E	F
14						
15	N П/П	ФАМИЛИЯ				
16		Васильева				
17						
18						
19						

Вывести данные по номеру п/п (8,9,10), используя

N П/П	ФАМИЛИЯ
	Мишина
	Орлова
	Васильева



3. Например, в таблице ниже формула вернет число 5, поскольку фамилия "Титов" находится в пятой строке диапазона B4:B13.

Функция **ПОИСКПОЗ** возвращает относительное расположение ячейки в заданном диапазоне Excel, содержимое которой соответствует искомому значению. Т.е. данная функция возвращает не само содержимое, а его местоположение в массиве данных.

N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее

=ПОИСКПОЗ(B8;B4:B13)

5

Исходный | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6

4. В одиночку функция ПОИСКПОЗ, как правило, не представляет особой ценности, поэтому в Excel ее очень часто используют вместе с функцией ИНДЕКС.

Функция **ИНДЕКС** возвращает содержимое ячейки, которая находится на пересечении заданных строки и столбца. Например, в таблице ниже формула возвращает значение из диапазона B4:D13, которое находится на пересечении 1 строки и 2 столбца.

N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее

=ИНДЕКС(B4:D13;1;2)

Мария

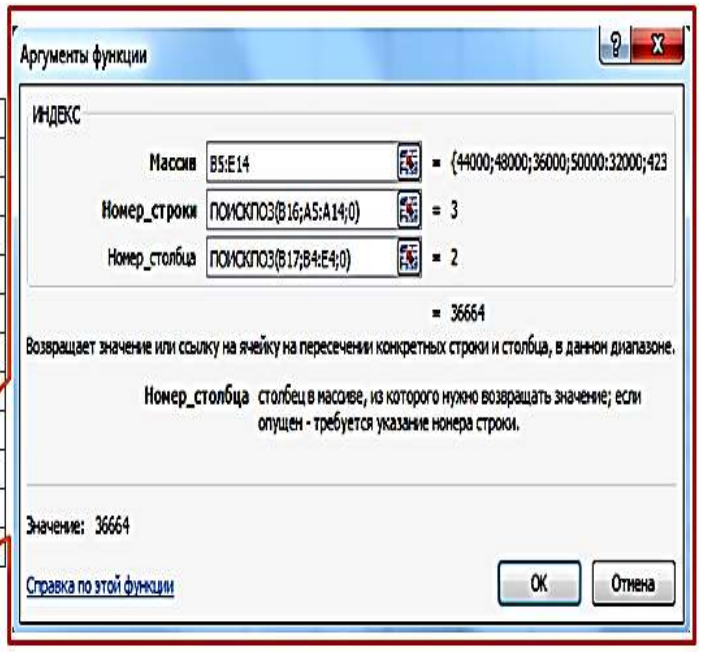
Исходный 1 2 3 4 5 6

5. СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОИСКПОЗ И ИНДЕКС

Пускай ячейка B16 содержит указанную нами фамилию, например, Букина. А ячейка B17 - месяц, наапример октябрь. Введем в ячейку B18 соответствующую формулу и нажмем Enter.

ФАМИЛИЯ	Зарплата в рублях			
	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Якунина	44000	48000	36000	50000
Юркевич	32000	42332	25333	31000
Букина	33000	36664	14666	22000
Волков	25333	30996	23999	23000
Титов	17666	25328	26668	24000
Григорьев	29999	19660	27335	25000
Бусыгин	42332	23992	28002	26000
Мишина	24665	28324	28669	27000
Орлова	26998	22656	29336	28000
Васильева	29331	26988	30003	29000

Укажите фамилию	Букина
Укажите должность	октябрь
Зарплата	36664



Исходный 1 2 3 4 5 6

	A	B	C	D	E	F
1	**6. СУММА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОИСКПОЗ И ИНДЕКС**					
2	Вычислить сумму за четыре месяца для Якуниной и Орловой					
3	ФАМИЛИЯ	Зарплата в рублях				ИТОГО
4		сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
5	Якунина	44000	48000	36000	50000	178000
6	Юркевич	32000	42332	25333	31000	130665
7	Букина	33000	36664	14666	22000	106330
8	Волков	25333	30996	23999	23000	103328
9	Титов	17666	25328	26668	24000	93662
10	Григорьев	29999	19660	27335	25000	101994
11	Бусыгин	42332	23992	28002	26000	120326
12	Мишина	24665	28324	28669	27000	108658
13	Орлова	26998	22656	29336	28000	106990
14	Васильева	29331	26988	30003	29000	115322

J13

=СУММ(ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(J4;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(J5;B4:E4;0));ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(N4;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(N5;B4:E4;0));ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(J8;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(J9;B4:E4;0));ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(N8;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(N9;B4:E4;0)))

Самостоятельное задание

Укажите фамилию	Якунина		Укажите фамилию	Якунина	
Укажите должность	сентябрь		Укажите должность	октябрь	
Зарплата	44000		Зарплата	48000	
Укажите фамилию	Якунина		Укажите фамилию	Якунина	
Укажите должность	ноябрь		Укажите должность	декабрь	
Зарплата	36000		Зарплата	50000	
Сумма за четыре месяца					
178000					

=ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(N8;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(N9;B4:E4;0))

Исходный 1 2 3 4 5 6 7 Лист3

	A	B	C	D	E	F
1	***САМОСТОЯТЕЛЬНО:***					
2	N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
3	1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
4	2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
5	3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
6	4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
7	5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
8	6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
9	7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
10	8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
11	9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
12	10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее
13						
14	1. По фамилии сотрудника **ВОЛКОВА** определить **ОТЧЕСТВО**, используя функцию =ПРОСМОТР().					
15	2. По заданному номеру **8** извлечь фамилию, используя функцию =ВПР(). Например, для **МИШИНОЙ**.					
16	3. В таблице вернуть число **4**, поскольку фамилия "**ВОЛКОВ**" находится в **ЧЕТВЕРТОЙ** строке, используя функцию =ПОИСКПОЗ().					

	A	B	C	D	E	F
1	**В колонках A, B, C даны данные по суммам отгрузки товара, по договорным и фактическим датам оплаты. Необходимо выявить суммы, оплаченные в срок, и просроченные суммы. Также требуется установить количество просроченных сумм:**					
2	Сумма отгрузки	Дата оплаты по договору	Дата оплаты фактическая	Суммы в срок	Суммы просроченные	
3	50000	01.04.2016	06.04.2016	-	*50000*	
4	31000	10.04.2016	08.04.2016	*31000*	-	
5	22000	05.04.2016	05.04.2016	*22000*	-	
6	23000	25.02.2016	26.02.2016	-	*23000*	
7	24000	11.04.2016	10.04.2016	*24000*	-	
8	25000	26.05.2016	24.05.2016	*25000*	-	
9	26000	10.07.2016	07.07.2016	*26000*	-	
10	27000	24.08.2016	20.08.2016	*27000*	-	
11				*155000*	*73000*	
12			Количество просроченных сумм:		*2*	

=ЕСЛИ(C3>B3;A3;"-")

Исходный 1 2 3 4 5 6 7 8

	A	B	C	D	E	F
1	**Дан период дат, а также даты и соответствующие суммы. Требуется распределить по разным колонкам суммы, попадающие и не попадающие в период дат:**					
2		**Период**	**01.02.2016**	**11.04.2016**		
3	Дата	Сумма	Сумма попадает в период	Сумма не попадает в период		
4	01.04.2016	50000	***31000***	-		
5	10.04.2016	31000	***22000***	-		
6	05.04.2016	22000	***23000***	-		
7	25.02.2016	23000	***24000***	-		
8	11.04.2016	24000	***25000***	-		
9	26.05.2016	25000	-	***25000***		
10	10.07.2016	26000	-	***26000***		
11	24.08.2016	27000	-	***27000***		
12		ИТОГО:	***125000***	***78000***		

=ЕСЛИ(НЕ(И(A4>=$C$2; A4<=$D$2));B4;"-")

Исходный 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Задание 10.

Создать таблицу «Расчет заработной платы». Произвести расчеты по справочным формулам.

Справочные формулы

*Оклад =Тариф * Базовая величина*

Начислено = Оклад + Надбавка + Премия

*Премия =% премии * Оклад*

*Подоходный налог = % налога * Начислено*

*Надбавка = % надбавки * Оклад*

*Профсоюз = % взноса * Начислено*

К выдаче = Начислено – (Подоходный налог +Профсоюз)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**Расчет заработной платы**								
2	**Должность**	**Тариф**	**Оклад**	**Надбавка**	**Премия**	**Начислено**	**Подоходный налог**	**Профсоюз**	**К выдаче**
3	Профессор	7,54							
4	Доцент	6,59							
5	Ст. преподав.	6,04							
6	Преподаватель	5,52							
7									
8	Базовая величина	% надбавки	% премии	% налога	% взноса				
9	18 000	10%	25%	9%	2%				

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего используется электронная таблица?
2. Как называется документ в программе Excel? Из чего он состоит?
3. Каковы особенности типового интерфейса табличных процессоров?
4. Какие типы констант могут содержать электронные таблицы?
5. Какие данные называют зависимыми, а какие независимыми?
6. По какому признаку программа определяет, что введенные данные являются не значением, а формулой?
7. Что в Excel используется в формулах в качестве операндов?
8. Что такое формула в электронной таблице и ее типы? Приведите примеры.
9. Что такое функция в электронной таблице и ее типы? Приведите примеры.
10. Поясните, для чего используются абсолютные и относительные адреса ячеек? Как они выглядят?
11. Что такое автозаполнение?
12. Каков приоритет выполнения операций в арифметических формулах Excel?
13. Как можно “размножить” содержимое ячейки?
14. Как посмотреть и отредактировать формулу, содержащуюся в ячейке?
15. Какой тип адресации используется в Excel по умолчанию?
16. В чем состоит удобство применения относительной и абсолютной адресации при заполнении формул?
17. Что такое диапазон, как его выделить?
18. Как защитить содержимое ячеек электронной таблицы от несанкционированного доступа и внести изменения?
19. Укажите, какие Вы знаете типы диаграмм, используемых для интерпретации данных электронной таблицы. Поясните, когда следует или не следует использовать каждый из них.
20. Какие способы объединения нескольких исходных электронных таблиц в одну Вам известны?
21. Как использовать электронную таблицу для моделирования по типу решения задачи “Что будет, если...”?
22. Какая текстовая функция позволяет объединить в одной ячейке текстовую информацию из нескольких ячеек?
23. Какая функция позволяет вычислить количество символов в ячейке?
24. Какая функция возвращает заданное число знаков из строки текста, начиная с указанной позиции?
25. Какая функция возвращает указанное количество знаков с начала строки?
26. Какая функция возвращает указное количество знаков с конца строки?
27. Какая функция форматирует число и преобразует его в текст?

28. Какая функция возвращает позицию начала искомой строки текста в содержащей ее строке текста?
29. К какой категории относится функция ЕСЛИ?
30. К какой категории относится функция ПОИСКПОЗ?
31. Какие основные типы данных используются в Excel?
32. Как записывается логическая команда в Excel?
33. Для чего можно использовать клавишу F4 в Excel?
34. Для чего используется добавление символа $ в адресной ячейке?
35. Каким символом выделяется действие «Вставить функцию»?
36. Каким образом скопировать число из ячейки?
37. Как скопировать число из ячейки с шагом 1?
38. Как скопировать число из ячейки с произвольным шагом?
39. Как заполнить недели текстом «понедельник», «вторник» и т. д.?
40. Как заполнить строку названием месяцев: «янв.», «фев.», . . . ?
41. Что такое блок ячеек?
42. Как выделить блок контурной линией?
43. Как залить блок определенным цветом?
44. Как удалить из блока все числа?
45. Как удалить линии блока?
46. Как удалить раскраску блока?
47. Как объединить ячейки?
48. Как расположить текст в ячейке по центру ил в правой его части?
49. Как осуществить сортировку чисел по убыванию?
50. Как округлить значение числа в ячейке до 2-х знаков в дробной части?
51. Как построить гистограмму?
52. Как построить график?
53. Как построить круговую диаграмму?
54. Какое отличие между листом и книгой?
55. Как называется документ в программе Excel?
56. Что такое активная ячейка?
57. Может ли ячейка содержать текст, формулу, число?
58. С какого символа начинается формула в ячейке?
59. Какие действия следует выполнить при помощи поиска ошибок?
60. Что такое понятие «Влияющие ячейки», «Зависимые ячейки»?

===

Тест на знание Excel с ответами

Примечание. Правильные ответы отмечены символом +.

1. Основное назначение электронных таблиц.

а) редактировать и форматировать текстовые документы;

+в) выполнять расчет по формулам;

г) нет правильного ответа.

2. Какие действия выполняются в электронной таблице?

а) производится обработка текстовых данных;

+ б) при изменении данных автоматически пересчитывается результат;

в) выполняются чертежные работы.

3. Можно ли в ЭТ построить график, диаграмму по числовым значениям таблицы?

+а) да;

б) нет.

4. Основным элементом электронных таблиц является:

а) цифры;

+б) ячейки;

в) данные.

5. Какая программа не является электронной таблицей?

а) Excel;

б) Superkalk;

+в) Word.

6. Как называется документ в программе Excel?

а) рабочая таблица;

+б) книга;

в) страница.

7. Рабочая книга состоит из:

а) нескольких рабочих страниц;

+б) нескольких рабочих листов;

в) нескольких ячеек.

8. Наименьшей структурной единицей внутри таблицы является:

а) строка;

+б) ячейка;

в) столбец.

9. Укажите правильный адрес ячейки:

а) Ф7;

+б) L6;

в) 7В.

10. С какого знака начинается формула в ячейке:

а)";

б) №;

+в) =.

11. Какая ячейка называется активной?

а) любая;

+ б) та, которая выделена;

в) заполненная числами.

12. Какой знак отделяет целую часть числа от дробной

а) :

б) ;
в) ,
13. Как можно задать округление числа в ячейке?
а) используя формат ячейки;
б) используя функцию ОКРУГЛ();
+в) оба предыдущее ответа правильные.
14. В качестве диапазона не может выступать…
а) фрагмент строки или столбца;
б) прямоугольная область;
+в) группа ячеек: A1, B2, C3.
15. Что не является типовой диаграммой в таблице?
а) круговая;
+б) сетка;
в) гистограмма.
16. К какой категории относится функция ЕСЛИ?
а) математической;
б) статистической;
+в) логической.
17. Какие основные типы данных в Excel?
а) числа, формулы;
+б) текст, числа, формулы;
в) цифры, даты, числа.
18. Как записывается логическая команда в Excel?
а) если (условие, действие1, действие 2);
б) (если условие, действие1, действие 2);
+в) =если(условие; действие1; действие 2).
19. Как понимать сообщение # знач! при вычислении формулы?
а) формула использует несуществующее имя;
б) формула ссылается на несуществующую ячейку;
+в) ошибка при вычислении функции.
20. Что означает появившийся символ в ячейке #####?
+а) ширина ячейки меньше длины вводимого числа;
б) ошибка в формуле вычислений;
в) отсутствие результата.
21. В электронных таблицах нельзя удалить:
а) текстовые данные ячеек;
+ б) имена ячеек;
в) столбцы.
22. Минимальной составляющей таблицы является:
+ а) ячейка;
б) строка;
в) книга.
23. В электронной таблице имя ячейки образуется:
а) произвольным образом;

б) путем соединения имен строки и столбца;
+ в) путем соединения имени столбца и строки.

24. Рабочая книга табличного процессора состоит из:

а) таблиц;
б) строк и столбцов;
+ в) листов.

25. Какие типы диаграмм позволяют строить табличные процессоры?

+ а) График, точечная, линейчатая, гистограмма, круговая;
б) коническая, плоская, поверхностная, усеченная;
в) гистограмма, график, локальное пересечение, аналитическая.

26. Категория математические используют функции:

+ а) ABS, COS, TAN, ОКРУГЛ, ПИ, СУММ;
б), СУММ, ВЫБОР, ПОИСКПОЗ;
в) ABS, COS, СТРОКА, ТРАНСП.

27. В какой категории находится функция ПОИСКПОЗ:

а) математическая;
+ б) ссылки и массивы;
в) логическая.

28. Документ табличного процессора Excel по умолчанию называется:

+ а) книгой;
б) томом;
в) таблицей.

29. В Excel могут использоваться следующие типы данных:

а) матричный, временной, математический, текстовый, денежный;
б) банковский, целочисленный, дробный, текстовый, графический;
+ в) числовой, денежный, финансовый, дата, время, процентный.

30. Какова структура рабочего листа табличного процессора?

а) строки, столбцы, командная строка, набор функций;
б) ячейки, набор функций, строка состояния;
+ в) строки и столбцы, пересечения которых образуют ячейки.

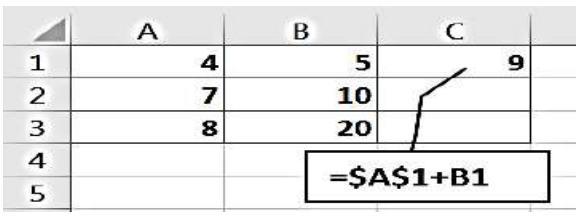
30. Как называется документ, созданный в Excel?

+ а) рабочая книга;
б) рабочий лист;
в) рабочая область.

31. В виде чего нельзя отобразить данные в электронной таблице?

а) чисел и букв;
+ б) оператора;
в) формул.

31. Приведен фрагмент электронной таблицы:



Чему будет равно число в ячейке С3, при относительном копировании вниз по столбцу из ячейки С1?
а) 28;
+б) 24;
в) 9.

32. Что означает запись =$A$5:

+ а) ссылка на абсолютный адрес строки и столбца;
б) ссылка на абсолютный адрес строк;
в) ссылка на абсолютный адрес столбца.

33. Расширение файлов, созданных в MS Excel – это:

+ а) .xls;
б) .doc;
в) .bmp.

34. Координата в электронной таблице – это адрес:

+ а) клетки в электронной таблице;
б) данных в столбце;
в) клетки в строке.

35. Какие типы фильтров существуют в табличном процессоре Excel?

а) тематический фильтр, автофильтр;
+ б) автофильтр, расширенный фильтр;
в) текстовый фильтр, числовой фильтр.

36. Наиболее наглядно будет выглядеть представление средних зарплат представителей разных профессий в виде:

а) круговой диаграммы;
б) ярусной диаграммы;
+ в) столбчатой диаграммы.

37. 40 ячеек электронной таблицы содержится в диапазоне:

+ а) E2:H11;
б) A15:D25;
в) C4:F15.

38. Укажите на абсолютный адрес ячейки:

а) D3;
б) D3;
+ в) $D$3.

39. Скопированные или перемещенные абсолютные ссылки в электронной таблице:

+ а) не изменяются;
б) преобразуются в соответствии с новым положением формулы;
в) преобразуются в соответствии с новым видом формулы.

40. Активная ячейка – это ячейка:

а) с формулой, в которой содержится абсолютная ссылка;
+ б) в которую в данный момент вводят данные;
в) с формулой, в которой содержится относительная ссылка.

41. Отличием электронной таблицы от обычной является:

+ а) автоматический пересчет задаваемых формулами данных в случае изменения исходных;
б) представление связей между обрабатываемыми данными;
в) обработка данных различного типа.

42. В табличном процессоре Excel столбцы:

+ а) обозначаются буквами латинского алфавита;
б) обозначаются римскими цифрами;
в) получают имя произвольным образом.

43. Символ «=» в табличных процессорах означает:

а) фиксацию абсолютной ссылки;
+ б) начало ввода формулы;
в) фиксацию относительной ссылки.

44. Какого элемента структуры электронной таблицы не существует?

а) полосы прокрутки;
б) строки формул;
+ в) командной строки.

45. Числовое выражение 15,7E+4 из электронной таблицы означает число:

+ а) 157000;
б) 157,4;
в) 0,00157.

46. В одной ячейке можно записать:

+ а) только одно число;
б) одно или два числа;
в) сколько угодно чисел.

47. Подтверждение ввода в ячейку осуществляется нажатием клавиши:

а) Tab;
б) F6;
+ в) Enter.

48. Содержимое активной ячейки дополнительно изображается в:

а) поле имени;
+ б) строке формул;
в) строке состояния;

49. Укажите верную запись формулы:

а) B10C11+64;
+ б) =D3*D4-D5;
в) A1=A3+2*B1.

50. Маркер автозаполнения появляется, когда курсор устанавливают:

+ а) в правом нижнем углу активной ячейки;
б) в левом верхнем углу активной ячейки;
в) по центру активной ячейки.

51. Диапазоном не может быть:

а) прямоугольная область;
б) фрагмент столбца;
+ в) Группа ячеек D1, E2, F3.

52. Можно ли убрать сетку в электронной таблицу Excel?
а) нет;
+ б) да;
в) да, если снята защита от редактирования таблицы.
53. Каким символом выделяется действие: вставить функцию?
+ а) *fx*;
б) f(x);
в) Vx.
54. Что означает запись =$B6?
+ а) абсолютная ссылка на колонку B;
б) абсолютная ссылка на ячейку B6.
в) ошибка в записи адреса ячейки.
55. Что означает запись =B$6?
+ а) абсолютная ссылка на строку 6;
б) абсолютная ссылка на ячейку B6;
в) ошибка в записи адреса ячейки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзек, М.П. Вычисления, графики и анализ данных в Excel 2010. Самоучитель / М.П. Айзек. - СПб.: Наука и техника, 2013. - 352 с.

2. Айзек, М.П. Вычисления, графики и анализ данных в Excel 2010: Самоучитель / М.П. Айзек, В.В. Серогодский, М.В. Финков. - СПб.: НиТ, 2013. - 352 с.

3. Айзек, М.П. Вычисления, графики и анализ данных в Excel 2013. Самоучитель / М.П. Айзек. - СПб.: Наука и техника, 2015. - 416 с.

4. Долженков, В.А. Самоучитель Excel 2010 / В.А. Долженков, А.Б. Стученков. - СПб.: БХВ-Петербург, 2013. - 400 с.

5. Леонов, В. Word и Excel. Простой и понятный самоучитель / В. Леонов. - М.: Эксмо, 2016. - 352 с.

6. Леонтьев, В.П. Excel 2016. Новейший самоучитель / В.П. Леонтьев. - М.: Эксмо, 2016. - 128 с.

7. Серогодский, В. Excel 2013. 2 в 1: Пошаговый самоучитель + справочник пользователя / В. Серогодский. - СПб.: Наука и техника, 2016. - 400 с.

8. Серогодский, В.В. Excel 2010. Пошаговый самоучитель + справочник пользователя / В.В. Серогодский. - СПб.: Наука и техника, 2012. - 400 с.

9. Серогодский, В.В. Excel 2010. Пошаговый самоучитель + справочник пользователя / В.В. Серогодский, Р.Г. Прокди, А.Ю. Дружинин. - СПб.: НиТ, 2012. - 400 с.

10. Шагаков, К.И. Визуальный самоучитель Word и Excel / К.И. Шагаков. - М.: Эксмо, 2013. - 224 с.

Учебное издание

Валентин Александрович Боровков

Светлана Михайловна Колмогорова

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» *для студентов*
всех технологических специальностей
очного и заочного обучения

Редактор В. В. Баклаева

Компьютерная верстка В. А. Боровкова

Подписано в печать

Бумага офсетная. Формат 60 x 84 1/16.

Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.

Печ. л. Уч.-изд. л. Тираж 100. Заказ

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета

в лаборатории множительной техники УГГУ

103

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» ***для студентов***
всех технологических специальностей
направления подготовки
21.05.04 – «Горное дело»
очного и заочного обучения



Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Института мировой
экономики
«30» января 2017 г.
Председатель комиссии
_____ проф. Л. А. Мочалова

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» для студентов
всех технологических специальностей
направления подготовки
21.05.04 – «Горное дело»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

УДК 004.9 (072)
Б83

Рецензент: *В. П. Некрасов, канд. техн. наук, профессор* кафедры
информационных систем и технологий УрТИСИ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании
кафедры информатики «18 » января 2017 г.
(протокол № 4) и рекомендовано для издания в УГГУ

Боровков В. А., Колмогорова С. М.

Б83 ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD: учебно-методическое пособие по дисциплине «Информатика» для студентов всех технологических специальностей направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» очного и заочного обучения / В. А. Боровков, С. М. Колмогорова; Урал.гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 89 с.

В учебно-методическом пособии «ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD» представлен лекционный материал и приведены лабораторные работы, а так же предложены вопросы для самоконтроля изучаемого материала. В конце учебно-методического пособия приведен список рекомендуемой литературы. Объем учебно-методического пособия 92 с. текста.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех технологических специальностей по направлению подготовки 21.05.04 – «Горное дело» очного и заочного обучения, а так же будет полезно др. специалистам, осваивающим работу с текстовым редактором Word 2010.

© Боровков В. А., Колмогорова С. М., 2017
© Уральский государственный горный
университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ....4
1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ....5
2. ТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕКСТОВОГО РЕДАКТОРА MS WORD....6
2.1. Интерфейс Microsoft Word 2010 6
2.2. Работа с файлами....11
2.3. Работа с документом 15
2.4. Создание текста 17
2.5. Оформление текста....22
2.6. Редактирование документа. Шрифт 32
2.7. Оформление текста. Абзацы 41
2.8. Оформление текста. Списки....45
2.9. Оформление текста. Стили и темы 48
2.10. Создание таблиц 50
2.11. Рисунки и графические объекты Ms Word....59
2.12. Рассылки и слияние....63
2.13. Работа с колонтитулами....72
2.14. Подготовка к печати и печать документа 74
3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ....75
4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА ПО КУРСУ ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD....80
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 87

ВВЕДЕНИЕ

Изучение текстового редактора MS WORD интегрированного пакета Office является обязательным элементом при освоении курса информатики.

Поэтому учебно-методическое пособие по изучению курса информатики с использованием текстового редактора MS Word соответствует изучению курса информатики по Государственному образовательному стандарту (ГОС) и предназначено для студентов всех технологических специальностей направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» очного и заочного обучения.

В учебно-методическом пособии материал представлен по схеме читаемого лекционного курса в виде 14 лекций, 8 лабораторных работ и 310 контрольных вопросов, позволяющих усвоить работу в текстовом редакторе MS Word.

Темы занятий следующие:

- Интерфейс Microsoft Word 2010 (Тема 1).
- Работа с файлами (Тема 2).
- Работа с документом (Тема 3).
- Создание текста (Тема 4).
- Редактирование текста (Тема 5).
- Оформление текста. Шрифт (Тема 6).
- Оформление текста. Абзацы (Тема 7).
- Оформление текста. Списки (Тема 8).
- Оформление текста. Стили и темы (Тема 9).
- Создание таблиц (Тема 10).
- Рисунки и графические объекты в MS Word (Тема 11).
- Рассылки и слияние (Тема 12).
- Работа с колонтитулами (Тема 13).
- Подготовка к печати и печать документа (Тема 14).

Лабораторные работы состоят из следующих заданий:

- создание текста;
- маркированный, нумерованный, многоуровневый список;
- работа с таблицей, преобразование текста в таблицу (и наоборот);
- изменение направления текста в таблице;
- создание колонок в таблице с разделителем и буквицей, создание 3-х колонок с маркированным списком;
- создание колонтитула с номерами страниц;
- создание оглавления;
- методы ввода формул в ячейки таблицы;

– примеры использование математических функций;
– рассмотрены практические примеры вычислений (Задание 1, Задание 2, Задание 3, Задание 4).

В конце учебно-методического пособия приведен список рекомендуемой литературы.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ

В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС) студентам очного и заочного обучения по всем технологическим специальностям направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» необходимо знать работу текстово-графического редактора MS Word и уметь им пользоваться.

«Информатика» как учебная дисциплина дает комплекс знаний, умений и навыков в области информатики и базируется на знаниях, полученных студентами еще в школе при изучении учебной дисциплины «Информатика», и является фундаментом для успешного применения информационных технологий в процессе обучения и последующей профессиональной деятельности.

Базовые знания образуют основу дисциплины. С учетом того, что студенты имеют разный уровень подготовки, то для одних данный материал будет повторением школьного, поэтому изучение его необходимо ставить на более высокий уровень. Для других – это новый материал, и уже с самого начала необходима четкость в определении всех новых понятий дисциплины.

Технологическая часть дисциплины связана с практическим освоением ПК, приобретением умений и навыков работы в наиболее распространенных программных средах. Дисциплина ориентирована на изучение операционной системы Windows и пакета программ MS Office (в данном разделе это в основном текстовый редактор MS Word).

В качестве основы для изучения курса следует взять приведенный здесь перечень лекций, примеры лабораторных работ и один из учебников. Не следует с первых шагов использовать несколько источников и пытаться ответить на все поставленные вопросы.

При изучении теоретического материала каждой темы следует по учебно-методическому пособию ознакомиться с её содержанием и требованиями к объему знаний. Освоив теоретический материал, необходимо самостоятельно, без помощи литературы, сделать попытку ответить на вопросы по теме. Если где-то не получается быстро освоить материал, то пройденный материал необходимо повторить. С каждой темой связан перечень основных навыков работы с редактором MS Word.

2. ТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕКСТОВОГО РЕДАКТОРА MS WORD

2.1. ИНТЕРФЕЙС MICROSOFT WORD 2010

Данная тема знакомит с интерфейсом Microsoft Word 2010. Представлены основные элементы интерфейса. Знакомство с лентой инструментов. Перечислены вкладки окна Microsoft Word 2010, описаны способы работы с элементами управления: кнопками, списками и др.

Запуск текстового редактора Word

Для запуска текстового редактора Word могут быть рекомендованы следующие способы:

- нажать левой клавишей манипулятора «Мышь» кнопку «Пуск» на панели задач, далее выбрать в меню пункт Программы (Все программы), затем «Microsoft Word»;
- в меню кнопки «Пуск» может находиться позиция «New Office Document», которая позволит запустить нужное приложение в режиме создания нового документа.

Существует еще несколько способов запуска текстового редактора Word для создания нового документа. Одним из самых простых способов запуска редактора является использование пиктограммы редактора MS Word, который выведен на рабочий стол Windows.

Главный элемент пользовательского интерфейса Microsoft Word 2010 представлен в виде **Ленты** (рис. 1), на которой размещаются все основные наборы команд, сгруппированные по темам на отдельных вкладках или группах.

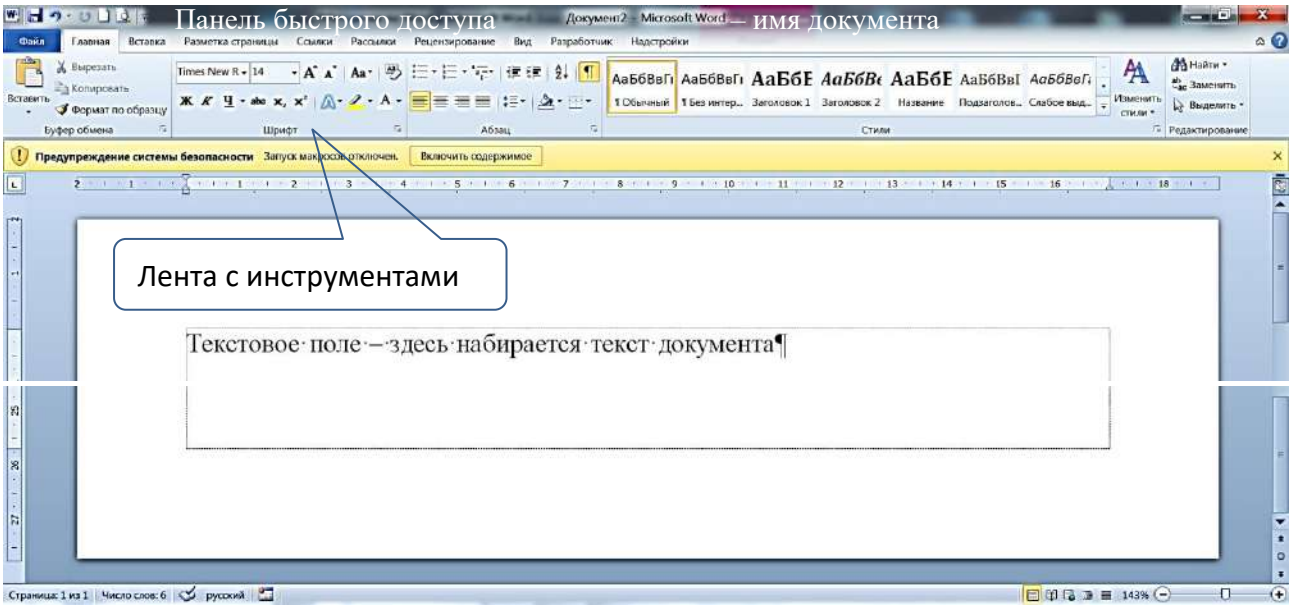


Рис. 1. Рабочее окно Word 2010

Несмотря на то, что часть инструментов скрыта, все они остаются доступны. Достаточно щелкнуть по значку или стрелке кнопки названия группы (рис. 2) и эти элементы тут же отражаются на экране.

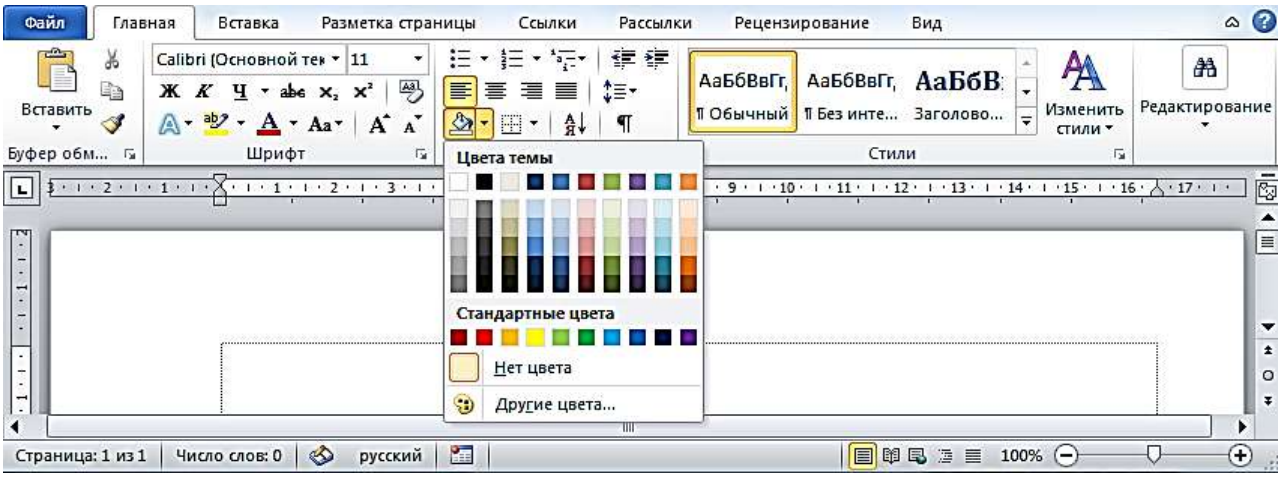


Рис. 2. Пример отображение скрытых элементов ленты вкладки **Главная**

Ленту можно настраивать: переименовывать и изменять последовательность расположения постоянных вкладок, создавать новые вкладки и удалять их, создавать, удалять, изменять расположение групп элементов на вкладках, добавлять и удалять отдельные элементы и др.

Настройка ленты производится в категории **Настройка ленты** окна **Параметры Word** (рис. 3). Для восстановления стандартных настроек ленты достаточно нажать кнопку **Сброс** и выбрать необходимую команду для восстановления выбранной вкладки ленты или для сброса всех изменений ленты.

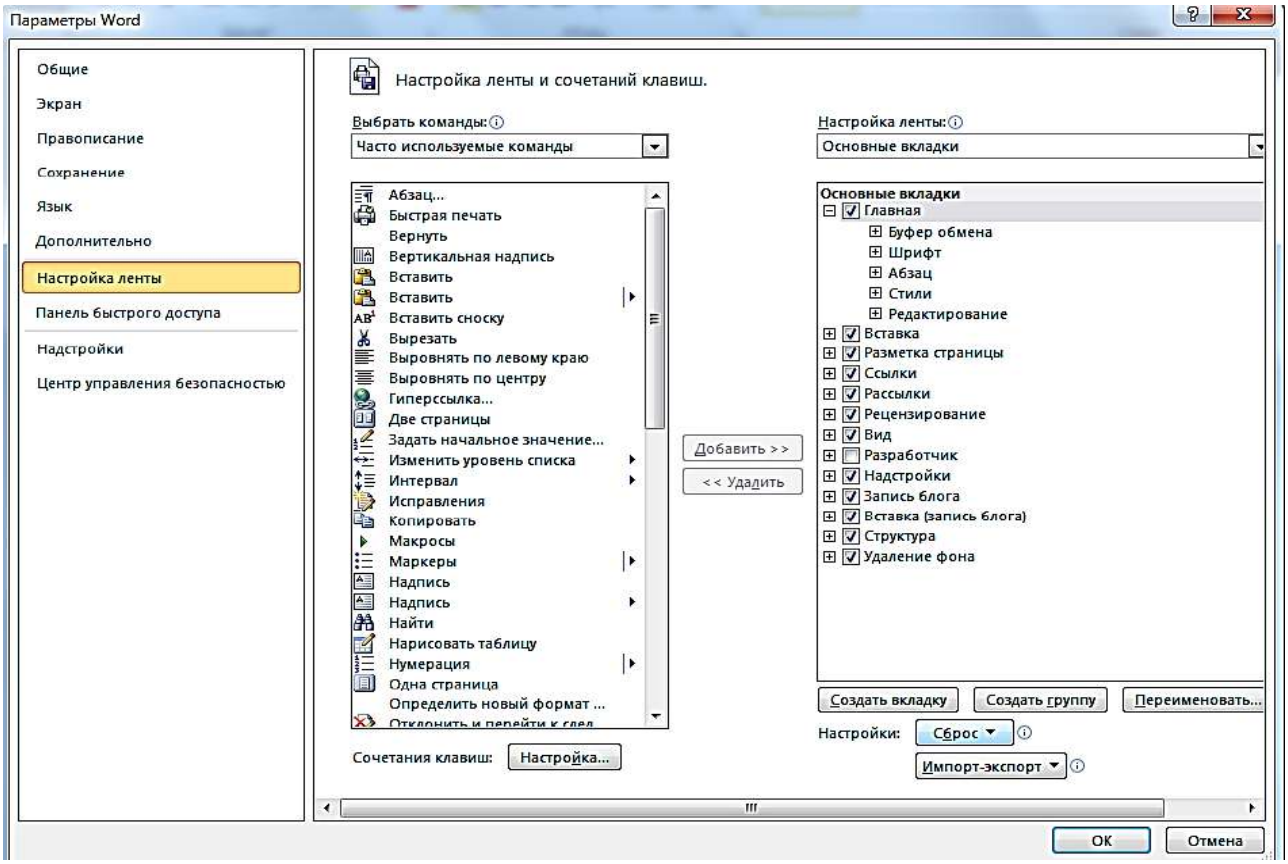


Рис. 3. Настройка ленты

Вкладка – это составляющая часть ленты с командами, сгруппированными по задачам, которые чаще всего выполняются совместно.

При запуске Word 2010 всегда открывается на вкладке **Главная**. По умолчанию в окне отображается восемь постоянных вкладок: Файл, Главная, Вставка, Разметка страницы, Ссылки, Рассылки, Рецензирование, Вид.

Группа – это набор команд, сформированных по принципу наибольшей совместимости. В группах располагаются кнопки для выполнения определенных команд или активации меню.

Вкладка (меню) «**Файл**».

Вкладка **Файл** всегда расположена в ленте первой слева. По своей сути вкладка **Файл** представляет собой меню (рис. 4).



Рис. 4. Вкладка (меню). Файл раздел Сведения

Меню содержит команды для работы с файлами (**Сохранить**, **Сохранить как**, **Открыть**, **Закрыть**, **Последние**, **Создать**), для работы с текущим документом (**Сведения**, **Печать**, **Доступ**), а также для настройки **MS Word** (**Справка**, **Параметры**).

Команды **Сохранить как** и **Открыть** вызывают соответствующие окна для работы с файловой системой.

Команда **Сведения** (см. рис. 4) открывает раздел вкладки для установки защиты документа, проверки совместимости документа с предыдущими версиями Word, работы с версиями документа, а также просмотра и изменения свойства документа.

Команда **Последние** открывает раздел вкладки со списком последних файлов, с которыми работали в Word, в том числе и закрытых файлов (рис. 5).

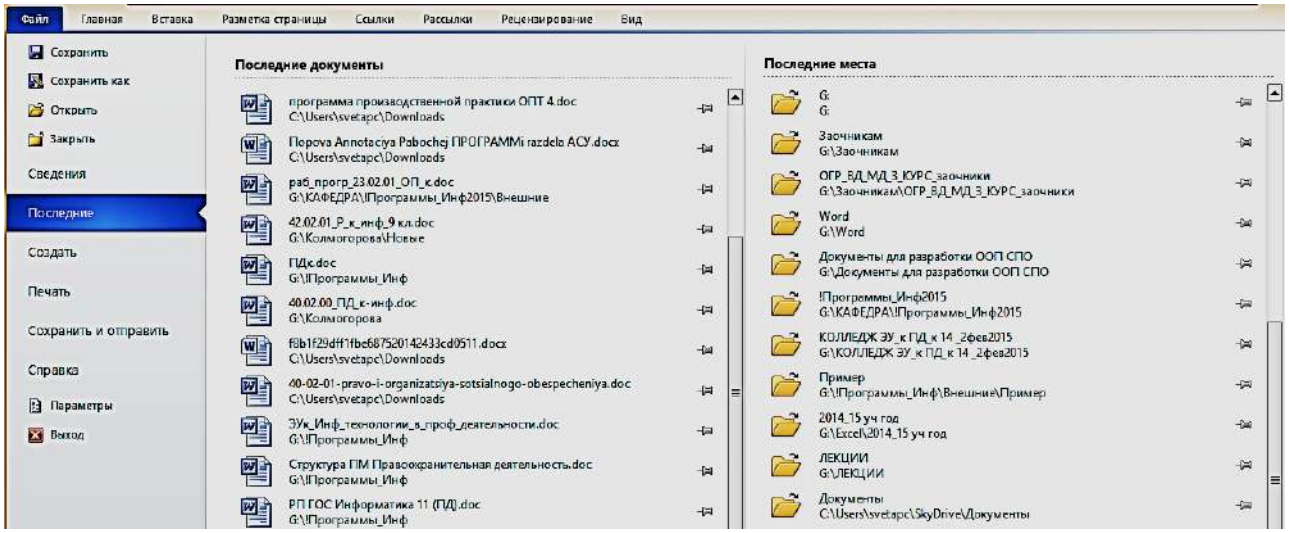


Рис. 5. Вкладка (меню). Файл раздел «Последние»

Команда **Создать** открывает раздел вкладки с шаблонами для создания новых документов (рис. 6).



Рис. 6. Вкладка (меню). Файл раздел «Создать»

Команда **Печать** открывает раздел вкладки для настройки и организации печати документа, а также предварительного просмотра документа (рис. 7).

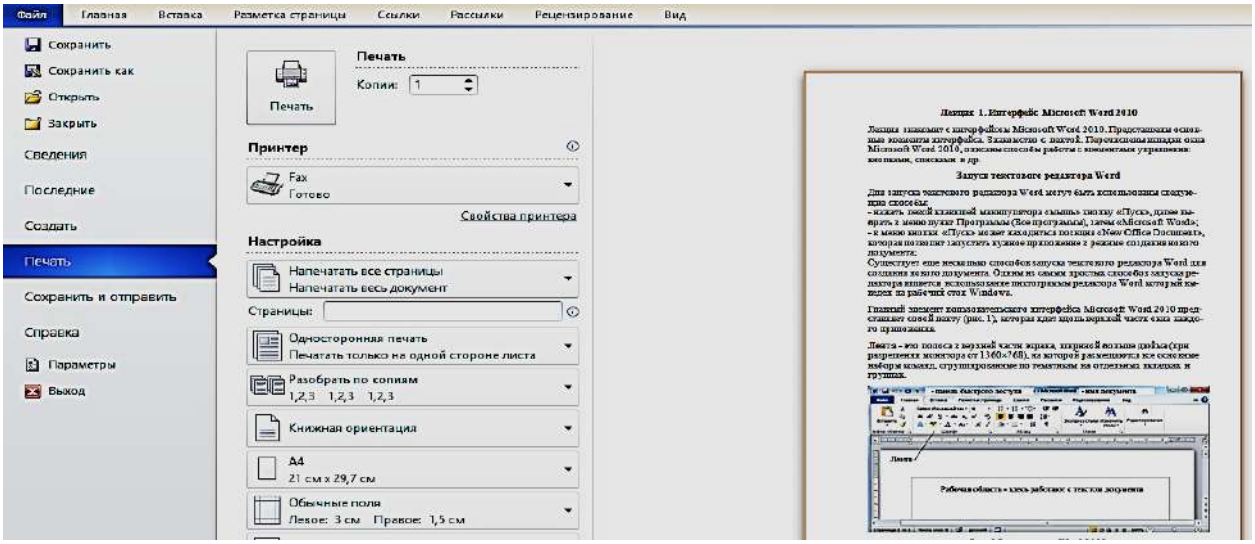


Рис. 7. Вкладка (меню). Файл раздел «Печать»

Команда **Доступ** открывает раздел вкладки для отправки документа по электронной почте, публикации в Интернете или в сети организации и изменения формата файла документа (рис. 8).

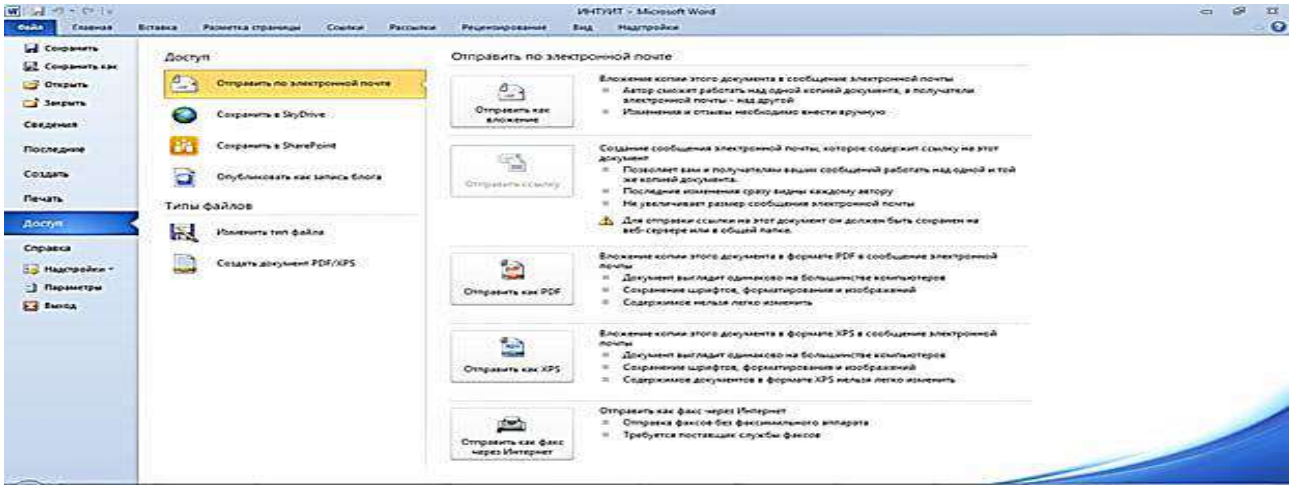


Рис. 8. Вкладка (меню). Файл раздел «Доступ»

Команда **Справка** открывает раздел вкладки для просмотра сведений об установленной версии Microsoft Office, проверки наличия обновлений, настройки параметров Word (рис. 9).

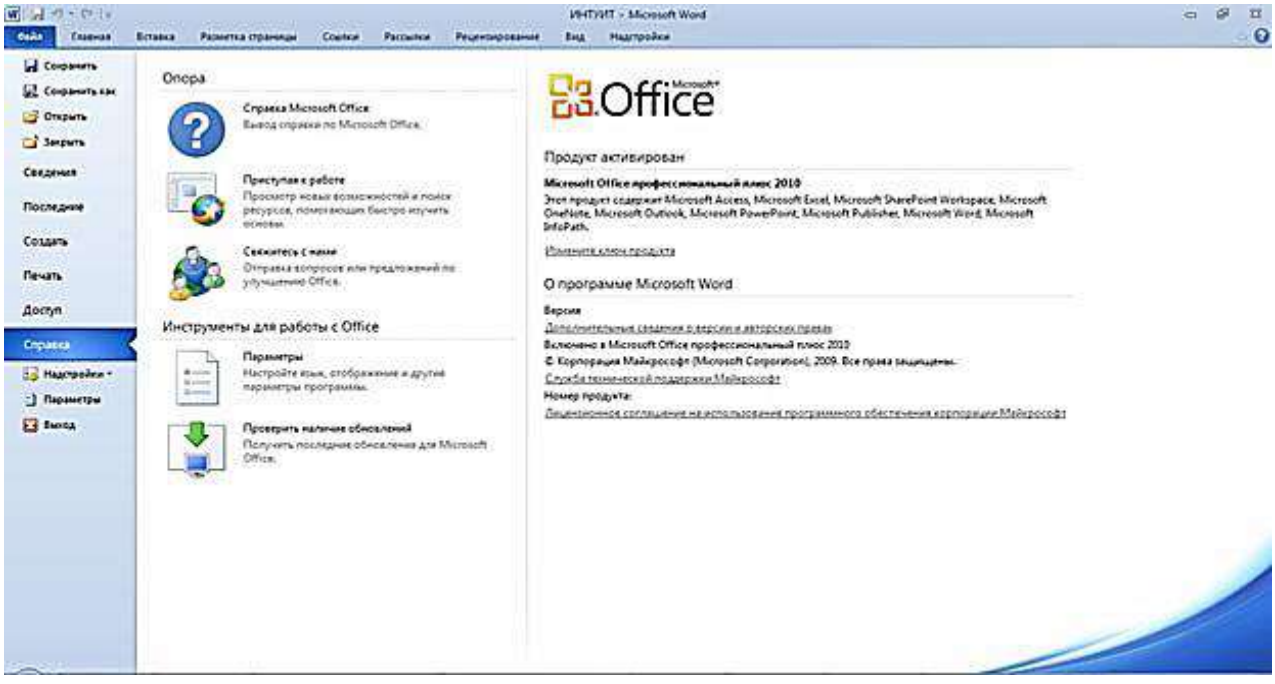


Рис. 9. Вкладка (меню). Файл раздел «Справка»

Команда **Параметры** отображает диалоговое окно **Параметры Word** для настройки параметров **Word**.

Кнопка **Выход** завершает работу с приложением.

2.2. РАБОТА С ФАЙЛАМИ

Открытие файлов Word

Для *открытия файла* выполняются следующие действия:

1. Перейти во вкладку **Файл** и выбрать команду **Открыть** (рис. 11).

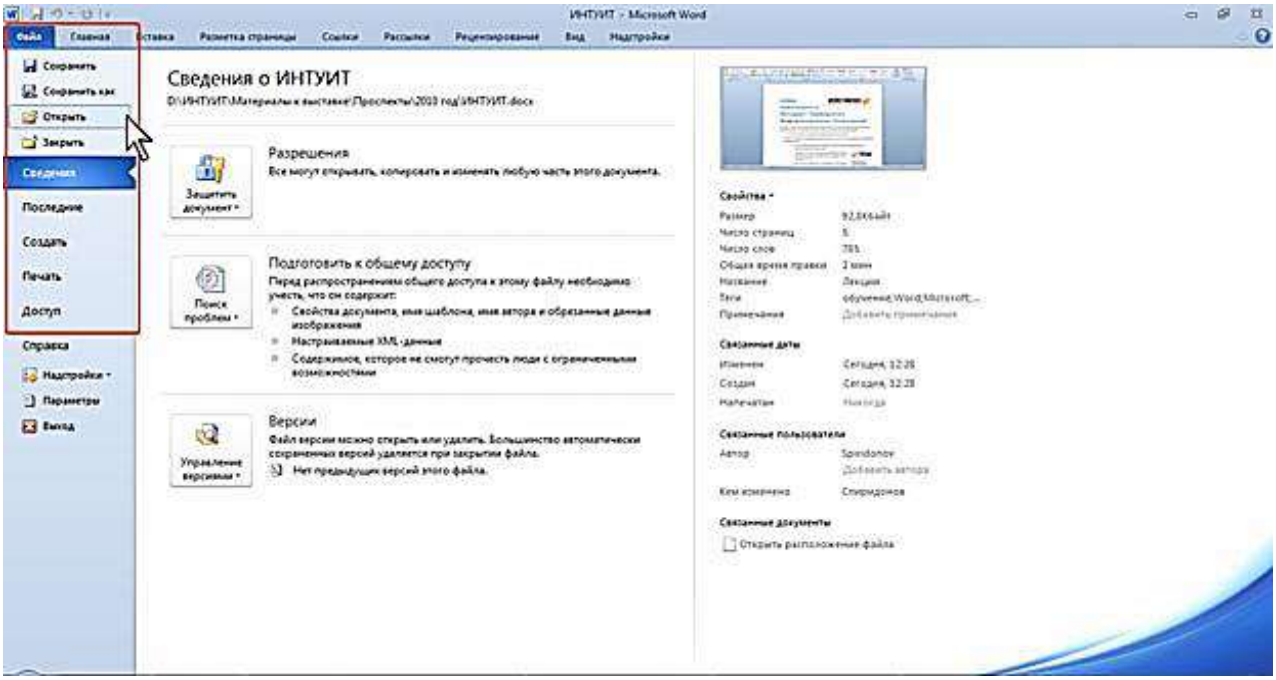


Рис. 11. Открытие файла

2. В окне **Открытие документа** перейти к папке или библиотеке, содержащей нужный файл, и щелкнуть два раза по значку открываемого файла или выделить этот файл и нажать кнопку **Открыть** (рис. 12).

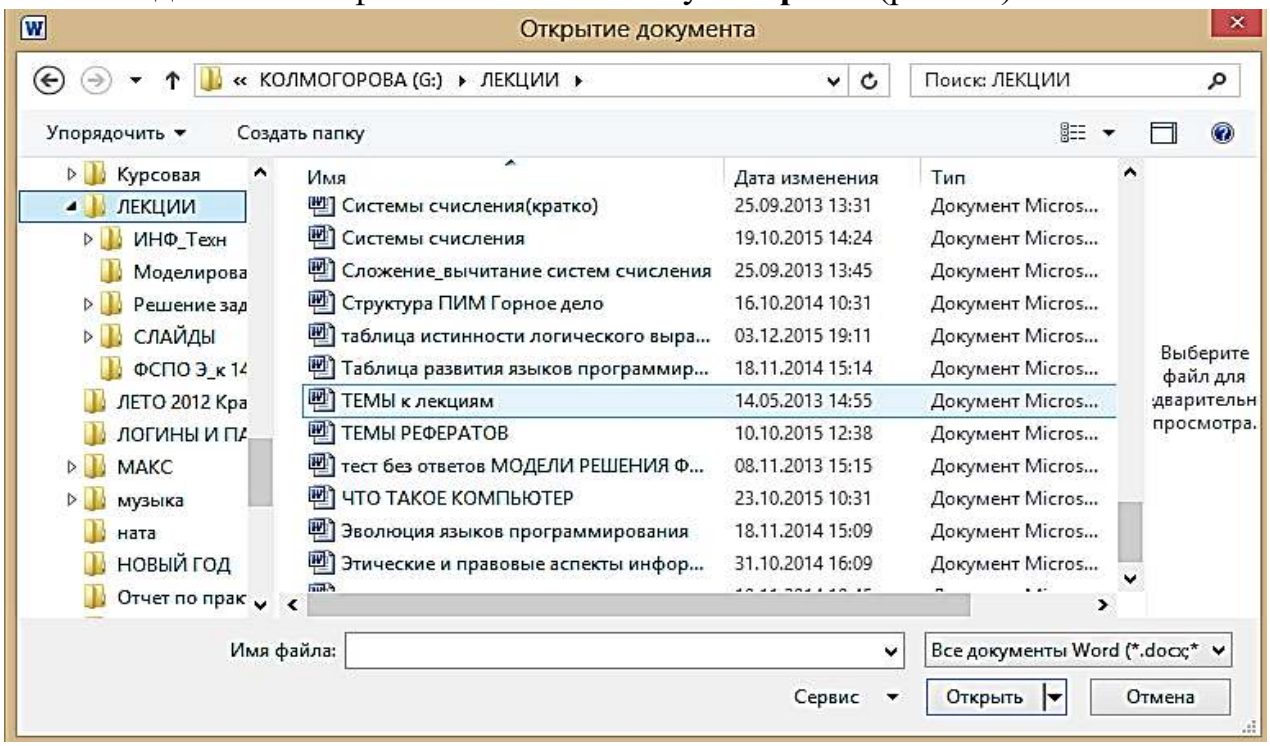


Рис. 12. Выбор открываемого файла

Для *открытия файла* можно также щелкнуть по его значку в окне **Проводника Windows**.

Для открытия одного из последних файлов, с которыми осуществлялась работа в MS Word, можно воспользоваться вкладкой **Файл**.

3. Перейти во вкладку «**Файл**» и выбрать команду «**Последние**». В нем отобразятся последние открытые и сохраненные документы.

4. Щелкнуть левой клавишей мыши по имени открываемого файла.

Открытие файлов других форматов

Word позволяет открывать файлы разных форматов. По умолчанию в окне **Открытие документа** отображаются только файлы MS Word. Чтобы открыть файл другого формата, щелкнуть по кнопке, на которой *указан тип* открываемых файлов, и выбрать необходимый формат или режим **Все файлы** (рис. 13).

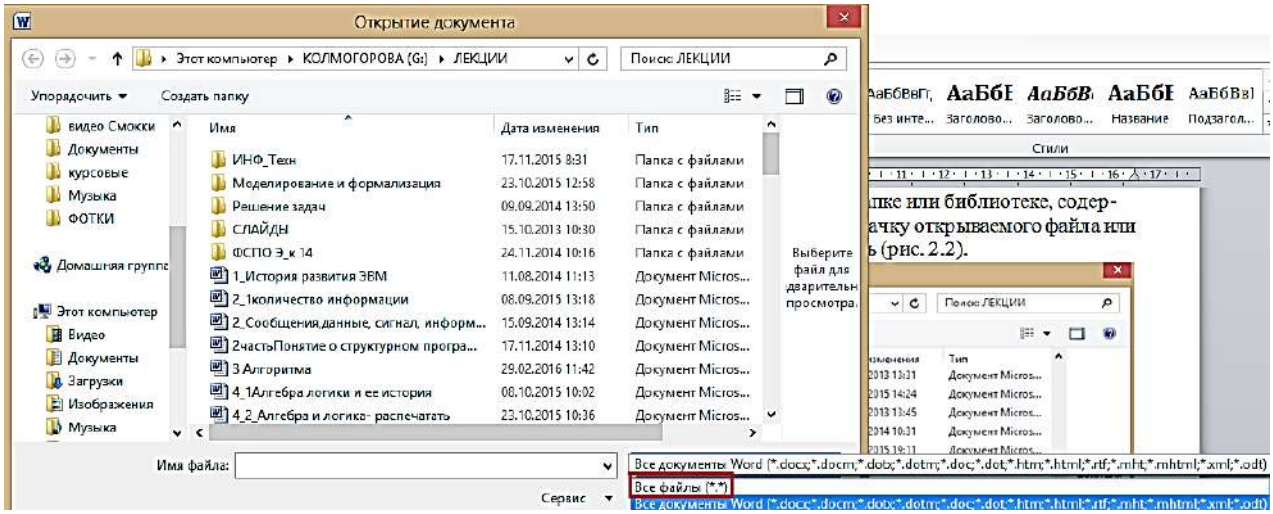


Рис. 13. Выбор типа открываемого файла

Таким образом, например, можно открывать файлы формата **txt** или **rtf**. При открытии *текстовых файлов* формата **txt** может появиться запрос на выбор *кодировки* для преобразования файла.

При открытии в MS Word 2010 документа, созданного в MS Word 2003, MS Word 2002 или MS Word 2000, автоматически включается режим совместимости, а в строке заголовка окна документа отображается надпись **Режим ограниченной функциональности**. Включение режима совместимости гарантирует, что при работе с документом не будут использоваться новые и расширенные возможности MS Word 2010, и пользователи более ранних версий, Microsoft Word смогут редактировать любую часть этого документа.

Следует отметить, что в режиме совместимости можно открывать, редактировать и сохранять документы Word 97-2003, но использование новых возможностей текстового редактора Word 2010 будет ограничено.

Создание документов

Новый документ создается автоматически сразу после запуска Ms Word.

Новый незаполненный документ или документ на основе шаблона можно создать в процессе работы:

1. Перейти во вкладку Файл и выбрать команду «Создать», после чего отображается раздел «Создать».

2. Для создания нового незаполненного документа дважды щелкнуть по значку «Новый документ» или выделить этот значок и нажать кнопку «Создать».

3. Для создания документа на основе шаблона, установленного на компьютере, щелкнуть по значку «Образцы шаблонов» (рис. 14). Прокручивая список, выбрать нужный шаблон и дважды щелкнуть по его значку или выделить этот значок и нажать кнопку «Создать». Для возврата в начало раздела «Создать» нажать кнопку «Домой».

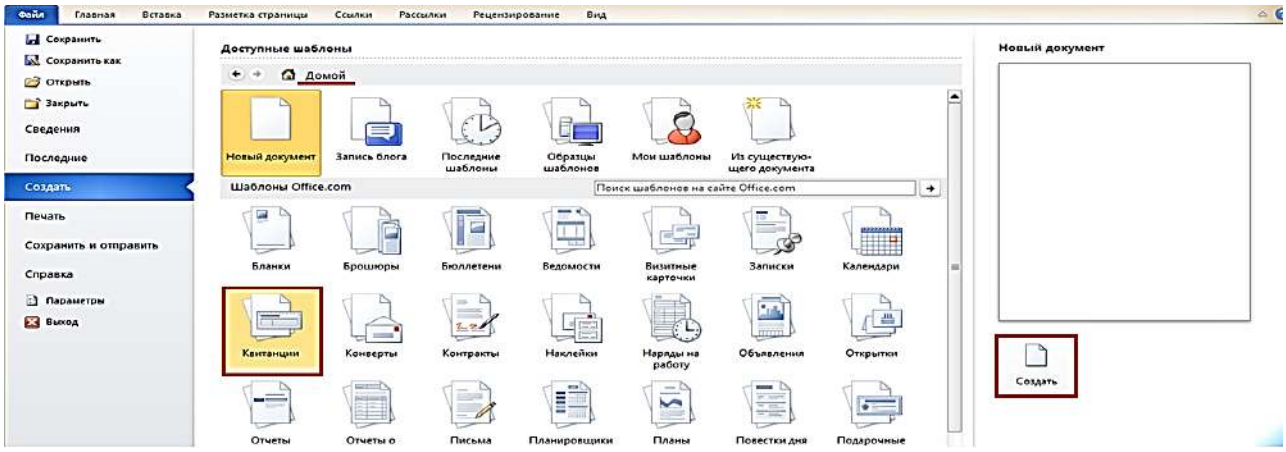


Рис. 14. Создание документа на основе установленного шаблона

4. При наличии подключения к *Интернету* можно обратиться к шаблонам, расположенным на *сайте Microsoft Office*. В разделе «Шаблоны» Office.com (рис. 15) щелкнуть по значку нужной группы шаблонов и дождаться, пока они загрузятся. Прокручивая список, выбрать нужный шаблон и дважды щелкнуть по его значку или выделить этот значок и

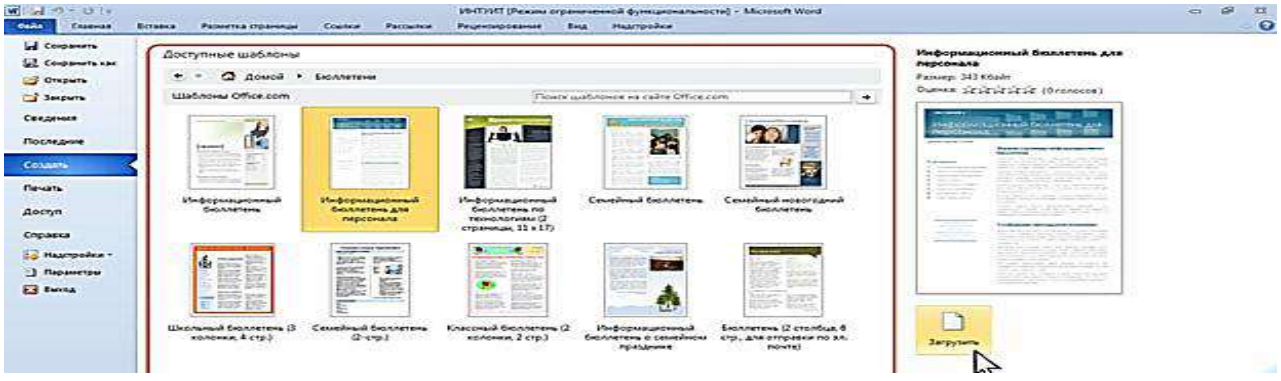


Рис. 15. Создание документа на основе шаблона с сайта Microsoft Office

5. Для создания документа на основе одного из ранее использованных шаблонов щелкнуть по значку «Последние шаблоны» (рис. 16). Выбрать нужный шаблон и дважды щелкнуть по его значку или выделить этот значок и нажать кнопку «Создать» или «Загрузить».



Рис. 16. Создание документа на основе недавно использовавшихся шаблонов

Сохранение файлов

Сохранение изменений в существующем файле

Для *сохранения изменений* в существующем файле достаточно нажать кнопку «Сохранить» в панели быстрого доступа.

Сохранение изменений в виде нового файла

Для сохранения нового документа в виде файла или существующего документа в виде нового файла (с другим именем и/или в другой папке) выполнить следующие действия:

1. Перейти во вкладку «Файл» и выбрать команду «Сохранить как» (рис. 17).

2. В окне «Сохранение документа» перейти к нужной папке.

3. В поле «Имя файла» ввести (при необходимости) *имя файла* (расширение имени вводить не следует) и нажать кнопку «Сохра-

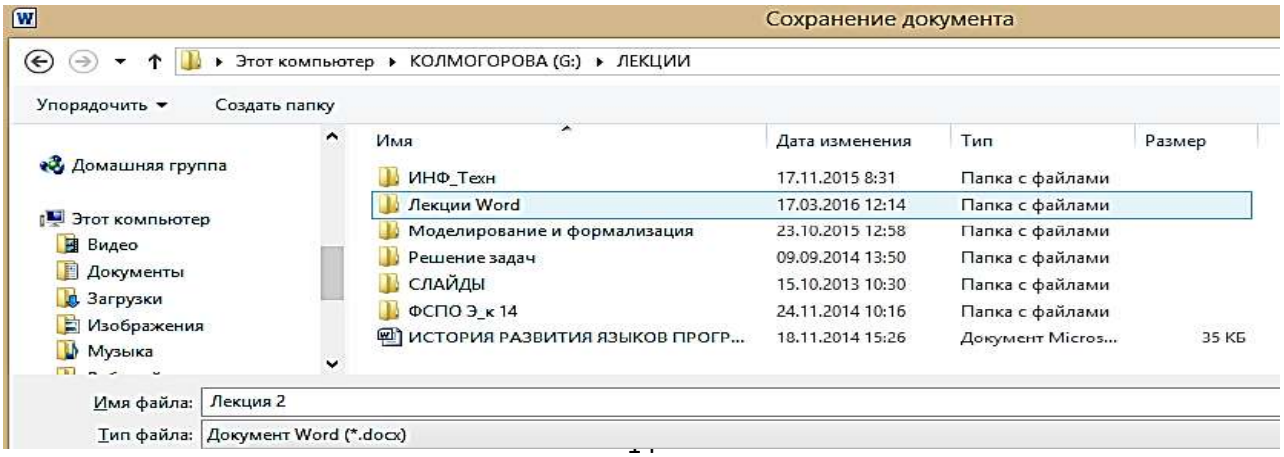


Рис. 17. Сохранение файла

2.3. РАБОТА С ДОКУМЕНТОМ

Выбор режима просмотра документа

Выбрать режим просмотра документа можно при работе в любой вкладке Ms Word 2010. Ярлыки режимов просмотра документа обычно расположены в правой части строки состояния (рис. 18).

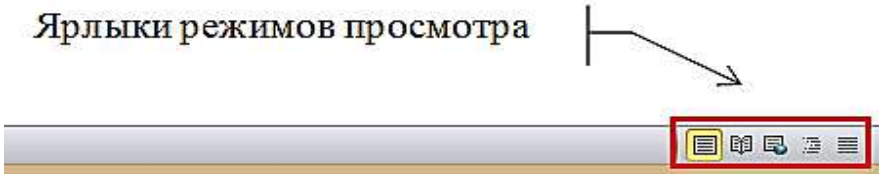


Рис. 18. Ярлыки выбора режима просмотра документа

Так же можно переключаться между режимами просмотра документа во вкладке «Вид». Группа «Режимы просмотра документа». Они содержит кнопки для выбора основных режимов (рис. 19).

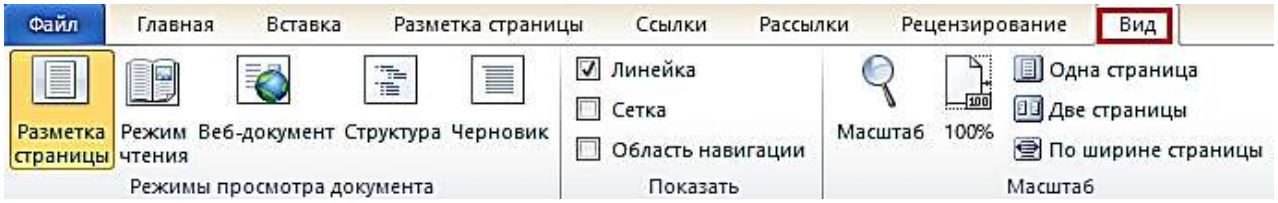


Рис. 19. Кнопки выбора режима просмотра документа

Наиболее часто используемый режим просмотра документа – **Разметка страницы**. В этом режиме положение текста, таблицы, рисунка и др. элементов отображаются в таком виде, в каком они будут размещены на печатной странице. Режим разметки удобно использовать и при создании документа, и для окончательного оформления документа, в том числе, для изменения колонтитулов и полей, а также работы с колонками текста (газетный текст) и с графическими объектами. Именно этот режим устанавливается по умолчанию в Ms Word 2010.

Режим **Черновик** удобен для ввода, редактирования и оформления текста. В этом режиме *форматирование* текста отображается полностью, а разметка страницы – в упрощенном виде, что ускоряет ввод и редактирование текста. Границы страниц, колонтитулы, сноски, фон, а также графические объекты, для которых не установлено обтекание **В тексте**, в этом режиме не показываются.

Режим **Веб-документ** обеспечивает представление документа в том виде, который будет изображен при просмотре в Web-обозревателе, а также для отображения *электронных документов*, предназначенных только для просмотра на экране. В этом режиме отображается фон, текст переносится по границе окна, а рисунки занимают те же *позиции*, что и в окне Web-обозревателя.

Режим чтения предназначен для чтения документа на экране компьютера. В этом режиме можно также отображать документ в том виде, в каком он будет выведен на *печать*. Здесь можно и редактировать текст, делать пометки, добавлять примечания, работать в режиме записи исправлений.

Изменение масштаба отображения документа

Изменять масштаб отображения документа можно при работе в любой вкладке Ms Word 2010. Для этого надо Щелкнуть по кнопке со знаком « + » (плюс) – для увеличения масштаба, или по кнопке со знаком « – » (минус) – для уменьшения текстового поля на экране (рис. 20). Масштаб можно также изменять перетаскиванием ползунка линейки масштаба.

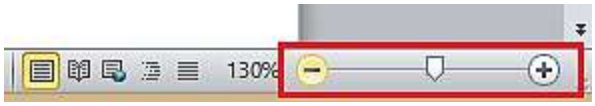


Рис. 20. Изменение масштаба отображения документа

Минимальный масштаб отображения – 10 %, максимальный – 500 %.

Масштаб отображения документа можно изменять также во вкладке **Вид**. Для этого в группе **Масштаб** следует нажать нужную кнопку: **100 %**, **Одна страница**, **Две страницы** или **Ширина страницы.**

Нажав кнопку **Масштаб** в диалоговом окне **Масштаб** (рис. 21), можно установить требуемый масштаб отображения документа.

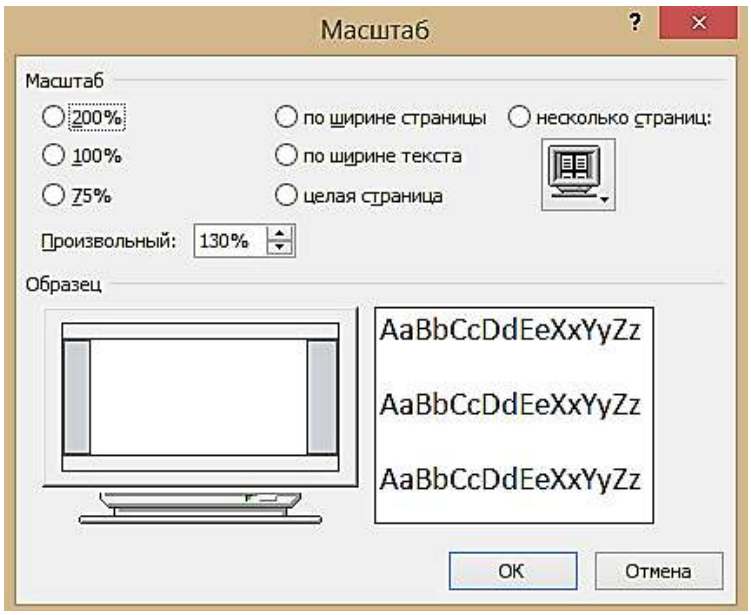


Рис. 21. Изменение масштаба отображения документа
в диалоговом окне «Масштаб»

Отмена и возврат действий

При работе в Ms Word существует возможность отмены действий, выполненных при работе с документом. Для отмены последнего выполненного действия нажать кнопку **Отменить** в **Панели быстрого доступа** 

Можно отменить сразу несколько последних действий:

1. Щелкнуть по стрелке кнопки **Отменить.**

2. Выбрать действие, начиная с которого следует отменить все действия, расположенные выше в списке (рис. 22).

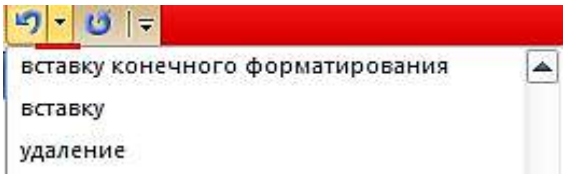


Рис. 22. Отмена нескольких действий

Возврат действий

Отмененные действия можно вернуть. Для возврата последнего отмененного действия нажать кнопку **Вернуть** в **Панели быстрого доступа**. Для возврата нескольких действий несколько раз нажать кнопку **Вернуть**.

Если все отмененные действия были возвращены, кнопка **Вернуть** заменяется на кнопку **Повторить**

2.4. СОЗДАНИЕ ТЕКСТА

Ввод текста в документ

При вводе и редактировании текста с клавиатуры следует придерживаться определенных правил и рекомендаций.

Текст следует вводить в ту *позицию*, где «мигает» текстовый *курсор*.

Ms Word 2010 допускает свободный ввод текста. Это означает, что в любом месте пустой страницы можно дважды щелкнуть левой кнопкой *мыши*, после чего будет произведено некоторое автоматическое *форматирование* и текстовый *курсор* будет зафиксирован в этом месте. Именно с этого места и следует далее вводить текст.

Несмотря на возможность свободного ввода, чаще всего ввод текста начинают от левого края страницы.

Переход на новую строку произойдет автоматически, как только будет заполнена текущая строка. Не следует использовать клавишу Enter для перехода к новой строке. Для принудительного перехода к новой строке без образования нового абзаца надо нажать комбинацию клавиш Shift + Enter. В документ будет вставлен непечатаемый знак – разрыв строки.

Переход на новую страницу произойдет автоматически, как только будет заполнена текущая страница. Нельзя использовать клавишу Enter для перехода к новой странице. Для принудительного перехода к новой странице нажать комбинацию клавиш Ctrl + Enter. В документ будет вставлен непечатаемый знак – разрыв страницы.

Между словами ставится один *пробел*. При выравнивании текста *Word* может изменять ширину пробелов между словами. Если требуется, чтобы величина какого-либо пробела не изменялась или по этому пробелу не было перехо-

да на новую строку, вместо клавиши «Пробел» следует набрать комбинацию клавиш «Ctrl + Shift + Пробел». В документ будет вставлен непечатаемый знак – неразрывный *пробел*.

Нельзя расставлять переносы в словах с использованием клавиши дефис (-). При необходимости переносы расставляются автоматически во всем документе.

Нельзя использовать клавишу «Пробел» для получения абзацного отступа («красной строки») или выравнивания текста по ширине страницы.

Знаки препинания **. , : ; ! ?** пишутся слитно со словом, за которым следуют эти символы.

В тексте после знаков препинания **. , : ; ! ?** ставится *пробел*, за исключением тех случаев, когда этими знаками заканчивается абзац.

Перед знаками « » ([{ ставится *пробел*. Следующее за этими ми *слово* пишется без пробела.

Знаки « »)] } пишутся слитно со словом, за которым они следуют. После этих знаков ставится *пробел*, за исключением тех случаев, когда ставятся знаки препинания, которые пишутся слитно со словом, за которым следуют.

Знак дефиса (-) пишется слитно с предшествующей и последующей частями слова.

Для образования знака тире (–) после слова ставится *пробел*, затем дефис, затем еще *пробел* и продолжите ввод текста. После ввода следующего слова знак дефиса автоматически преобразуется в тире (–). Для ввода знака тире можно использовать также комбинацию клавиш Ctrl + - (минус на цифровой клавиатуре). Для ввода знака длинного тире (—) следует нажать комбинацию клавиш «Alt + Ctrl + - » (минус на цифровой клавиатуре).

Неправильно введенный символ можно удалить. Для удаления символа, стоящего справа от текстового *курсора*, надо нажать клавишу ры Delete, а для удаления символа, стоящего слева от *курсора,* – шу Back Space (←). Комбинация клавиш клавиатуры Ctrl + Delete удаляет текст от *курсора* вправо до ближайшего пробела или знака препинания. Комбинация Ctrl + Back Space удаляет текст от *курсора* влево до ближайшего пробела или знака препинания.

Вставка специальных символов

При вводе текста часто приходится использовать символы, которых нет на клавиатуре. Это могут быть:

- математические символы, например, √ | ∞ | ∫ | ≈ | ≠ | ≤ | ≥ ;
- буквы греческого алфавита, например, | α | β | γ | δ | ε | ζ | η | θ | ι ;
- буквы с надбуквенными значками, например, Ü | Ÿ | Þ | ß | à | á ;
- или просто символы – картинки, например, ✂ | ✍ | 🕭 | 🕮 | 🕯 | ☎ .

Во вкладке **Вставка** в группе **Символы** щелкнуть по кнопке **Символ**. Затем щелкнуть по нужному символу. Если в открывшемся списке нужного символа нет, выбрать команду **Другие символы** (рис. 23).

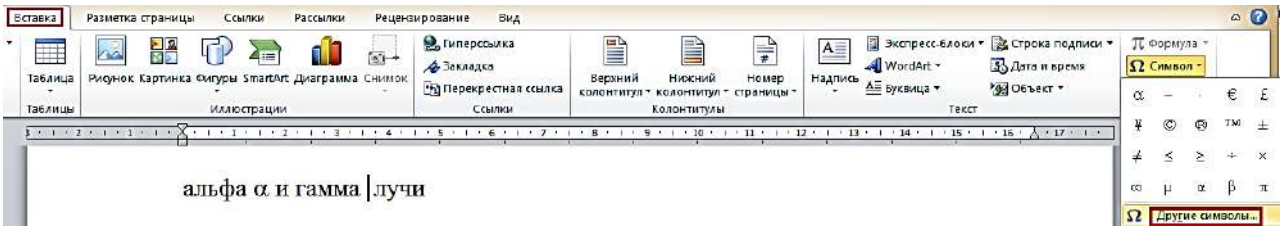


Рис. 23. Вставка специальных символов

Вставка даты и времени

Установить *курсор* в позицию вставки даты и/или времени и во вкладке **Вставка** в группе **Текст** нажать кнопку **Вставка/Дата и время** (рис. 23). В *диалоговом окне* **Дата и время** выбрать язык и формат вставляемых данных.

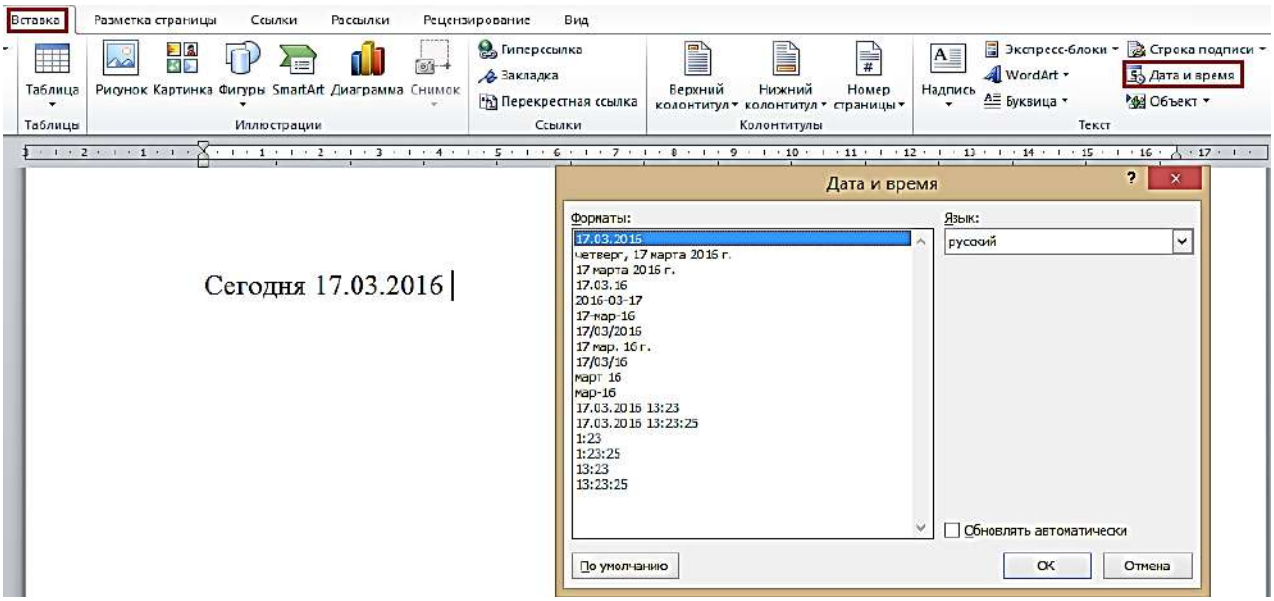


Рис. 23. Вставка в документ даты и/или времени

Если перед вставкой в *диалоговом окне* **Дата и время** установить флажок **Обновлять автоматически**, то дата и время, вставленные в документ, будут обновляться каждый раз при открытии документа.

Автоматически обновляемые дата и/или время вставляются в документ как специальное *поле*. Если требуется обновить дату и время уже после открытия документа, следует поставить *курсор* на это *поле* и нажать клавишу клавиатуры **F9**. При установке *курсора «поле»* обычно затеняется серым цветом. Это выделение не отображается при печати документа. При перемещении *курсора* за пределы этого поля затенение обычно автоматически снимается.

Добавление титульной страницы в документе

К документу можно добавить специально оформленную титульную (первую) страницу.

Во вкладке **Вставка** в группе **Страницы** щелкнуть по кнопке **Титульная страница** и в появившемся списке выбрать один из предлагаемых вариантов (рис. 24).



Рис. 24. Выбор титульной страницы

Добавляемая страница может иметь рисунки и др. графические объекты, а также подсказки с указанием вводимой информации.

Некоторые поля титульной страницы заполняются автоматически, при этом информация берется, например, из свойств файла. Некоторые поля надо заполнять самостоятельно.

При заполнении полей не обязательно следовать указанным в них подсказкам. Можно изменять содержимое автоматически заполненных полей. Незаполненные поля оставлять нельзя; их следует удалить.

Содержимое полей можно оформлять как обычный текст. На титульную страницу можно добавлять текст, таблицы, графические объекты.

Для удаления титульной страницы во вкладке «Вставка» в группе «Страницы» щелкнуть по кнопке «Титульная страница» и в появившемся меню выбрать команду «Удалить текущую титульную страницу».

Добавление оглавления

Для создания оглавления *заголовки* в тексте документа должны быть выделены соответствующим образом. Проще всего для этого при оформлении заголовков использовать стили типа **Заголовок 1**, **Заголовок 2**, **Заголовок 3** и т. д.

Во вкладке **Ссылки** в группе **Оглавление** щелкнуть по ке «Оглавление» и в появившемся списке выбрать один из предлагаемых вариантов автособираемого оглавления (рис. 25). По умолчанию в Оглавление включаются заголовки, оформленные стилями Заголовок 1 – Заголовок 3.

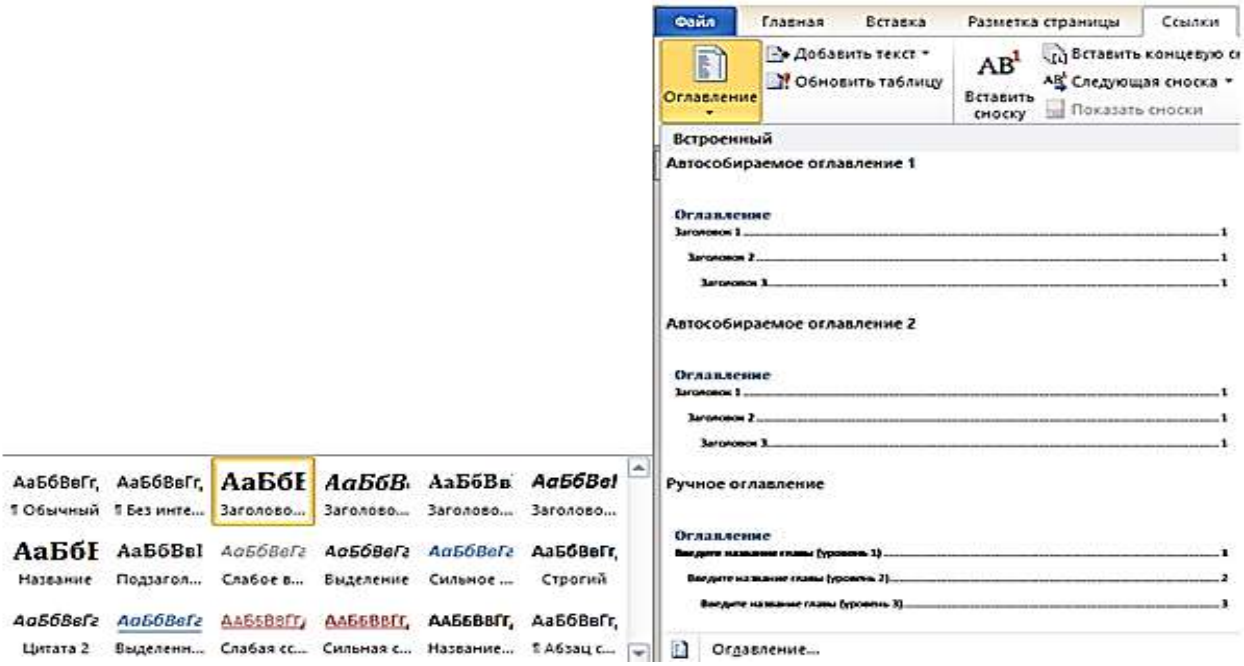


Рис. 25. Выбор стиля заголовка и типа оглавления

Оглавление вставляется как специальное поле. При наведении указателя мыши оглавление затеняется бледным фоном. При печати документа этот фон не отображается. Можно настроить параметры создаваемого оглавления. Во вкладке **Ссылки** в группе **Оглавление** щелкнуть по кнопке **Оглавление** и в появившемся *меню* выбрать команду **Оглавление**. В *диалоговом окне* **Оглавление** выбрать и установить требуемые параметры. Можно, например, выбрать другой заполнитель или уровни заголовков, включаемые в оглавление (рис. 26).

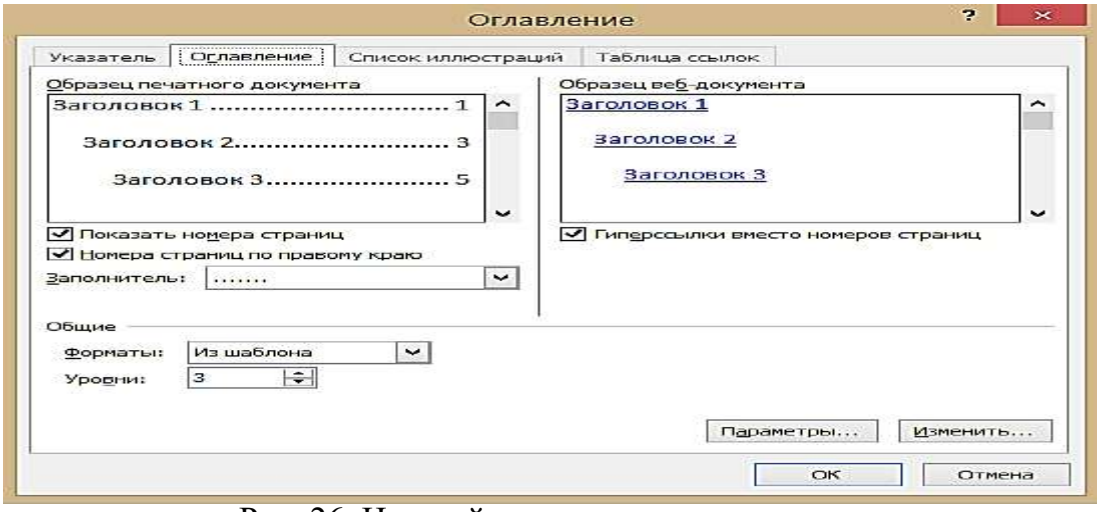


Рис. 26. Настройка параметров оглавления

Если в документе произведены изменения, оглавление следует обновить:

1. Во вкладке **Ссылки** в группе **Оглавление** нажать ку **Обновить таблицу**. Если *курсор* находится в оглавлении и отобра-

жается рамка оглавления, можно нажать кнопку **Обновить таблицу**, расположенную в верхней части рамки.

2. В окне запроса на обновление оглавления выбрать требуемый режим. Для удаления оглавления во вкладке **Ссылки** в группе **Оглавление** щелкнуть по кнопке **Оглавление** и в появившемся *меню* выбрать команду **Удалить оглавление.**

2.5. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТА

Работа с текстом

Выбор языка

Выбор языка текста определяет возможность автоматической проверки правописания и расстановку переносов.

В Ms Word 2010 выбор языка обычно производится автоматически в зависимости от используемой раскладки клавиатуры. При вводе текста в русской раскладке устанавливается русский язык, при вводе текста в английской раскладке – английский (США).

При необходимости, язык текста можно установить самостоятельно:

1. Выделить весь документ или его *фрагмент*.

2. Во вкладке **Рецензирование** в **ние** нажать кнопку **Язык** и в появившемся меню выбрать ду **Язык проверки правописания** (рис. 27).

3. В *диалоговом окне* **Язык** выбрать нужный язык.

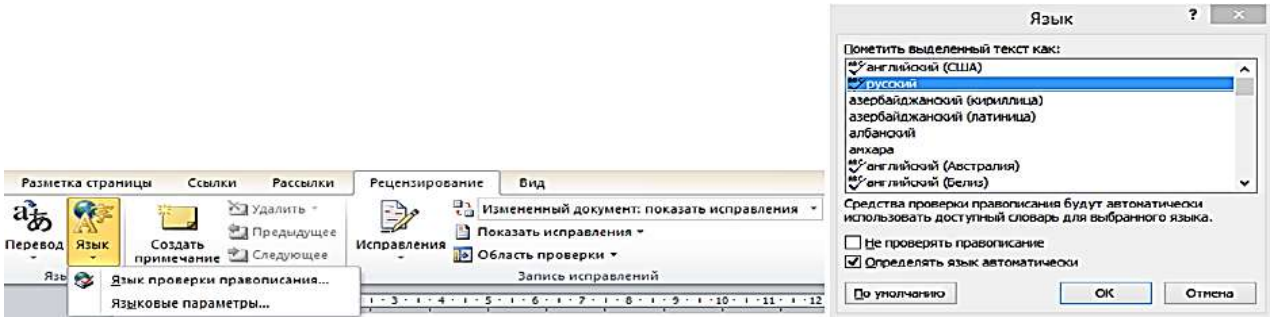


Рис. 27. Выбор языка проверки правописания

Расстановка переносов

Переносы в словах не следует расставлять с использованием клавиши клавиатуры - (дефис).

Переносы расставляются сразу во всем документе. Выделять какой-либо отдельный *фрагмент* не следует.

Во вкладке **Разметка страницы** в группе **Параметры страницы** щелкнуть по кнопке **Расстановка переносов** и в появившемся меню выбрать режим **Авто** (рис. 28).

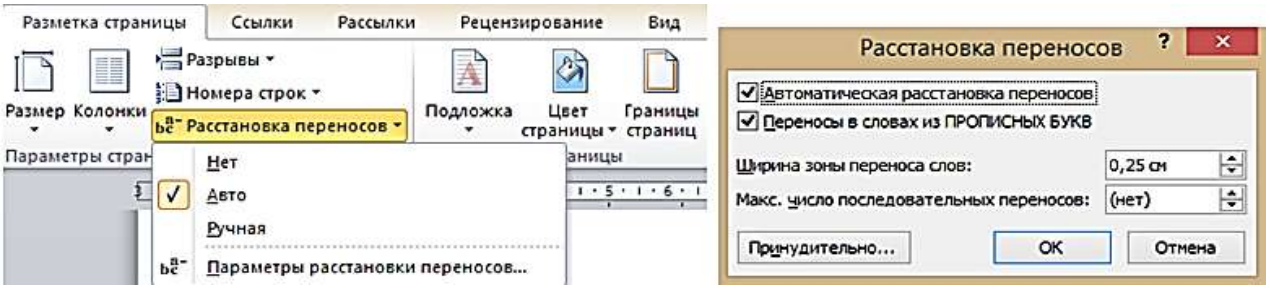


Рис. 28. Автоматическая расстановка переносов

Можно запретить расстановку в некоторых *фрагментах* документа, например, в заголовках:

1. Выделить *фрагмент* документа, в котором запрещаются переносы.

2. Во вкладке **Главная** или **Разметка страницы** щелкнуть по значку группы **Абзац**.

3. Во вкладке **Положение на странице** *диалогового окна* **Абзац** установить флажок **запретить автоматический перенос слов.**

Проверка правописания

При вводе текста Ms Word 2010 обычно автоматически проводит проверку правописания (орфографию и *грамматику*).

Можно настроить основные параметры такой проверки:

1. Перейти во вкладку **Файл** и выбрать команду **Параметры**.

2. В *диалоговом окне* **Параметры Word** перейти в рию **Правописание**.

3. Установить параметры проверки орфографии и грамматики. На рис. 29 показаны параметры, рекомендуемые для большинства случаев.

Проверку правописания можно производить как при вводе текста, так и после ввода текста сразу во всём документе.

Правописание можно проверять для всех языков, для которых имеется такая возможность. По умолчанию в Word 2010 – это русский, английский, немецкий, и украинский. Можно добавить и др. языки.

Проверка орфографии ведется путем сравнения слов в документе со словами, имеющимися в основном и вспомогательных словарях *Microsoft Office* 2010.

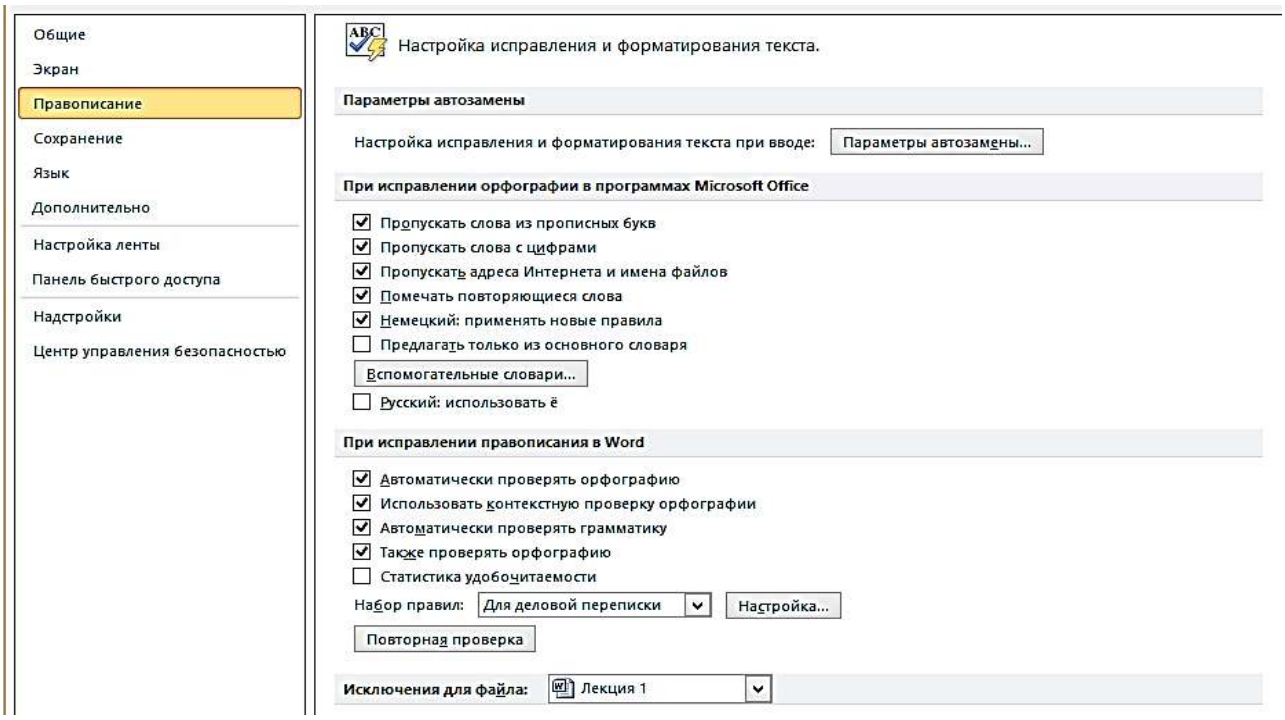


Рис. 29. Настройка проверки правописания

Таким образом, фактическая опечатка или ошибка могут быть не замечены, если такое слово отсутствует в словарях. Например, если вместо слова «страница» будет написано «станица» или «странница», Word не определит это как ошибку. С другой стороны, правильно написанные слова, отсутствующие в словарях, будут определены как ошибочные. Обычно это касается специальных терминов и собственных имен.

Проверка грамматики и стилистики производится на основе правил, заложенных в Word 2010. Выбрать набор правил можно в окне настройки параметров проверки правописания в раскрывающемся списке **Набор правил**. Нажав кнопку **Настроить**, можно просмотреть и изменить набор правил.

Необходимо отметить, что проверка правописания средствами Word 2010 не исключает необходимости тщательной проверки правописания документа самим пользователем.

Проверка правописания при вводе текста

При вводе текста в документе красной волнистой линией подчеркиваются слова, в которых есть орфографические ошибки, а также повтор одного и того же слова. Зеленой волнистой линией подчеркнуты слова, знаки препинания,

фрагменты предложений и целые предложения, в которых есть грамматические и стилистические ошибки, а также ошибки в расстановке знаков препинания.

Для исправления орфографической ошибки надо щелкнуть правой кнопкой мыши по подчеркнутому слову и в контекстном меню выбрать правильный вариант написания слова.

Проверка правописания во всём документе

Документ может содержать ранее не исправленные или не замеченные ошибки. Это может быть текст, скопированный из какого-либо внешнего источника. Для того чтобы не искать *фрагменты* текста, подчеркнутые красными и зелеными волнистыми линиями, следует запустить проверку правописания во всем документе:

1. Во вкладке **Рецензирование** в группе **Правописание** нажать кнопку **Правописание**.

2. При обнаружении орфографической или грамматической ошибки появится диалоговое окно **Правописание**. В заголовке окна будет указан также язык проверки (рис. 30).

3. Для орфографических ошибок в верхней части *диалогового окна* **Правописание** выводится *фрагмент* текста с ошибочным словом, выделенным красным цветом. В нижней части окна могут быть приведены правильные варианты написания слова. Для грамматических и стилистических ошибок в верхней части *диалогового окна* **Правописание** выводится предложение с ошибкой. В нижней части окна могут быть приведены грамматические замечания или рекомендации по исправлению ошибки.

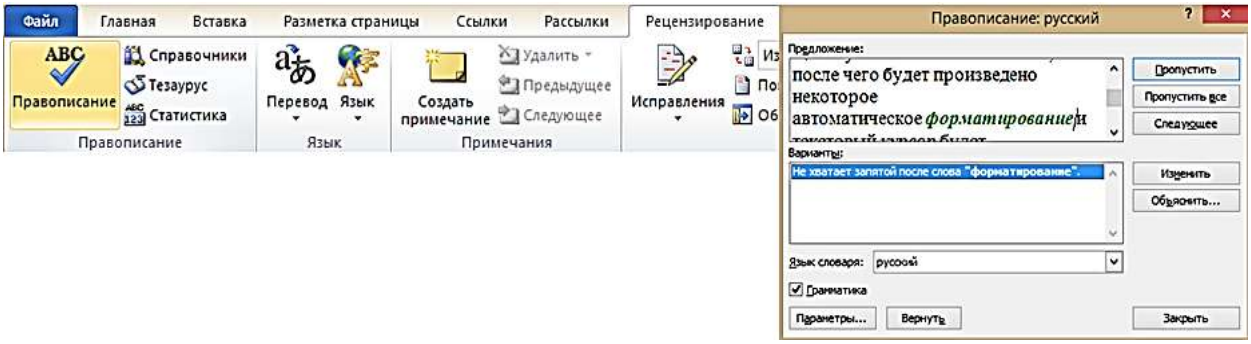


Рис. 30. Выявленная орфографическая ошибка

4. Для исправления орфографической ошибки нужно выбрать правильный вариант написания и нажать кнопку «Заменить» или «Заменить все». Для исправления грамматической ошибки – нажать кнопку «Изменить».

5. Если в нижней части окна нет правильных вариантов написания слова или конкретной грамматической рекомендации, то ошибку следует исправлять

самостоятельно. Это можно сделать в верхней части окна, после чего, в зависимости от вида ошибки, необходимо нажать кнопку **Заменить**, **Заменить все** или **Изменить**.

Добавление слов в словарь

Слово в тексте может быть написано правильно, но оно отсутствует в словаре Word 2010 и потому выделяется как ошибочное. Чтобы это не повторялось, слово следует добавить во вспомогательный словарь.

При проверке правописания при вводе текста в контекстном меню выбрать команду **Добавить в словарь**. При проверке правописания во всем документе, для добавления слова в словарь нажать кнопку **Добавить**.

Поиск текста

В документе может потребоваться найти какое-либо слово или текст:

Во вкладке Главная в группе Редактирование нажать кнопку Найти, после чего в окне появится Область навигации (рис. 31).

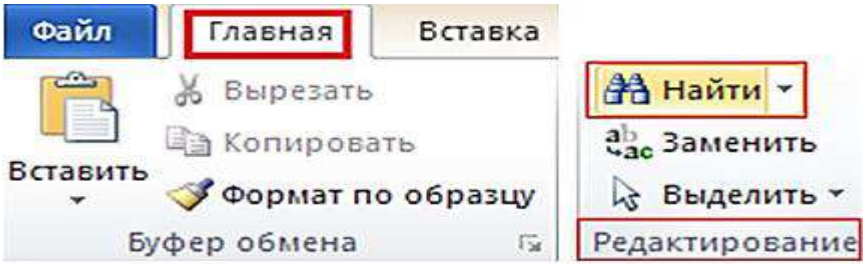


Рис. 31. Область навигации

1. Щелкнуть мышью в поле поиска в верхней части Область навигации и начать вводить текст для поиска. Поиск производится в режиме реального времени, т. е. по мере ввода текста. Например, достаточно ввести одну букву и в документе эта буква будет выделена желтым фоном. После ввода следующей буквы искомого текста в документе будут найдены и выделены эти две буквы и т. д. После ввода слова в документе будет найдено и выделено это слово. Фрагменты документа с найденным текстом отображаются в Области навигации. Найденный текст будет выделен в документе желтым фоном (рис. 32).

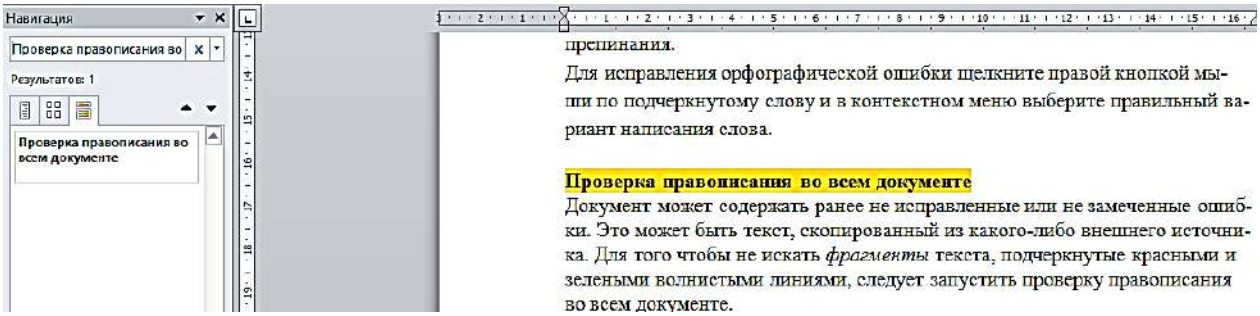


Рис. 32. Поиск текста в документе

3. Для перехода к нужному фрагменту документа щелкнуть по нему в **Области навигации**. Для последовательного перехода по результатам поиска можно использовать кнопки **Предыдущий** и **Следующий** в **Области навигации.**

Замена текста

В документе может потребоваться заменить какой-либо текст:

1. Во вкладке **Главная** в группе **Редактирование** нажать кнопку **Заменить**.

2. Во вкладке **Заменить** *диалогового окна* **Найти и заменить** в поле **Найти** ввести искомый текст, в поле **Заменить на** – заменяющий текст (рис. 33).

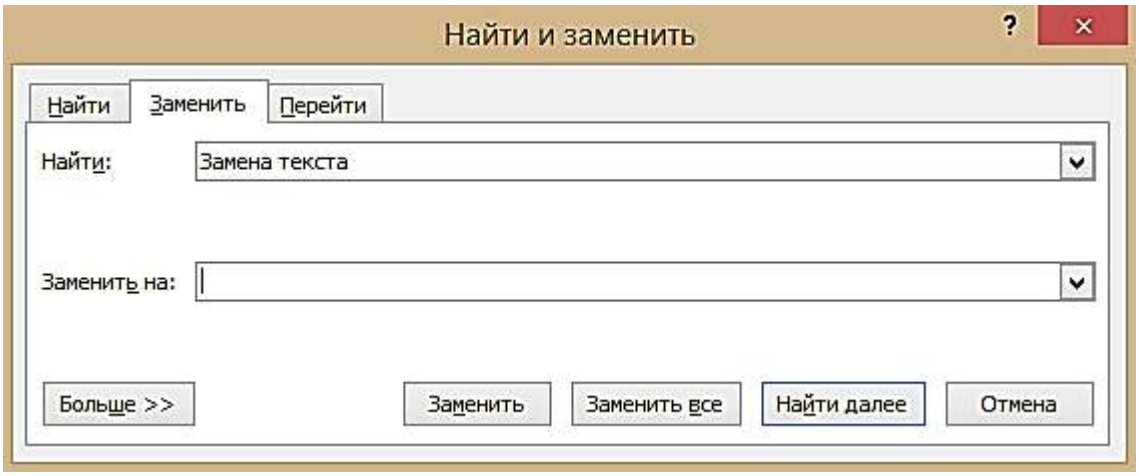


Рис. 33. Окно Найти и Заменить

3. Чтобы найти следующее вхождение текста в документе, нажать кнопку **Найти далее**.

4. Чтобы заменить вхождение текста в документе, нажать кнопку **Заменить**. После нажатия кнопки **Заменить** будет выделено следующее вхождение указанной фразы.

5. Чтобы заменить все вхождения текста в документе, нажать кнопку **Заменить все**.

Использование синонимов

Язык документа должен быть ярким и выразительным. Нельзя допускать многочисленных повторов одних и тех же слов, *тавтологий*, речевых штампов. При необходимости можно использовать словарь синонимов, имеющийся в словаре Word 2010.

Замену синонимом можно произвести непосредственно в тексте: для этого надо Щелкнуть по слову правой кнопкой *мыши*, затем в контекстном меню

выбрать команду **Синонимы** и выбрать подходящий *текст или текстовый оборот* (рис. 34).

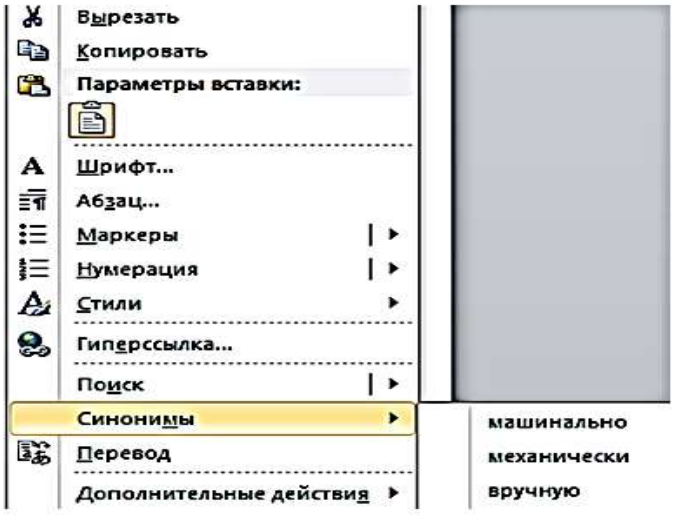


Рис. 34. Выбор синонима

В контекстном меню приводится список не более чем из восьми синонимов. Чтобы посмотреть полный список, выбрать команду контекстного меню **Тезаурус** или во вкладке **Рецензирование** в группе **Правописание** нажать кнопку **Тезаурус**.

В области задач **Справочные материалы** будет приведен полный список синонимов. Кроме того, может быть представлен перечень разных значений слова, если таковые имеются, а также *антонимов* и связанных слов.

Перемещение и копирование фрагментов документа перетаскиванием

Перемещать и копировать можно только выделенные *фрагменты* документа.

В пределах видимой части документа проще всего перемещать и копировать *фрагменты* перетаскиванием.

Выделить *фрагмент* документа и подвести к нему *указатель мыши* так, чтобы *указатель* принял вид стрелки, повернутой кверху по диагонали:

1. Нажать левую кнопку *мыши* и, не отпуская ее, переместить *фрагмент* документа на новую позицию (рис. 35).

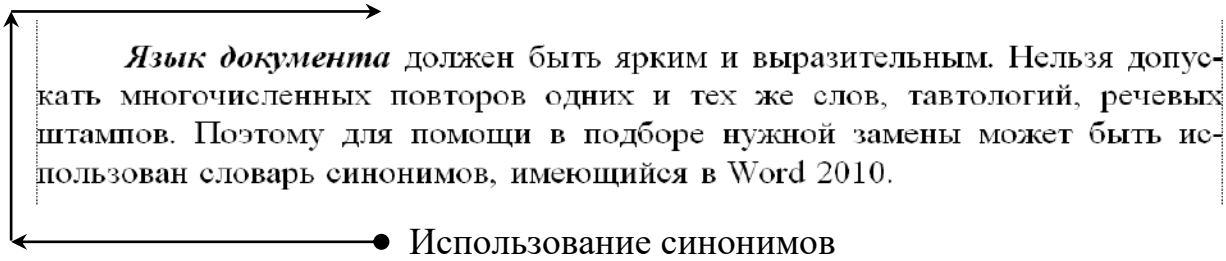


Рис. 35. Перемещение фрагмента документа перетаскиванием

2. После того, как будет отпущена левая кнопка *мыши*, произойдет перемещение фрагмента документа.

После перетаскивания текста непосредственно под вставленным *фрагментом* появляется кнопка **Параметры вставки**. При нажатии этой кнопки отображается список, в котором можно выбрать способ вставки данных в документ. Перечень доступных вариантов зависит от типа вставляемого содержимого, а также от формата текста, в который производится вставка.

Копирование фрагмента перетаскиванием производится точно так же, как и перемещение, только при нажатой клавише клавиатуры **Ctrl:**

1. Нажать левую кнопку *мыши*, затем – клавишу **Ctrl**. При нажатой левой кнопке *мыши* переместить *фрагмент* в нужную позицию текста; при этом рядом с указателем *мыши* появится пунктирный *прямоугольник* со знаком + (плюс), в месте предполагаемой вставки отображается специальная пунктирная метка, а в строке состояния появляется вопрос **Куда копировать**?

2. Отпустить левую кнопку *мыши* и, только затем, клавишу **Ctrl**.

Фрагмент документа можно перетаскивать и за пределы видимой части документа, например, вниз или вверх. Для этого надо, «ухватившись» за *фрагмент*, перемещать его вниз или вверх к границе видимой части документа и там *остановить*. Документ начнет автоматически прокручиваться в своем окне. В нужный момент вывести *указатель* в поле документа – прокрутка остановится. Левую кнопку *мыши* отпускать нельзя до тех пор, пока нужный фрагмент документа не окажется на желаемом месте. Выделенный *фрагмент* можно перетаскивать и при нажатой правой кнопке *мыши*. При этом в документе также появляется метка вставки. По окончании перетаскивания появляется контекстное меню, в котором можно выбрать необходимое действие (**Переместить** или **Копировать**).

Перемещение и копирование с использованием буфера обмена

Буфер обмена – специальная область памяти компьютера, в которой могут храниться файлы или их *фрагменты*.

Процедура перемещения и *копирования* через буфер обмена всегда состоит из двух действий. Сначала необходимо отправить *фрагмент* в буфер, а затем извлечь его оттуда для вставки в документ.

Для перемещения необходимо вырезать *фрагмент* в буфер обмена. Это можно сделать, например, следующими способами:

1. Во вкладке **Главная** в группе **Буфер обмена** нажать кнопку **Вырезать**.

2. Щелкнуть по выделенному фрагменту правой кнопкой *мыши* и выбрать команду контекстного меню **Вырезать**.

Для *копирования* необходимо копировать *фрагмент* в буфер обмена. Это можно сделать, например, так:

1) во вкладке **Главная** в группе **Буфер обмена** нажать кнопку **Копировать**;

2) щелкнуть по выделенному фрагменту правой кнопкой *мыши* и выбрать команду контекстного меню **Копировать**.

Для того чтобы извлечь *фрагмент* из буфера обмена и вставить его в документ, можно, например:

1) поставить *курсор* в место вставки и во вкладке **Главная** в группе **Буфер обмена** нажать кнопку **Вставить**;

2) щелкнуть в месте вставки правой кнопкой *мыши* и в контекстном меню выбрать способ вставки (рис. 36).

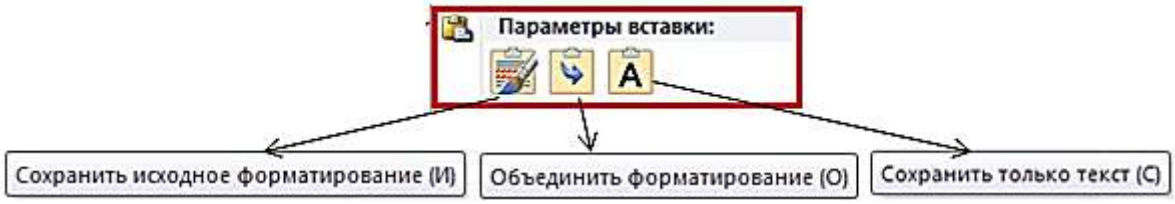


Рис. 36. Выбор способа вставки фрагмента из буфера обмена

Варианты способов вставки зависят от вида информации, находящейся в буфере обмена (обычный текст или список, рисунок, таблица и т. д.) и от окружения, в которое вставляется *фрагмент* (обычный текст или список, рисунок, таблица и т. д.). При наведении указателя *мыши* на значок способа вставки срабатывает функция динамического (предварительного) просмотра и вставляемый *фрагмент* отобразится в документе в том виде, как он будет выглядеть при выбранном способе вставки.

После извлечения фрагмента из буфера обмена так же, как и при перетаскивании, появляется кнопка **Параметры вставки**. При нажатии этой кнопки отображается список, в котором можно выбрать способ вставки данных в документ. Перечень доступных вариантов зависит от типа вставляемого содержимого, а также от формата текста, в который производится вставка.

Использование буфера обмена Office

В буфере обмена *Office* может одновременно храниться до 24 фрагментов. Чтобы воспользоваться ими, необходимо вывести в окно Word область задач **Буфер обмена**. Для отображения области задач во вкладке **Главная** щелк-

нуть по значку группы **Буфер обмена**. В некоторых случаях эта область задач может появляться автоматически.

В области задач отображаются все накопленные элементы (объекты). Вид значка элемента зависит от *источника данных*. Для вставки любого из этих элементов щелкнуть по нему левой кнопкой *мыши*.

Для вставки сразу всех элементов в том порядке, как они помещались в буфер обмена, нажать кнопку **Вставить все**. Для просмотра дополнительных параметров отображения или скрытия буфера обмена щелкнуть по кнопке **Параметры**.

Отдельные элементы можно удалить из буфера обмена. Щелкнуть по элементу в области задач правой кнопкой *мыши* и выбрать команду контекстного меню **Удалить**. Для удаления сразу всех элементов нажать в области задач кнопку **Очистить все**.

Чтобы скрыть область задач, нажать кнопку **Закрыть** в правом верхнем углу области.

Перемещение и копирование с помощью специальной вставки

При перемещении и *копировании* фрагментов документов с использованием буфера обмена могут возникнуть и более сложные задачи, чем простая вставка фрагмента в нужное место документа. Это могут быть задачи двух типов: копировать *фрагмент* в одном формате, а в документ вставить в другом; или связать вставляемый *фрагмент* с исходным копируемым *фрагментом*.

Обе эти задачи решаются с использованием возможностей **Специальной вставки:**

1. Переместить или скопировать *фрагмент* в буфер обмена.

2. Поставить *курсор* в место вставки, во вкладке **Главная** в группе **Буфер обмена,** щелкнуть стрелку кнопки **Вставить** и в появившемся меню выбрать команду **Специальная вставка** (рис. 37).

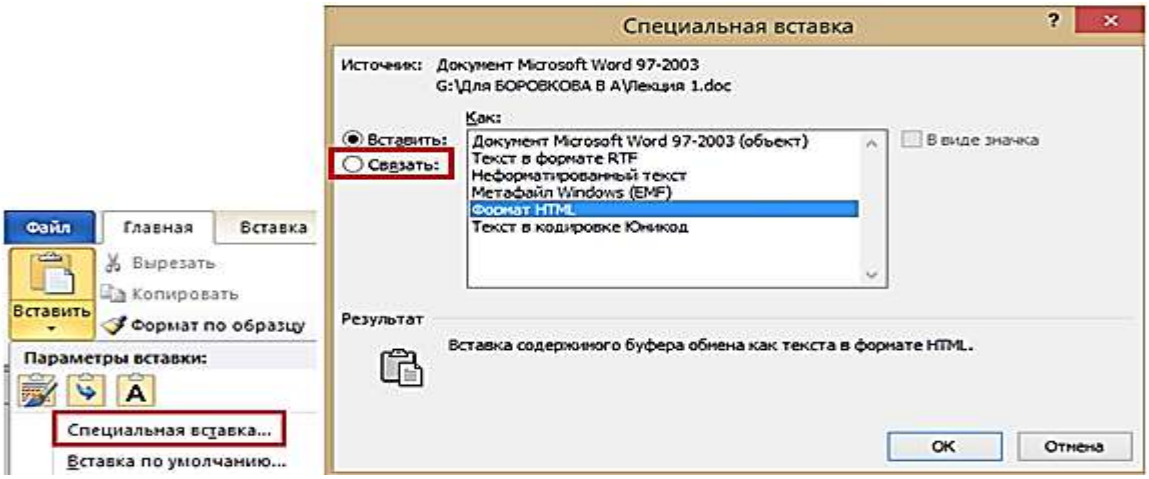


Рис. 37. Переход к специальной вставке

3. В *диалоговом окне* **Специальная вставка** в списке **Как** выбрать формат данных, вставляемых из буфера обмена. При необходимости установить связь с исходным файлом, поставив *переключатель в положение* **Связать**. Этот параметр доступен только в том случае, если исходное приложение поддерживает *связывание*. Перед установкой связи с исходным файлом необходимо сохранить его в исходном приложении.

2.6. РЕДАКТИРОВАНИЕ ДОКУМЕНТА. ШРИФТ

Основные параметры

Понятие «Основные параметры» весьма условно. В эту группу можно отнести параметры, которые устанавливаются с использованием элементов группы **Шрифт** вкладки **Главная** и некоторых элементов мини-*панели инструментов* (рис. 38).

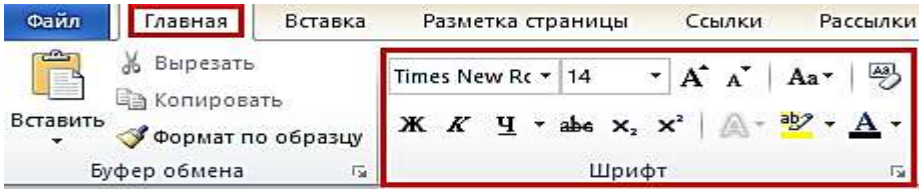


Рис. 38. Инструменты для установки основных параметров шрифта

Выбор шрифта и размера

Шрифт определяет внешний вид символов текста.

По умолчанию в Word 2010 при создании нового документа для основного текста принят *шрифт Calibri*, а для заголовков – *Cambria*.

Выбор шрифтов по умолчанию зависит от выбранной темы и набора стилей документа:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. В раскрывающемся списке **Шрифт** группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов* выбрать *шрифт* или *размер* (рис. 39). При наведении *указателя мыши* на выбираемый *шрифт* или *размер* срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отображается указанным шрифтом.

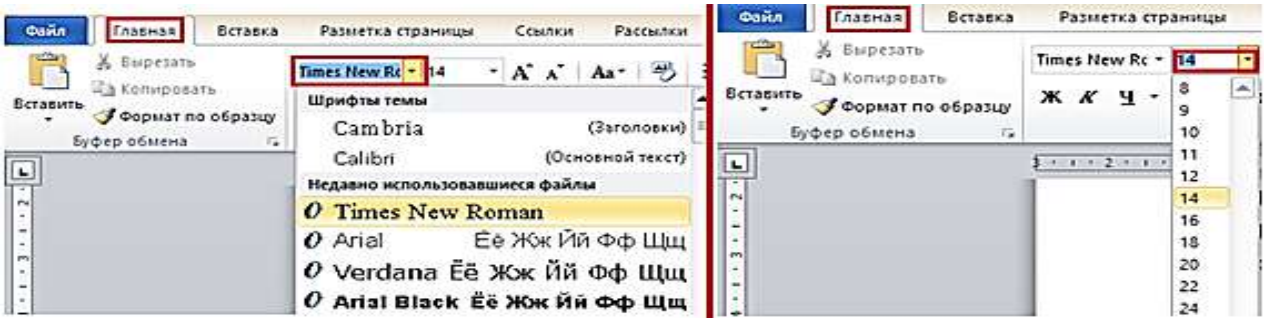


Рис. 39. Выбор и размер шрифта

Определенных правил для выбора *шрифта* документа не существует. Не рекомендуется в одном документе использовать большое разнообразие шрифтов – это затрудняет восприятие текста.

При выборе *шрифта* следует иметь в виду, что не все шрифты содержат начертания русских букв, а некоторые шрифты вообще не отображают никаких букв (например, *шрифт Wingdings*. **Вставка / Символы / Другие символы**).

Минимально возможный *размер шрифта* – 1 пт. Максимальный размер – 1638 пт. *Размер шрифта* можно устанавливать с точностью до 0,5 пт.

Для установки произвольного *размера шрифта* следует ввести требуемое значение в поле раскрывающегося списка **Размер шрифта** группы **Шрифт** вкладки **Главная** (рис. 40) или мини-*панели инструментов* и нажать клавишу **Enter**.



Рис. 40. Установка произвольного размера шрифта

Определенных правил для выбора *размера шрифта* документа не существует. Обычно для оформления основной части текста документа используют шрифты размером от 8 до 14 пт. 1 пт = 1"/72=25,4 мм/72≈0,35 мм. (14 пт ≈ 4,9 мм).

Для изменения *размера шрифта* можно воспользоваться также кнопками **Увеличить размер** или **Уменьшить размер** группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов* (рис. 41).

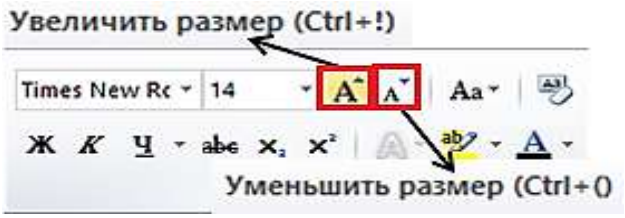


Рис. 41. Изменение размера шрифта

Выбор цвета шрифта

По умолчанию в Word 2010 при создании нового пустого документа для основного текста установлен цвет *шрифта авто*, который на белом фоне отображается как черный. Режим *авто* означает, что при использовании заливок (фона) темных цветов цвет *шрифта* автоматически изменится на белый. Цвет *шрифта*, принятый по умолчанию для заголовков и др. *элементов текста* документа, зависит от выбранной темы оформления:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Цвет текста** группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов* и выбрать требуемый цвет *шрифта* (рис. 42). При наведении *указателя мыши* на выбираемый цвет срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отобразится указанным цветом *шрифта*.

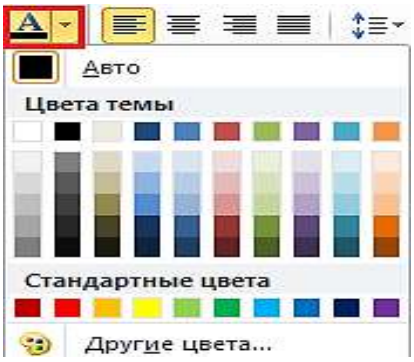


Рис. 42. Выбор цвета шрифта

Следует иметь в виду, что при выборе цветов темы цвет *шрифта* может измениться, если выбрать другую тему при оформлении документа. Стандартные цвета не изменяются при выборе другой темы документа.

Определенных правил выбора цвета *шрифта* документа не существует. Не рекомендуется использовать бледные цвета на белом фоне. Не рекомендуется в одном документе использовать большое разнообразие цветов – это затрудняет восприятие текста.

Установка начертания

Начертание определяет особенности внешнего вида символов текста. Можно установить полужирное начертание, курсив, подчеркнутый шрифт.

Для установки полужирного начертания *шрифта* используется ка **Полужирный** (**Ж**), для установки курсивного начертания – кнопка **Курсив** (**К**), для установки подчеркнутый – (**Ч**) группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов* (рис. 43):

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Нажать на кнопку **Ж, К, или Ч.**

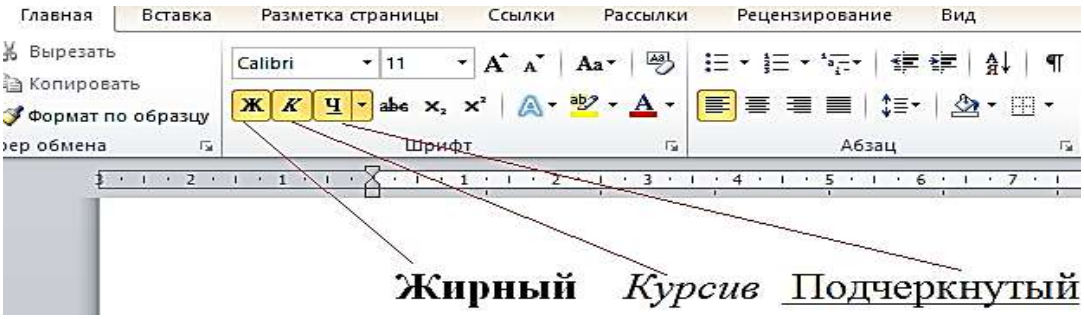


Рис. 43. Установка начертания шрифта

Эти кнопки работают в режиме *переключателя*, т. е. после того, как будет установлено начертание для выделенного фрагмента, кнопка так и останется нажатой. Чтобы убрать оформление полужирным начертанием, курсивом или подчеркиванием, следует еще раз нажать на соответствующую кнопку.

По умолчанию цвет подчеркивающей линии совпадает с цветом подчеркиваемого текста. После подчеркивания можно изменить вид линий.

Помимо имеющихся в списке способов подчеркивания можно выбрать и др. варианты. В меню кнопки **Подчеркнутый** группы **Шрифт** вкладки **Главная** выбрать команду **Другое подчеркивание** и во вкладке **Шрифт** *диалогового окна* **Шрифт** в раскрывающемся списке **Подчеркивание** выбрать требуемый способ.

Изменение регистра текста

Если текст уже введен, можно изменить его регистр: например, строчные (маленькие → а) буквы преобразовать в прописные (большие → А) или наоборот:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Регистр** группы **Шрифт** вкладки **Главная** и выбрать нужный регистр (рис. 44).

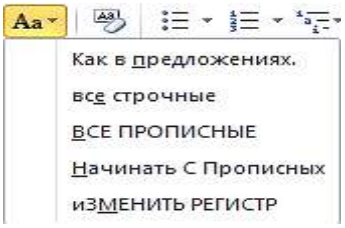


Рис. 44. Изменение регистра текста

Использование надстрочных и подстрочных знаков

Для оформления надстрочных или подстрочных знаков (верхних и нижних индексов) используют соответствующие кнопки группы **Шрифт** вкладки **Главная** (рис. 45) или:

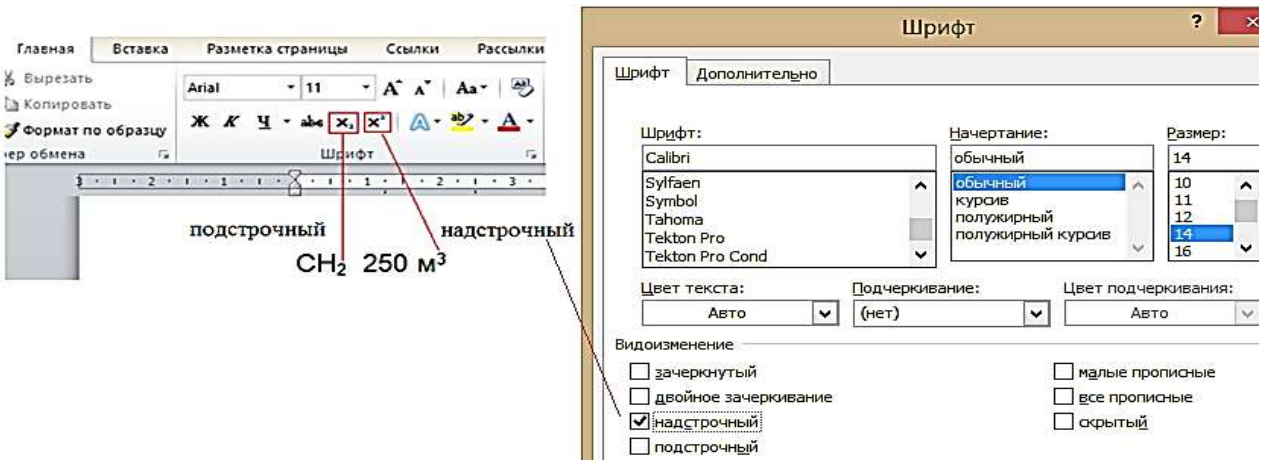


Рис. 45. Надстрочные и подстрочные знаки

1. Выделить *фрагмент* текста или конкретный символ.

2. Нажать на кнопку x_2 или x^2.

Обе кнопки работают в режиме *переключателя*, т. е. после того, как будет установлено оформление фрагмента, кнопка так и останется нажатой. Чтобы убрать оформление, следует еще раз нажать на соответствующую кнопку.

Зачеркнутый текст

Зачеркнутый текст используется, в основном, при оформлении документов *частного* характера, в частности, при создании записей в *блогах*.

Текст нормальный, разряженный или уплотненный

Во вкладке **Дополнительно** устанавливаются интервалы между символами в строке, ширина символов или смещение. Все эти параметры доступны по схеме (рис. 46).

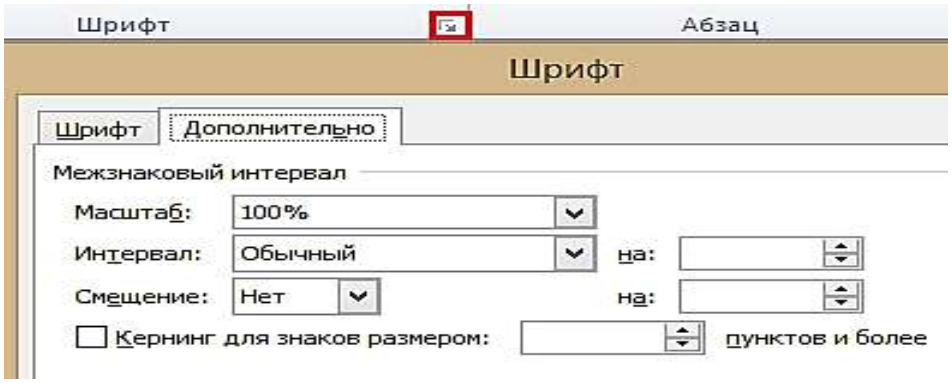


Рис. 46. Вкладка Интервал диалогового окна «Шрифт»

Видоизменение шрифта

Видоизменения *шрифта* (шрифтовые эффекты) устанавливаются флажками группы **Видоизменение** вкладки **Шрифт** *диалогового окна*. Некоторые из них (зачеркнутый, надстрочный, подстрочный) можно установить в группе **Шрифт** вкладки **Главная**.

Видоизменение строчных букв на прописные используют для написания заголовков. Видоизменение всех прописных превращает все буквы в строчные.

Видоизменение **Скрытый** делает текст невидимым на экране. Чтобы просмотреть скрытый текст, надо во вкладке **Главная** в группе **Абзац** нажать кнопку **Отобразить все знаки**. Скрытый текст будет отображен с подчеркиванием точечным пунктиром. При этом все параметры оформления будут отображены.

Изменение ширины символов шрифта

Для изменения ширины символов используется раскрывающийся сок **Масштаб** вкладки **Дополнительно** *диалогового окна* **Шрифт.** Можно

выбрать любое значение из этого списка или, не открывая списка, щелкнуть левой кнопкой *мыши* в его поле и ввести требуемое значение. Увеличение масштаба используют обычно для заголовков; уменьшение масштаба (80–85 %) можно применять для «подгонки» *длины строк* (см. рис. 46). Допустимый *диапазон* масштабирования символов – от 1 до 600 %. Точность установки масштаба – 1 %.

Изменение интервалов между символами

Применяя раскрывающийся список **Интервал** вкладки **Дополнительно** и рядом расположенный счетчик на *диалоговом окне* **Шрифт**, можно изменять интервалы (*расстояние*) между символами в строке текста.

В раскрывающемся списке **Интервал** можно выбрать **Разряженный** или **Уплотненный**, а в *счетчике* надо установить требуемое значение разрежения или сжатия *интервалов*. Величина изменения *интервалов* между символами по умолчанию устанавливается в пунктах (пт), но, при желании, значение можно указать и в сантиметрах или миллиметрах. Для этого следует в поле счетчика ввести число и через пробел – сокращение см или мм: например, **0,5 см** или **5 мм**. *Расстояние* между символами можно изменять с точность до 0,05 пт или 0,01 мм. Разреженный *интервал* применяют при оформлении заголовков (с интервалом, как правило, 3 или 4 пт) или для выделения отдельных слов в тексте.

Уплотненный *интервал* используется в основном для «подбора» длины текста в строке, например, для удаления коротких последних строк абзацев. Уменьшать интервалы рекомендуется не более чем на 0,2–0,4 пт. Эти внесенные изменения буду почти незаметны в скорректированном тексте.

Смещение текста

Раскрывающийся список **Смещение** вкладки **Дополнительно** *диалогового окна* **Шрифт** позволяет сместить текст выше или ниже основного уровня строки. В *счетчике* устанавливается величина смещения – по умолчанию в пунктах (пт), но значение смещения можно указать и в сантиметрах или миллиметрах. Для этого следует в поле счетчика ввести число и через пробел – сокращение см или мм: например, **1 см** или **3 мм**. Величину смещения можно изменять с точность до 0,5 пт или 0,1 мм. Смещение часто используется вместо надстрочных и подстрочных знаков (верхних и нижних индексов). Отличие заключается в том, что при этом *размер смещаемых символов не изменяется*.

Анимация текста

Установка *анимации* придает тексту художественное оформление. *Анимация* позволяет применять заливку символов текста и изменять *контур*, установить эффекты объема и тени, назначить другие эффекты:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Анимация** группы **Шрифт** вкладки **Главная** и в появившейся галерее выбрать устанавливаемый вариант (рис. 47). При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отобразится соответственно.

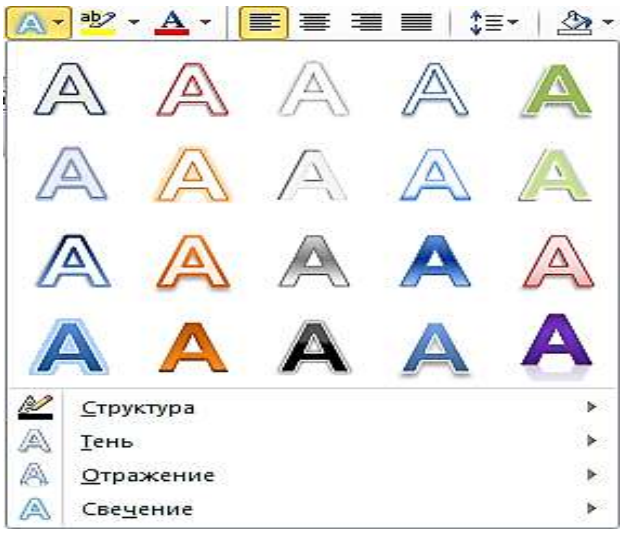


Рис. 47. Выбор варианта анимации

Настройка параметров анимации

К выбранному варианту *анимации* можно добавить различные эффекты: тень, отражение, свечение:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Анимация** группы **Шрифт** вкладки **Главная**, в появившейся галерее выбрать вид применяемого эффекта (Тень, Отражение, Свечение), а затем – конкретный вариант эффекта. При наведении указателя мыши на выбираемый эффект срабатывает функция динамического просмотра, и фрагмент текста отобразится с выбранным эффектом.

Изменение параметров контура и заливки

Представленные в галерее варианты *анимации* имеют предустановленное оформление: цвет и *градиент* заливки *шрифта*, а также параметры *контура шрифта* (толщина, тип и цвет линии). Эти варианты разработаны художниками-дизайнерами и, в большинстве случаев, их не рекомендуется произвольно изменять.

Однако при необходимости можно изменить параметры *контура*:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Анимация** группы **Шрифт** вкладки **Главная**, в появившейся галерее выбрать команду **Структура**, а затем цвет линии, ее толщину и тип. При наведении *указателя мыши* на выбираемый эффект срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отображается с выбранными параметрами.

Изменение цвета и заливки *шрифта*

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Цвет** текста группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели* инструментов и выбрать требуемый цвет шрифта. При наведении указателя мыши на выбираемый цвет срабатывает функция динамического просмотра, и фрагмент текста отобразится указанным цветом шрифта.

Многие варианты *анимации* имеют градиентную (неравномерную) заливку. Можно установить *градиент* и для произвольно выбранного цвета заливки:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Цвет текста** группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов*, выбрать команду **Градиентная**, а затем – вариант градиентной заливки. При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отобразится с выбранной *градиентной заливкой*.

Удаление анимации

Примененный вариант *анимации* и все назначенные для него эффекты можно удалить:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Анимация** группы **Шрифт** вкладки **Главная** и в появившейся галерее выбрать команду **Очистить текстовые эффекты**.

Выделение цветом:

1. Кнопка для выделения цветом находится в группе **Шрифт** вкладки **Главная** или на мини-*панели инструментов*.

2. Выделение цветом применяют для привлечения внимания к фрагментам текста. Это своеобразный аналог цветного маркера, который используется при работе с бумажными документами.

3. Выделить *фрагмент* документа.

4. Щелкнуть по стрелке кнопки **Цвет** выделения текста в группе **Шрифт** вкладки **Главная** или на мини-*панели инструментов* и выбрать требуемый цвет. При наведении *указателя мыши* на выбираемый цвет срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* документа отображается выделенным цветом.

Оформление буквицы

Буквица (большая заглавная буква) применяется в начале документа или главы:

1. Выделить абзац, который должен начинаться с буквицы.

2. Во вкладке **Вставка** в группе **Текст** щелкнуть по кнопке **Буквица** и выбрать положение буквы (**В тексте** или **На поле**). При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* документа отображается с буквицей.

3. *По* умолчанию буквица оформлена тем же шрифтом, что и абзац, а ее *высота* составляет три строки текста.

4. Для настройки параметров буквицы в *меню* кнопки **Буквица** (рис. 48) выбрать команду **Параметры буквицы**.

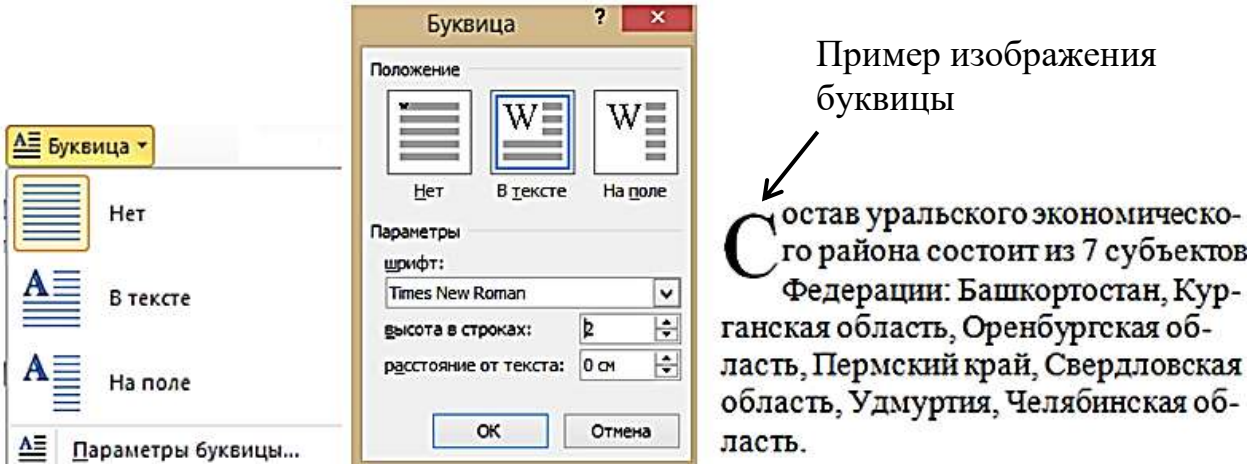


Рис. 48. Настройка параметров буквицы

5. В *диалоговом окне* **Буквица** в раскрывающемся списке **Шрифт** выбрать *шрифт* буквы, в *счетчике высота* в строках указать количество строк, которое будет занимать буква, а в *счетчике расстояние* от текста можно указать это *расстояние*.

6. Буквица размещается в специальной рамке. Для выделения рамки нужно сначала щелкнуть левой кнопкой *мыши по* буквице, после чего вокруг буквы появится пунктирная рамка, а затем щелкнуть *по* этой рамке так, чтобы на рамке появились маркеры. После этого можно изменять параметры *шрифта* буквы в буквице; перетаскиванием маркеров можно изменить размер рамки. Кроме того, ухватившись за рамку буквицы, ее можно переместить в любое *место* текста документа.

7. Если выделить не весь абзац, а только его первое *слово*, то все это *слово* будет оформлено как буквица.

8. Для удаления оформления абзаца с буквицей выделить абзац и в *меню* кнопки **Буквица** выбрать вариант **Нет**.

2.7. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТА. АБЗАЦЫ

Абзацем называют *фрагмент* текста от одного нажатия клавиши **Enter** до следующего. Абзацем также является *фрагмент* от начала документа до первого нажатия клавиши **Enter**. В *ячейках* таблицы абзацем является *фрагмент* от начала *ячейки* до ближайшего нажатия клавиши **Enter** или знака конца *ячейки*.

Абзацы могут иметь разный размер: от одной строки до любого количества строк. Может существовать пустой абзац, не содержащий текста. При выделении абзаца важно, чтобы в область выделения был включен непечатаемый знак конца абзаца (¶). Для отображения этих знаков во вкладке **Главная** в группе **Абзац** можно нажать кнопку **Отобразить все знаки** (рис. 49).

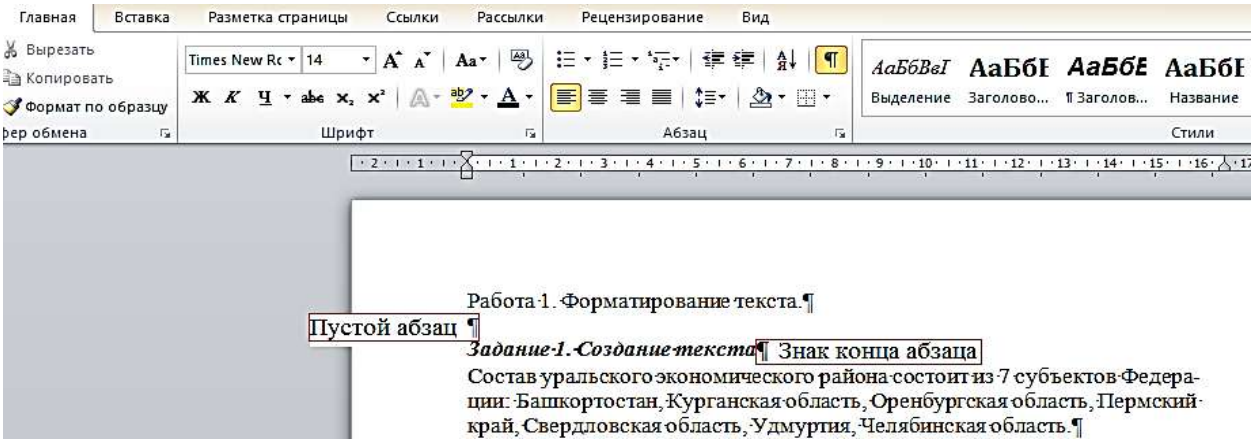


Рис. 49. Абзацы в документе

При установке параметров для одного абзаца выделять его не обязательно. Достаточно, если в этом абзаце будет находиться *курсор*. Если же оформляется сразу несколько абзацев, их необходимо выделить.

Инструменты для форматирования абзацев

Word 2010 имеет многочисленные инструменты для оформления абзацев. Большая часть их сосредоточена в группе **Абзац** вкладки **Главная** (рис. 50). Для установки отдельных параметров можно воспользоваться мини-*панелью инструментов*.

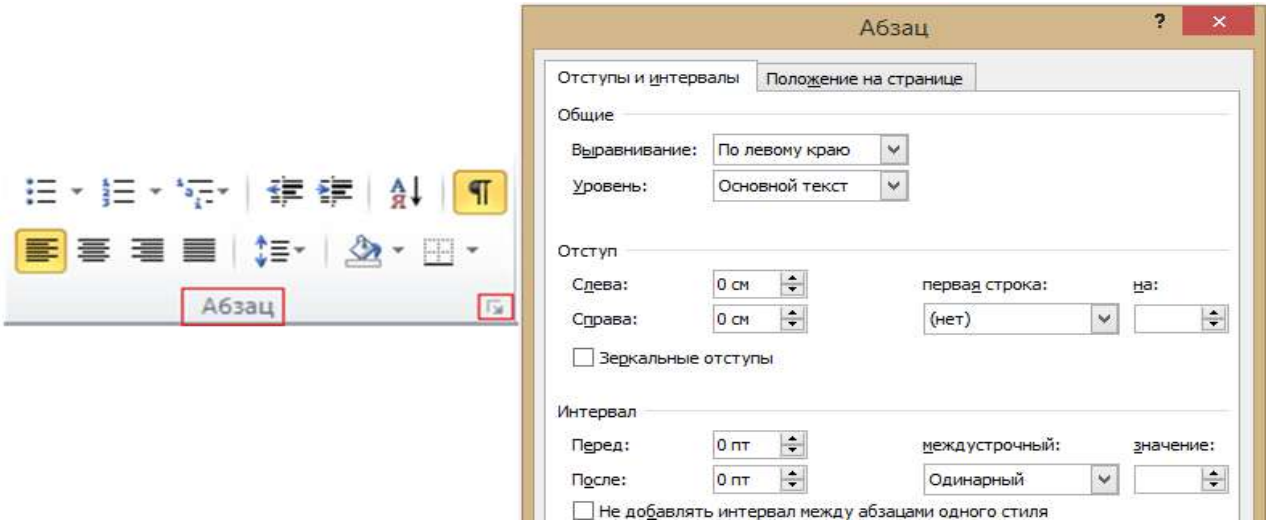


Рис. 50. Инструменты вкладки «Главная» для установки основных параметров абзаца

Кроме того, группа **Абзац** имеется также во вкладке **Разметка страницы**. Она содержит инструменты для установки отступов и *интервалов* между абзацами.

Для установки отступов можно пользоваться горизонтальной линейкой окна документа. Для отображения линейки установите соответствующий флажок в группе **Показать** вкладки **Вид** или специальный значок в верхней части вертикальной *полосы прокрутки* (рис. 51).

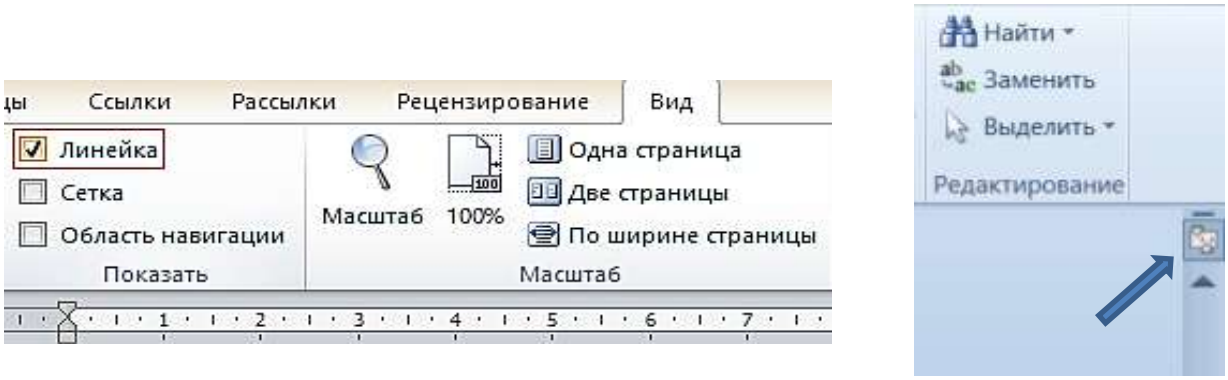


Рис. 51**.** Отображение линейки и кнопка для установки горизонтальной линейки

Для установки некоторых параметров приходится использовать *диалоговое окно* **Абзац**. Чтобы отобразить окно, щелкнуть по значку группы **Абзац** в любой из вкладок (**Главная** или **Разметка страницы**). Можно также щелкнуть правой кнопкой *мыши* по выделенному *фрагменту* документа и в контекстном меню выбрать команду **Абзац**. Для работы с абзацами в основном используют вкладку **Отступы и интервалы**. Но в отдельных случаях применяется и вкладка **Положение на странице**.

Установка выравнивания абзацев

Абзацы документа могут быть выравнены одним из четырех способов: по левому краю, по центру страницы, по правому краю, по ширине страницы:

1. Выделить один или несколько абзацев.
2. Нажать соответствующую кнопку группы **Абзац** вкладки **Главная**.

Для выравнивания по центру страницы можно также воспользоваться кнопкой мини-панели инструментов.

Установка отступов

Установка отступа абзаца изменяет положения текста относительно левого и/или правого полей страницы. Можно установить *отступ* всего абзаца, только первой строки абзаца или всех строк, кроме первой (выступ первой строки). Положительное *значение* отступа означает смещение абзаца к центру страницы, отрицательное – от центра к краям страницы

Для установки отступов можно использовать «бегунки» на горизонтальной линейке:

1. Выделить один или несколько абзацев.
2. Перетащить соответствующий бегунок горизонтальной линейки (рис. 52).

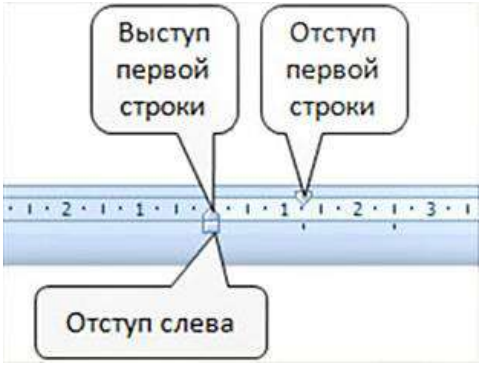


Рис. 52. Установка отступов абзацев с использованием «бегунков» на горизонтальной линейке

Если перетаскивание производить при нажатой клавише **Alt**, на горизонтальной линейке будут отображаться точные размеры устанавливаемых отступов, а также размер полей страницы. *Отступ* изменится после того, как будет отпущена левая кнопка *мыши*.

Более точная установка отступов (с точностью до 0,01 см) производится во вкладке **Отступы и интервалы** *диалогового окна* **Абзац**.

Междустрочный *интервал* определяет *расстояние* по вертикали между строками текста в абзаце. Размер *интервала* обычно устанавливается количеством строк. Величина междустрочного *интервала* зависит от размера выбранного *шрифта*.

Для установки величины *интервала* используют кнопку **Интервал** группы **Абзац** вкладки **Главная:**

1. Выделить один или несколько абзацев.

2. Щелкнуть по кнопке **Междустрочный интервал** группы **Абзац** вкладки **Главная** (рис. 53) и в появившемся меню выбрать требуемый *интервал*. Функция динамического просмотра при выборе *интервала* не работает.

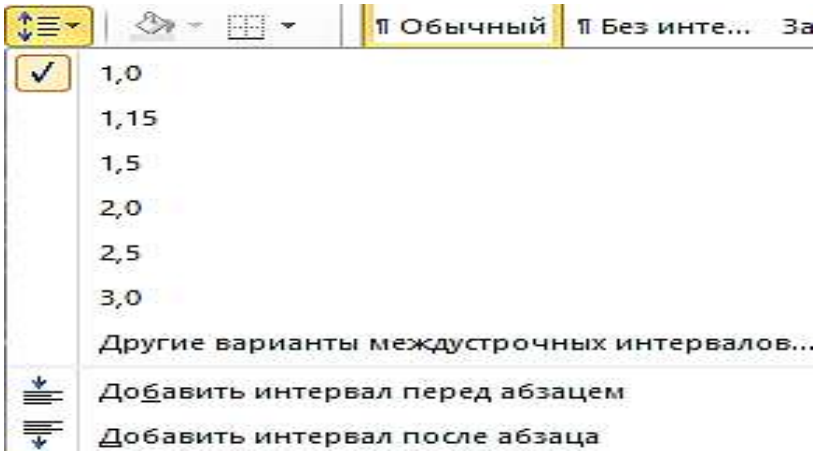


Рис. 53. Установка междустрочного интервала

Для использования дополнительных возможностей установки междустрочных *интервалов* следует воспользоваться вкладкой **Отступы и интервалы** *диалогового окна* **Абзац**.

Интервалы между абзацами

Интервалы между абзацами удобно устанавливать в счетчиках **Интервал** группы **Абзац** вкладки **Разметка страницы**.

Для установки *интервалов* между абзацами можно воспользоваться счетчиками **До** и **После** в группе **Интервал** вкладки **Отступы и интервалы** *диалогового окна* **Абзац**.

Заливка абзацев

Установка заливки

Для установки заливки используют кнопку **Заливка**, расположенную в группе **Абзац** вкладки **Главная:**

1. Выделить один или несколько абзацев.

2. Во вкладке **Главная** в группе **Абзац** щелкнуть по стрелке кнопки **Заливка** и выбрать необходимый цвет. При наведении *указателя мыши* на выбираемый цвет срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* документа отображается с заливкой указанным цветом.

2.8. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТА. СПИСКИ

Оформление нумерованных списков

При оформлении списков следует иметь в виду, что *элементом списка* может быть только абзац. Список, набранный в строку, автоматически пронумеровать нельзя:

1. Выделить несколько абзацев, оформляемых в виде списка.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Нумерация** группы **Абзац** вкладки **Главная** и в галерее списков выбрать нужный вариант нумерации. При наведении указателя мыши на выбираемый список срабатывает функция динамического просмотра, и фрагмент документа отобразится нумерованным (рис. 54).

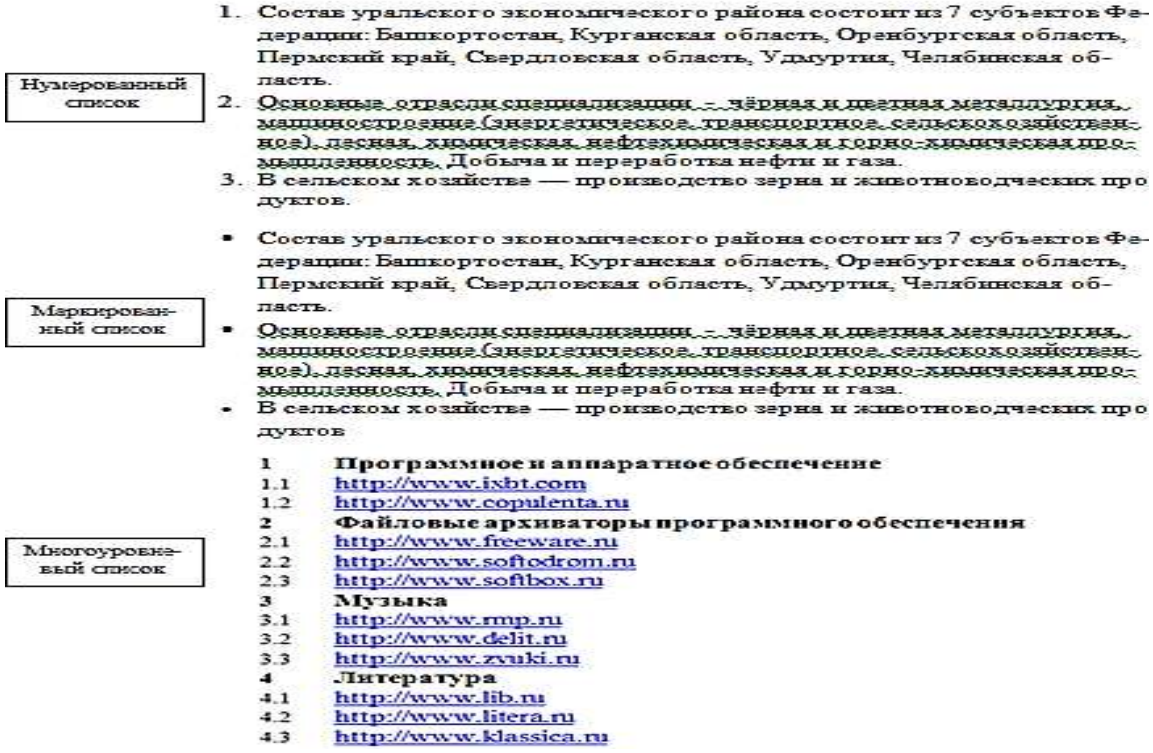


Рис. 54. Примеры различных вариантов записи списков в документе

Настройка параметров списка

Можно изменить параметры созданного ранее списка или настроить эти параметры при создании списка (рис. 55):

1. Выделить абзацы, оформленные или оформляемые в виде списка.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Нумерация** группы **Абзац Главная** (см. рис. 55) и выбрать команду **Определить новый формат номера**.

3. В *диалоговом окне* **Определение нового формата номера** установить необходимые параметры.

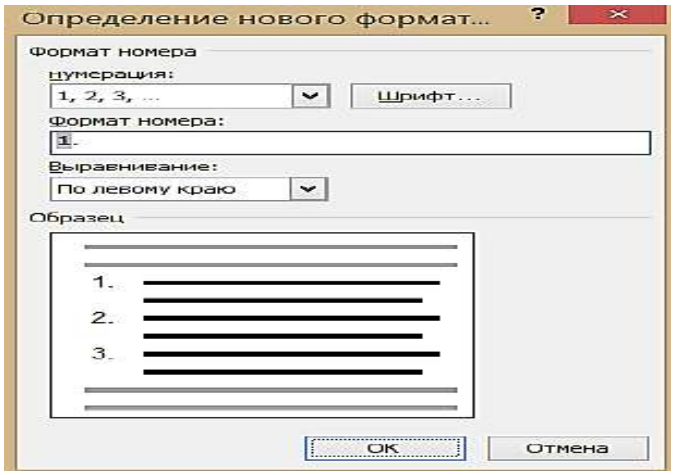


Рис. 55. Настройка параметров списка

4. В раскрывающемся списке *нумерация* выбрать требуемый вид *нумерации*. Можно выбрать *нумерацию* арабскими или римскими цифрами, латинскими или русскими буквами, количественными и порядковыми числительными и т. д.

5. В поле **Формат номера** при необходимости добавить к *нумерации* текст, который будет отображаться при каждом номере. Текст можно вводить как перед номером, так и после него. Например, при *нумерации* списка компьютеров можно добавить к номерам слово **Компьютер**.

Изменение порядка нумерации

Для имеющегося списка можно изменить начальный номер, с которого начинается список. Можно также оформить текущий список как продолжение предыдущего списка в документе:

1. Выделить абзацы, оформленные в виде списка.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки «Нумерация» группы «Абзац» вкладки «Главная» и выбрать команду «Задать» начальное значение.

3. В диалоговом окне **Задание начального значения** установить необходимые параметры.

Оформление маркированных списков

При оформлении списков следует иметь в виду, что *элементом списка* может быть только абзац. Список, набранный в строку, маркировать нельзя:

1. Выделить несколько абзацев, оформляемых в виде списка.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Маркеры** группы **Абзац** вкладки **Главная** (рис. 56) и в галерее выбрать нужный маркер. При наведении *указателя мыши* на выбираемый маркер срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* документа отображается маркированным.

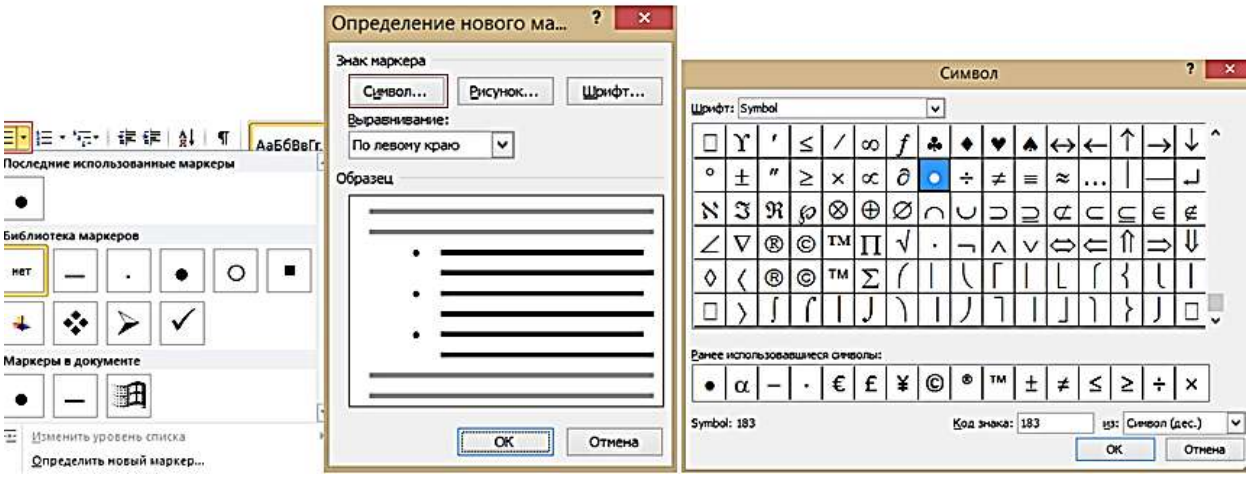


Рис. 56. Оформление маркированного списка

Оформление многоуровневых списков

При оформлении списков следует иметь в виду, что *элементом списка* может быть только абзац:

1. Выделить один или несколько абзацев, оформляемых в виде многоуровневого списка.

2. Щелкнуть по кнопке **Многоуровневый список** (рис. 57) группы **Абзац** вкладки **Главная** и в галерее списков выбрать нужный вариант *нумерации*. При наведении *указателя мыши* выбираемый список отображается более крупно, но функция динамического просмотра в документе не работает.

Если абзацы оформляемого текста не различаются отступами слева, то первоначально список не будет многоуровневым.

3. Для понижения уровня отдельных абзацев списка надо увеличить отступ слева. Выделить абзац (абзацы) и нажать кнопку **Увеличить отступ** группы **Абзац** вкладки **Главная** Каждое нажатие кнопки понижает выделенные абзацы на один уровень. Для повышения уровня нажать кнопку **Уменьшить отступ**. Для этой же цели можно использовать аналогичные кнопки мини-*панели инструментов*.

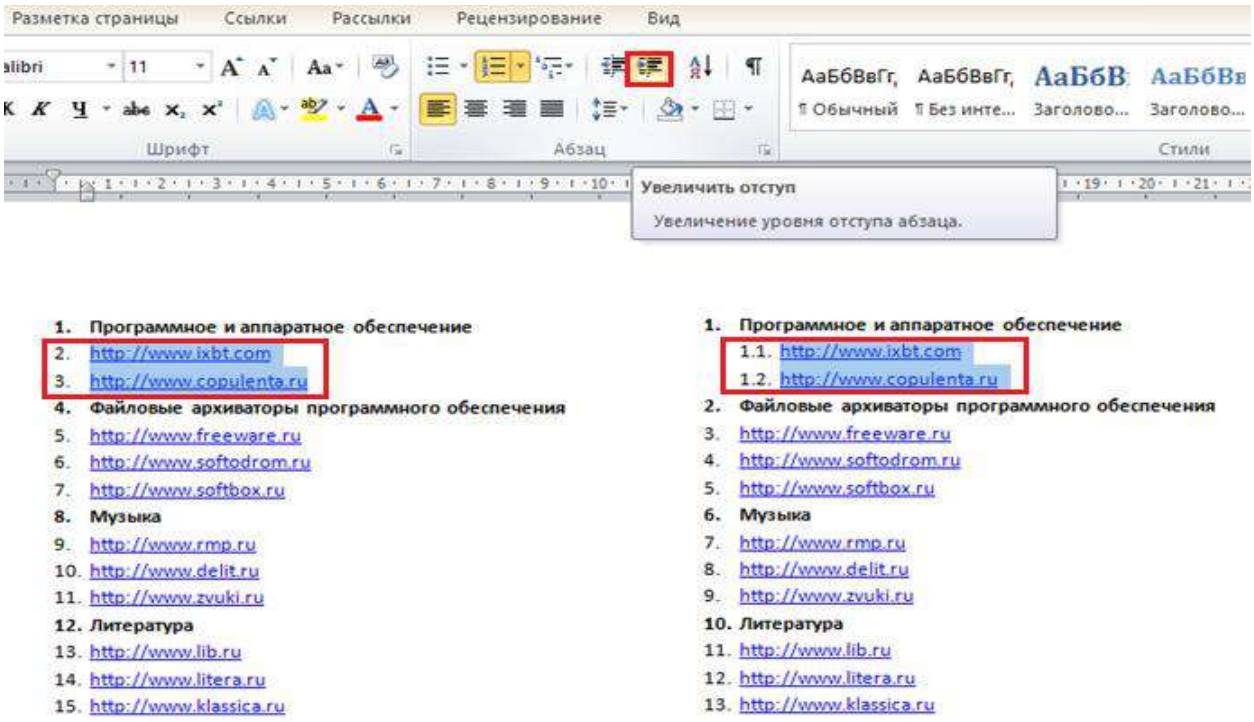


Рис. 57. Заготовка многоуровневого списка

Для понижения уровня элементов в списке можно также использовать клавишу **Tab**, а для повышения – комбинацию **Shift +Tab**.

2.9. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТА. СТИЛИ И ТЕМЫ

Для работы со стилями используют элементы группы **Стили** вкладки **Главная**, область задач **Стили**, а также команда контекстного меню **Стили** и ее подчиненное меню (рис. 58).

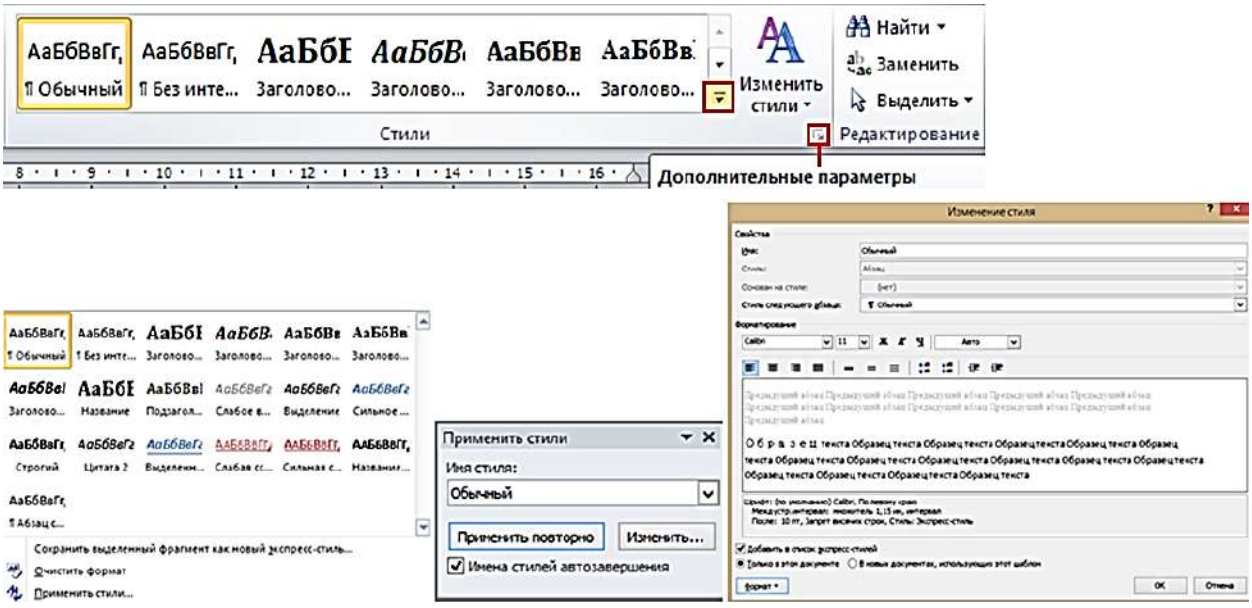


Рис.58. Выбор стиля

Создание стиля

Стиль обычно создают на основе оформленного *фрагмента* документа.

Можно создать новый стиль и сразу же добавить его в коллекцию **Экспресс-стили:**

1. Выделить *фрагмент* текста, параметры оформления которого требуется использовать для создания нового стиля.

2. Щелкнуть правой кнопкой *мыши* по выделенному *фрагменту* документа, в контекстном меню выбрать команду **Стили**, а затем в подчиненном меню – команду **Сохранить выделенный фрагмент как новый экспресс-стиль**.

Инспекция стилей

Можно определить, какой стиль применен к *фрагменту* документа и не было ли применено к этому *фрагменту* оформление, отличающееся от параметров стиля:

1. Выделить фрагмент текста, для которого требуется определить используемый стиль.

2. Нажать кнопку «Инспектор стилей» в области задач «Стили».

3. В области задач «Инспектор стилей» будет отображено название стиля абзаца и отличие параметров выделенного фрагмента, а также название стиля знака и отличие параметров (рис. 59).

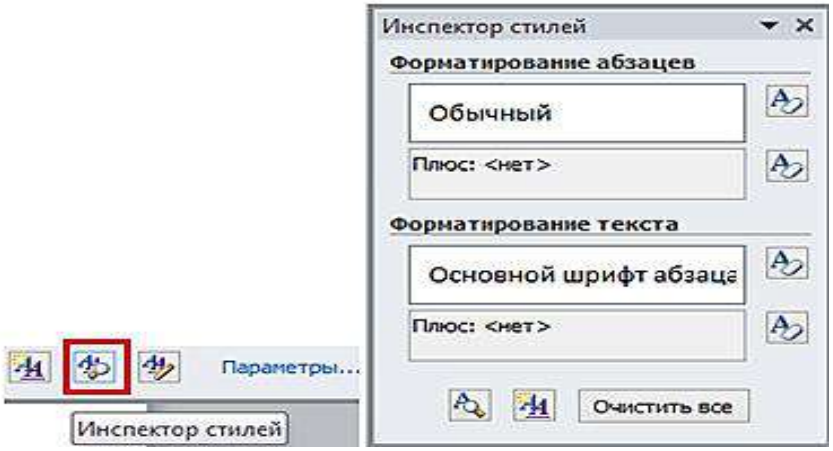


Рис. 59. Инспекция стилей

Новый стиль можно создавать и, не используя оформленный *фрагмент* документа:

1. Нажать кнопку **Создать стиль** в области задач **Стили**.

2. В *диалоговом окне* **Создание стиля** установить параметры стиля.

2.10. СОЗДАНИЕ ТАБЛИЦ

Ячейки таблицы могут содержать текст, графические объекты, *вложенные таблицы*.

Для вставки таблицы используют вкладку **Вставка**.

Для работы с таблицами в Microsoft Word применяют контекстные вкладки **Конструктор** и **Макет** группы вкладок **Работа с таблицами**. Эти вкладки автоматически отображаются, когда *курсор* находится в какой-либо *ячейке* существующей таблицы.

Таблица всегда вставляется в то место документа, где в данный момент находится *курсор*. Лучше всего поставить *курсор* в начало абзаца текста, перед которым должна располагаться создаваемая таблица.

Для быстрой вставки простой таблицы во вкладке **Вставка** нажать кнопку **Таблица** и в появившемся табло при нажатой левой кнопке выделить необходимое число столбцов и строк (рис. 60). При наведении *указателя мыши* срабатывает функция *динамического* просмотра, и создаваемая таблица отображается в документе. Таблица занимает всю ширину страницы и имеет столбцы одинаковой ширины.

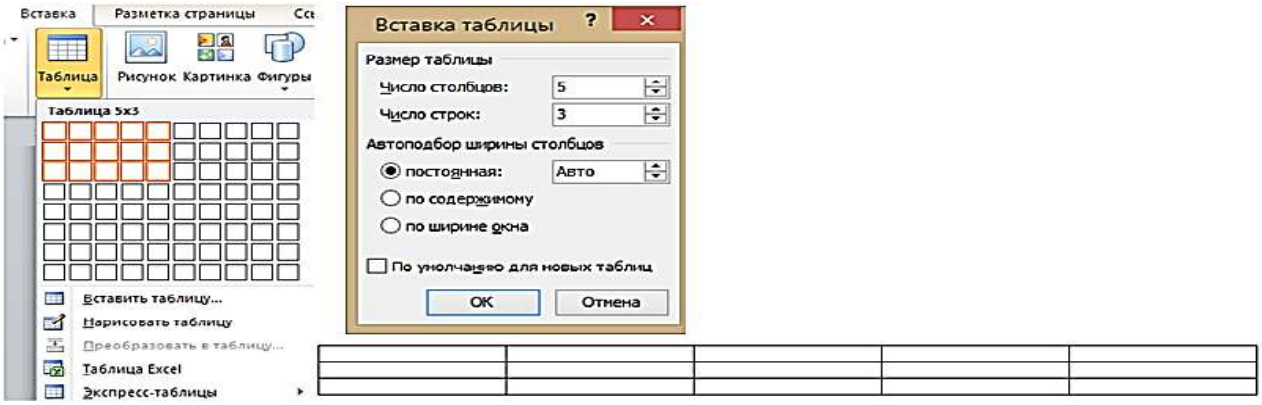


Рис. 60. Вставка простой таблицы

Можно настроить некоторые параметры создаваемой таблицы:

1. Установить *курсор* в позицию, где будет находиться создаваемая таблица.

2. Щелкнуть кнопку **Таблица** во вкладке **Вставка** и выбрать команду **Вставить таблицу**.

3. В окне **Вставка таблицы** выбрать требуемое количество строк и столбцов, а также способ автоподбора ширины столбцов.

При *создании таблицы* можно воспользоваться имеющимися заготовками Microsoft Word или собственными, ранее *созданными таблицами:*

1. Установить *курсор* туда, где будет находиться создаваемая таблица.

2. Нажать кнопку **Таблица** во вкладке **Вставка** и выбрать команду **Экспресс-таблицы**.

3. Прокрутить список таблиц и выбрать нужную форму. Пользовательские таблицы, занесенные в список экспресс-таблиц, обычно располагаются в разделе **Общие** в конце списка.

В результате в документ будет вставлена готовая таблица, содержащая текст и соответствующее оформление. Оформление встроенных экспресс-таблиц Microsoft Word зависит от выбранной темы документа. Созданная таблица может иметь заголовок. Ненужный текст можно удалить. Можно также изменить оформление таблицы.

Копирование таблиц из документов Microsoft Excel

Таблицу из документов (*рабочих книг*) Microsoft *Excel* можно копировать в документ Microsoft Word с помощью буфера обмена. Вставляемая таблица может быть связанной или несвязанной. В связанной таблице данные могут обновляться при изменении данных в исходной таблице Microsoft *Excel*. В несвязанной таблице обновление данных не происходит (рис. 61):

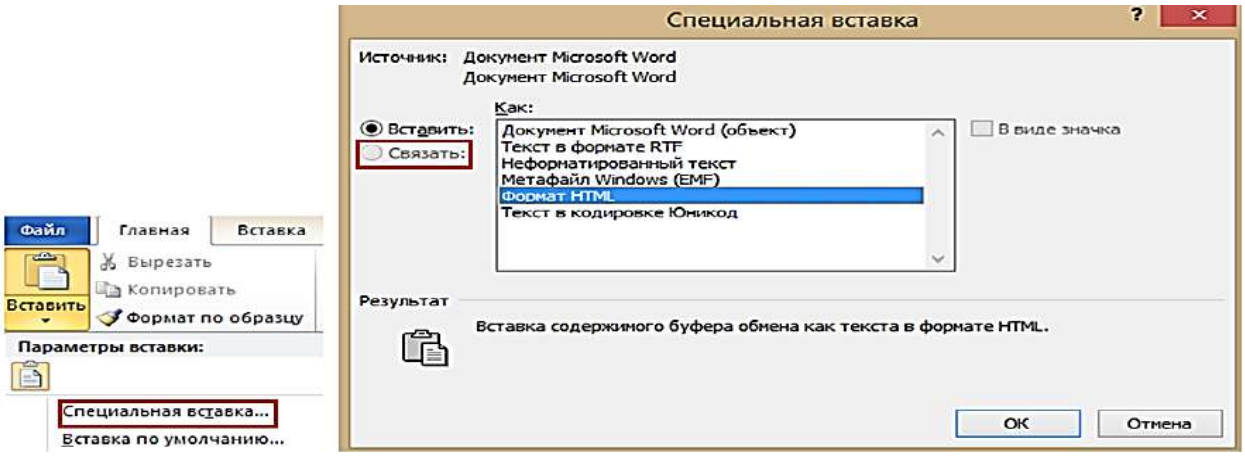


Рис. 61. Вставка связанной таблицы Microsoft Excel

1. Выделить таблицу или *фрагмент* таблицы на листе документа Microsoft *Excel* и скопировать ее в буфер обмена.

2. Установить *курсор* туда, где будет находиться вставляемая таблица.

3. Для вставки несвязанной таблицы нажать кнопку **Вставить** во ке **Главная**.

4. Для вставки связанной таблицы щелкнуть по стрелке кнопки **Вставить** во вкладке **Главная** и выбрать команду **Специальная вставка**. В

окне **Специальная вставка** установить *переключатель* **Связать** и выбрать формат вставляемой таблицы.

Параметрами обновления связанной таблицы можно управлять:

1. Перейти во вкладку **Файл** и выбрать команду **Сведения**.

2. В разделе вкладки **Сведения** нажать кнопку **Изменить связи с файлами**.

3. В окне **Связи** в разделе **Способ обновления связи** выбрать требуемый параметр.

Преобразование текста в таблицу

Для преобразования текста в таблицу необходимо разделить текст с помощью табуляции, точки с запятой или другого знака – разделителя, чтобы указать начало нового столбца. Строка таблицы отмечается знаком абзаца:

1. Выделить *фрагмент* документа, преобразуемый в таблицу.

2. Щелкнуть кнопку **Таблица** во вкладке **Вставка** и выбрать команду **Преобразовать в таблицу** (рис. 62).

3. В окне **Преобразовать в таблицу** в *счетчике* **Число столбцов** установить число столбцов создаваемой таблицы (число строк устанавливается автоматически); в разделе **Автоподбор ширины столбцов** выбрать способ изменения ширины столбцов таблицы (при выборе параметра **постоянная** можно указать ширину столбцов); выбрать знак разделителя.

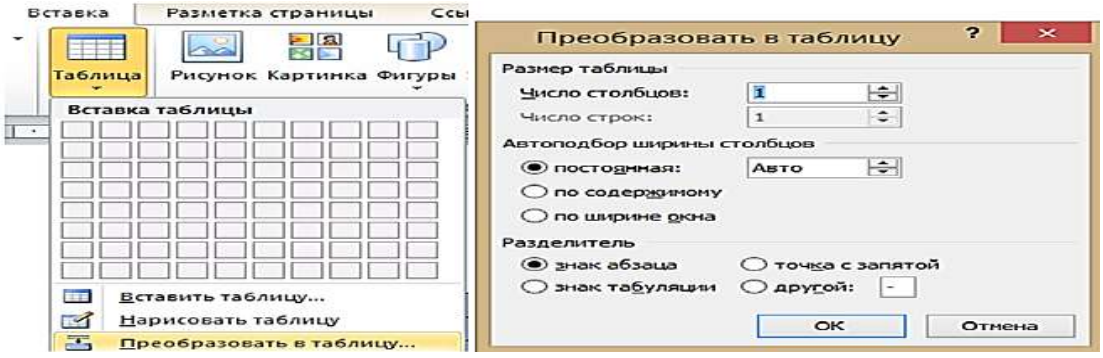


Рис. 62. Преобразование текста в таблицу

Добавление столбцов

Для добавления столбцов в таблицу можно воспользоваться контекстной вкладкой **Макет:**

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* столбца таблицы, левее или правее которого требуется вставить новый столбец.

2. Нажать кнопку **Вставить слева** или **Вставить справа** группы **Строки и столбцы** (рис. 63).

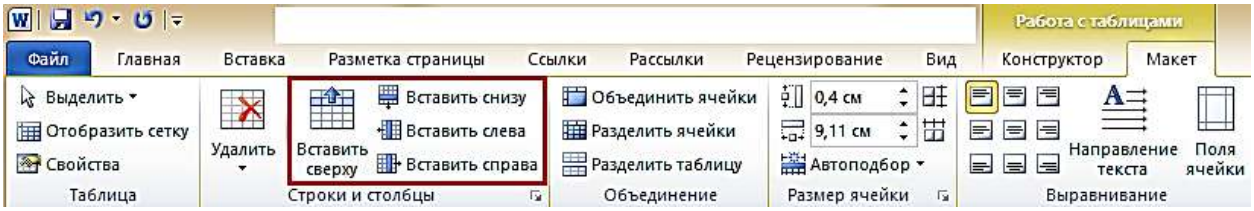


Рис. 63. Добавление столбцов с использованием контекстной вкладки «Макет»

При работе в других вкладках для вставки столбцов можно воспользоваться контекстным меню:

1. Щелкнуть правой кнопкой *мыши* по любой *ячейке* столбца таблицы, левее или правее которого требуется вставить новый столбец, и выбрать команду **Вставить**.

2. В подчиненном меню выбрать команду **Вставить столбцы слева** или **Вставить столбцы справа**.

Если в таблицу требуется вставить сразу несколько новых столбцов, то следует выделить в таблице такое же число столбцов, а затем воспользоваться любым способом, описанным выше.

Удаление элементов таблицы

Удаление строк и столбцов

Для удаления строк и столбцов таблицы можно воспользоваться контекстной вкладкой **Макет:**

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* удаляемой строки или удаляемого столбца таблицы.

2. Нажать кнопку **Удалить** группы **Строки и столбцы** (рис. 64) и в меню выбрать соответствующую команду (**Удалить строки или Удалить столбцы**).

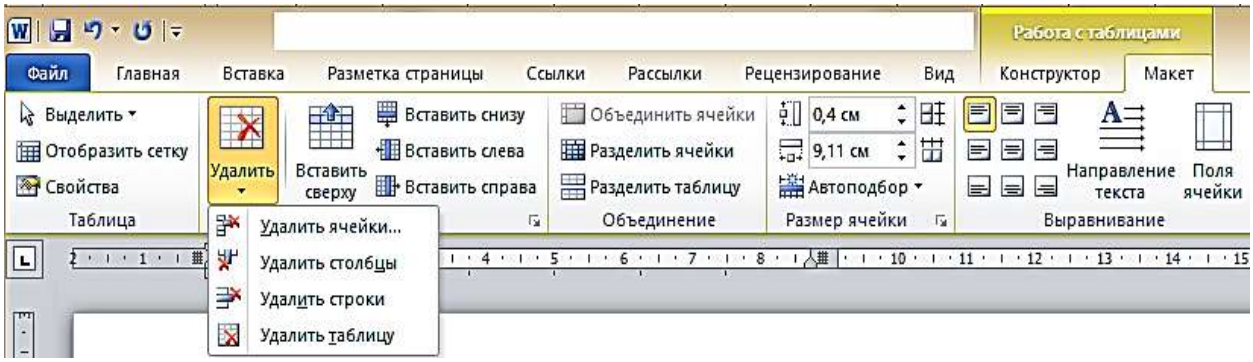


Рис. 64. Удаление строк и столбцов с использованием контекстной вкладки «Макет»

При работе в других вкладках для удаления строк и столбцов можно воспользоваться клавиатурой или контекстным меню:

1. Выделить удаляемую строку (удаляемый столбец).

2. Нажать клавишу **BackSpase** или щелкнуть правой кнопкой *мыши* по выделенному элементу таблицы и выбрать команду **Удалить строки** (**Удалить столбцы**).

Если в таблице требуется удалить сразу несколько строк или столбцов, то следует их выделить, а затем воспользоваться любым из описанных выше способов.

Удаление ячеек

Удаление ячеек может потребоваться для исправления структуры таблицы:

1. Установить *курсор* в *ячейку*, нажать кнопку **Удалить** группы **Строки и столбцы**, и выбрать команду **Удалить ячейки** или щелкнуть правой кнопкой *мыши* по *ячейке* и выбрать команду контекстного ню **Удалить ячейки**.

2. В появившемся окне выбрать направление сдвига существующих ячеек таблицы.

Изменение размеров элементов таблицы

Высоту строки можно изменить перетаскиванием *нижней границы* строки:

1. Навести *указатель мыши* на границу строки так, чтобы он превратился в *двунаправленную* стрелку (рис. 65).

2. Нажать на левую кнопку *мыши* и перетащить границу строки.

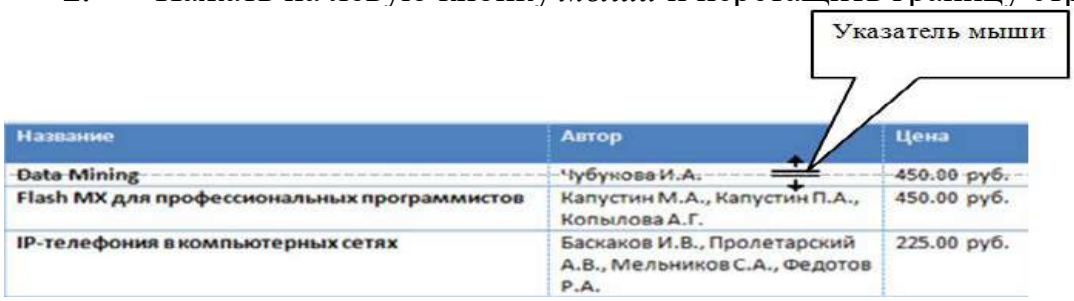


Рис. 65. Изменение высоты строки перетаскиванием границы

Если при этом держать нажатой клавишу **Alt**, то на вертикальной линейке будет указана высота каждой строки таблицы.

Для установки *высоты* строк в таблице можно воспользоваться контекстной вкладкой **Макет:**

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* строки таблицы или выделить несколько смежных строк.

2. В *счетчике* **Высота строки таблицы** группы **Размер ячейки** установить требуемое значение.

Высота строк обычно устанавливается в режиме автоподбора. Например, если установлена высота строки 0,7 см, то при увеличении количества текста или *размера шрифта* в *ячейках* строки высота будет автоматически увеличиваться.

Изменение ширины столбцов

Ширину столбца можно изменить перетаскиванием его границы. Следует иметь в виду, что при этом может изменяться ширина смежных столбцов:

1. Навести *указатель мыши* на границу столбца так, чтобы он превратился в *двунаправленную* стрелку.

2. Нажать на левую кнопку *мыши* и перетащить границу столбца.

Если при этом держать нажатой клавишу **Alt**, то на горизонтальной линейке будет указана ширина каждого столбца таблицы без учета левого и правого полей ячеек.

Для установки ширины столбцов в таблице можно воспользоваться контекстной вкладкой **Макет:**

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* столбца таблицы или выделить несколько смежных столбцов.

2. В *счетчике* **Ширина столбца таблицы** группы **Размер ячейки** установите требуемое значение.

Автоподбор ширины столбцов

Можно подобрать ширину столбцов в зависимости от количества текста в *ячейках:*

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* таблицы.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Размер ячейки** нажать кнопку **Автоподбор** и выбрать требуемый вариант.

Автоподбор по содержимому – автоматическое изменение ширины столбцов в таблице по размеру вводимого текста. Автоподбор по ширине окна – автоматическое изменение ширины столбцов таким образом, чтобы таблица занимала всю ширину страницы. При изменении параметров страницы (поля,

ориентация страницы, размер бумаги) ширина таблицы изменяется автоматически. Фиксированная ширина столбцов – прекращение режима автоподбора ширины столбцов.

Выравнивание высоты строк и ширины столбцов

Можно выровнять *высоту* нескольких смежных строк или всех строк таблицы:

1. В первом случае выделить выравниваемые строки, во втором – достаточно установить *курсор* в любую *ячейку* таблицы.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Размер ячейки** нажать кнопку **Выровнять высоту строк.**

Для выделенных строк или всех строк таблицы будет установлено *среднее значение высоты*, но таким образом, чтобы полностью отображалось содержимое самой высокой строки.

Одновременное изменение высоты всех строк и ширины всех столбцов таблицы

1. Навести *указатель мыши* на маркер таблицы, расположенный около ее правого нижнего угла так, чтобы он превратился в *двунаправленную* стрелку.

2. Нажать на левую кнопку *мыши* и перетащить маркер. В процессе перетаскивания *указатель мыши* примет вид крестика, а граница таблицы будет отображаться пунктиром.

Объединение ячеек

Объединять можно только смежные *ячейки*, которые суммарно образуют прямоугольную область:

1. Выделить объединяемые *ячейки*.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Объединить** нажать кнопку **Объединить ячейки**.

При работе в других вкладках для *объединения* ячеек можно щелкнуть правой кнопкой *мыши* по выделенным ячейкам и в контекстном меню выбрать команду **Объединить ячейки**.

Разделение ячеек

Ячейку можно разделить на части, как по вертикали (столбцы), так и по горизонтали (строки):

1. Установить *курсор* в разделяемой *ячейке* или выделить несколько разделяемых ячеек.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Объединить** нажать кнопку **Разбить ячейки**.

3. В окне **Разбиение ячеек** указать требуемое число столбцов и строк, на которые разделяется ячейка.

Разделение таблицы

Таблицу можно разделить по горизонтали:

1. Установить *курсор* в любой *ячейке* строки, с которой будет начинаться новая таблица.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Объединить** нажать ку **Разбить таблицу** или нажать комбинацию клавиш **Ctrl + Shift + Enter**.

Сортировка. Для этого следует в окне **Сортировка** в списке поля **Затем по** выбрать столбец, по данным которого следует сортировать строки таблицы после *сортировки* по данным первого столбца.

При наличии повторяющихся записей в первом и втором столбцах можно произвести еще одну *сортировку*.

Сортировка ячеек столбца

1. Выделить *ячейки* столбца, подлежащие *сортировке*.

2. Нажать кнопку **Сортировка** в ки **Главная** или в группе **Данные** вкладки **Макет**.

3. В окне **Сортировка** в списке поля **Тип** можно выбрать *тип данных*, по которым сортируется таблица, но обычно Word это делает автоматически. Установить *переключатель* направления *сортировки* (**по возрастанию** или **по убыванию**). Нажать кнопку **Параметры**.

4. В окне **Параметры сортировки** установите флажок **Только столбцы**.

Вычисления в таблице

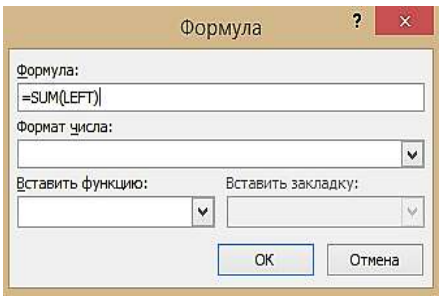
В таблицах Word можно выполнять несложные вычисления с использованием формул:

1. Установить *курсор* в *ячейку* таблицы, в которой требуется получить результат вычисления.



2. Во вкладке **Макет** в группе **Данные** нажать кнопку .

3. В окне **Формула** в поле **Формула** ввести *формулу*. Для выбора функции можно воспользоваться списком поля **Вставить функцию** (рис. 66). При желании в списке поля **Формат числа** можно выбрать числовой результат вычисления (*числовой с разделителем разрядов, денежный*, *процентный*).



Фамилия	Оценки					Суммарный балл
	Мат	Рус	Физ	Ист	Англ	
Авдошенков	4	5	4	4	5	*[Формула=SUM(LEFT)]*22
Бирюков	3	4	3	4	3	?
Волкова	5	3	4	5	4	?
Глазырина	4	4	4	4	4	?
Дозморова	5	5	4	5	5	?
Средний балл	4,2	?	?	?	?	?

[Формула=AVERAGE(ABOVE)]

При вводе формулы
Установите курсор в ячейку для ответа.
В меню выбрать Таблица / Формула.
Написать формулу или Вставить нужную функцию.

Основные функции
=SUM( ) – находит сумму величин в списке
=MAX( ) – находит наибольшее значение в списке
=MIN( ) – находит наименьшее значение в списке
=AVERAGE( ) – находит среднее значение в списке

Виды диапазонов
LEFT – слева от данного поля
RIGHT – справа от данного поля
ABOVE – над данным полем
A1 : C2 – блок : ячейки от A1 до C2
A1 ; C2 – две ячейки: A1 и C2

Рис. 66. Создание формулы в ячейке, в таблице

Перенос заголовков таблицы на следующую страницу

При *создании таблиц*, размещаемых на нескольких страницах, необходимо, чтобы названия столбцов таблицы отображались и печатались на каждой странице документа:

1. Установить *курсор* в первую строку таблицы или, если в качестве заголовков используется несколько первых строк, выделить их.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Данные** нажать кнопку **Повторить строки заголовков** (рис. 67).

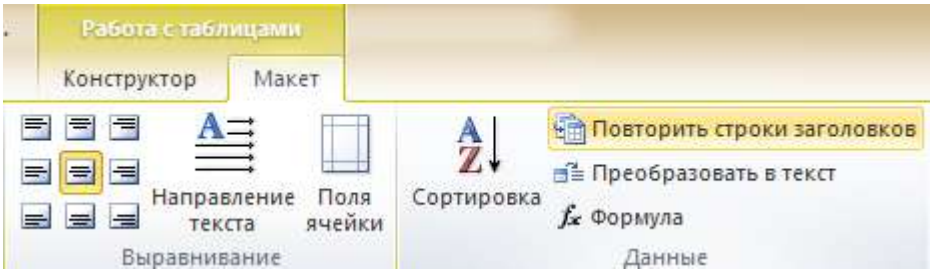


Рис. 67. Перенос строки заголовков таблицы на следующую страницу

Преобразование таблицы в текст:

Всю таблицу или ее фрагмент можно преобразовать в текст:

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* таблицы или выделить преобразуемый *диапазон.*

2. Во вкладке **Макет** в группе **Данные** нажать кнопку **Преобразовать в текст**.

3. В окне **Преобразование в текст** указать символ, который будет разделять фрагмент текста, сформированного из отдельных ячеек таблицы. Это может быть один из типовых символов (знак абзаца, знак табуляции или точка с запятой) или любой другой символ, например, точка, пробел, запятая и т. п. В этом случае установить *переключатель* **другой**, поставить *курсор* в рядом расположенное поле и с клавиатуры ввести символ разделителя. Если таблица содержит *вложенные таблицы*, их также можно преобразовать в текст (включить флажок **Вложенные таблицы**).

2.11. РИСУНКИ И ГРАФИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ MS WORD

Для вставки в документ графических объектов используют элементы группы **Иллюстрации** вкладки **Вставка**.

Для работы с рисунками из графических файлов и коллекции клипов в Microsoft Word применяют контекстную вкладку **Формат** группы вкладок **Работа с рисунками**. Эта вкладка автоматически отображается при выделении рисунка. Для выделения рисунка следует щелкнуть по нему *мышью*. Признаком выделения являются маркеры рисунка (рис. 68).

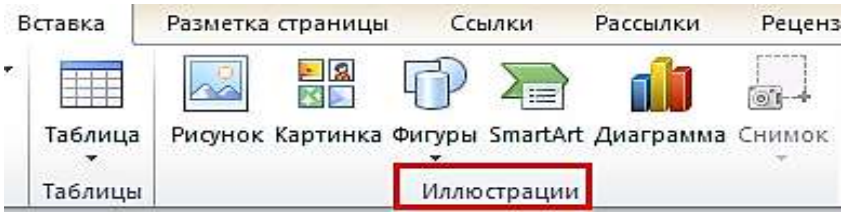


Рис. 68. Вкладка «Работа с рисунками»

Изменение режима обтекания

Первоначально рисунок вставляется непосредственно в текст документа как *встроенный объект* без *обтекания текстом:*

Для того чтобы рисунок можно было свободно перемещать в документе, следует установить для него один из режимов *обтекания текстом*:

1. Выделить рисунок.

2. Щелкнуть по кнопке **Обтекание текстом** в группе **Упорядочить** вкладки **Формат (**Появляется вверху экрана во вкладке **Работа с рисунками).**

3. В появившемся меню (рис. 69) выбрать один из вариантов обтекания: **Вокруг рамки**, **По контуру**, **За текстом**, **Перед текстом** или др. вариант обтекания.

При группировке нескольких фигур стиль обтекания у всех выделяемых фигур должен быть одинаковым (например, **Перед текстом**).

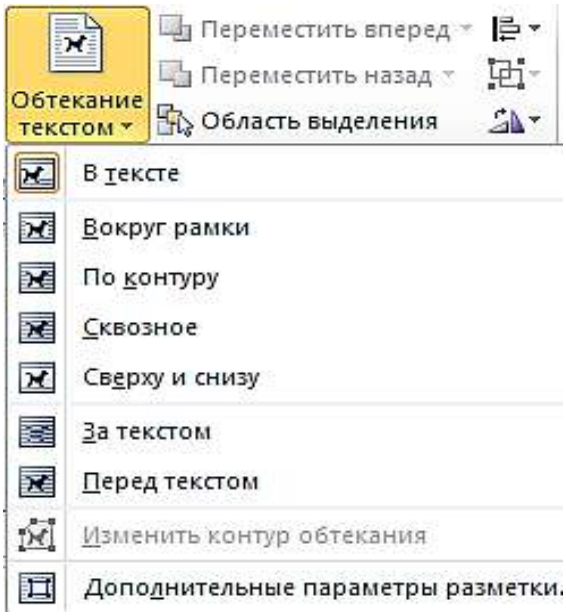


Рис. 69. Выбор режима (Стиля) обтекания фигуры

Дополнительные параметры разметки

Во вкладке **Положение** окна **Разметка** можно выбрать выравнивание рисунка или настроить положение рисунка на странице относительно элементов документа: краев страницы, полей, колонок текста и т. д.

Края рисунка можно обрезать, придав ему определенную форму. Изменение формы может иметь смысл в основном для рисунков из графических файлов. Например, прямоугольному рисунку можно придать овальную форму:

1. Выделить рисунок.

2. Во вкладке **Формат** в группе **Размер** щелкнуть по стрелке кнопки **Обрезка**, выбрать команду **Обрезать по фигуре** и в появившейся галерее выбрать фигуру. При работе с галереей форм функция динамического просмотра не действует.

Повернуть рисунок на произвольный угол можно вручную перетаскиванием его маркера поворота.

Для поворота рисунка на 90º в ту или иную сторону, а также для отражения рисунка можно воспользоваться вкладкой **Формат:**

1. Выделить рисунок.

2. В группе **Упорядочить** нажать кнопку **Повернуть** и выбрать вариант поворота или отражения рисунка. При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант поворота (отражения) срабатывает функция динамического просмотра, и рисунок отображается в соответствии с выбранным вариантом.

Настройка резкости, яркости и контрастности

Резкость изображения, его яркость и контрастность можно изменять.

Можно выбрать один из вариантов резкости, яркости и контрастности изображения:

1. Выделить рисунок.

2. В группе **Изменить** вкладки **Формат** нажать кнопку **Коррекция** и в появившейся галерее в разделе **Настройка резкости** выбрать один из вариантов понижения (-50 % или -25 %) или повышения (25 % или 50 %) резкости. При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант отображается *всплывающая подсказка* с указанием величины изменения резкости, и срабатывает функция динамического просмотра, в результате чего рисунок отображается с выбранным параметром (рис. 70).

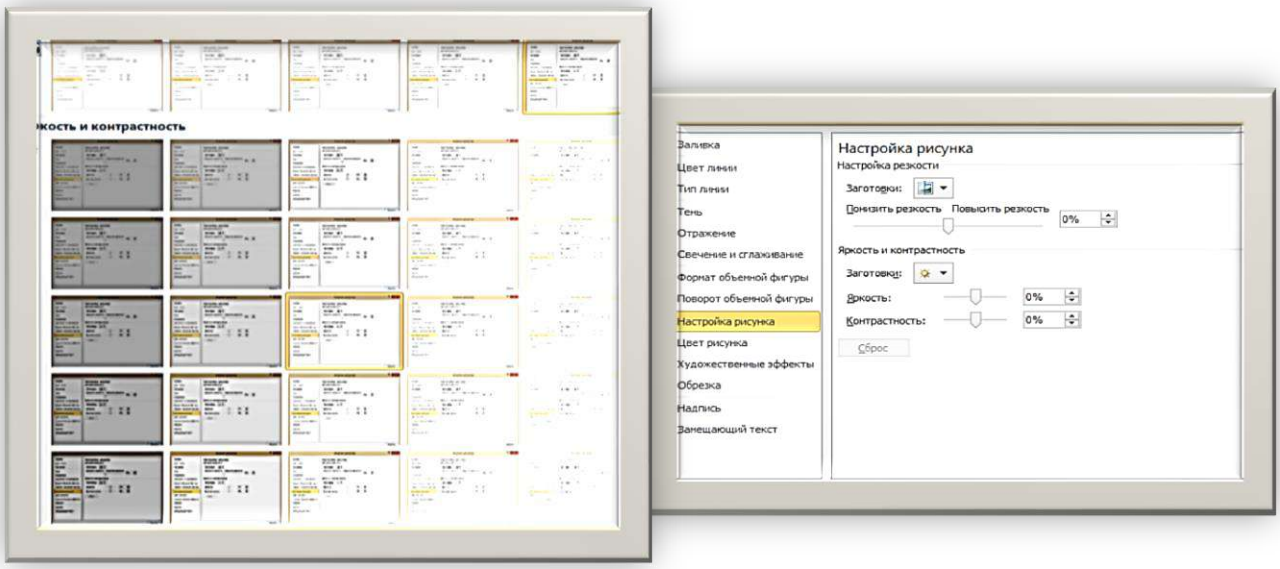


Рис. 70. Настройка резкости, яркости, контрастности и стиля рисунка

В группе **Изменение** вкладки **Формат** нажать кнопку **Коррекция** и в появившейся галерее в разделе **Яркость и контрастность** выбрать одну из заготовок *коррекции* изображения. При наведении *указателя мыши* на выбираемую заготовку отображается *всплывающая подсказка* с указанием величины изменения яркости и контрастности, и срабатывает функция динамического просмотра, в результате чего рисунок отображается с выбранными параметрами.

При активизации вкладки **Параметры коррекции рисунка** настройка выбранных параметров может быть осуществлена вручную.

Выбор стиля рисунка

При оформлении рисунка можно воспользоваться имеющимися заготовками (стилями) Microsoft Word. Следует иметь в виду, что при выборе стиля отменяются все настроенные ранее параметры рамки рисунка, выбранные формы, эффекты и заливки:

1. Выделить рисунок.

2. Во вкладке **Формат** в группе **Стили рисунков** прокрутить список стилей или щелкнуть по значку **Дополнительные параметры**, чтобы развернуть список стилей и выбрать нужный стиль. При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант срабатывает функция динамического просмотра, и рисунок отображается в выбранном стиле (см. рис. 70).

Установка рамки

Рамка устанавливается одинаково для всех рисунков, независимо от режима обтекания:

1. Выделить рисунок.

2. Щелкнуть по кнопке **Граница рисунка** в группе **Стили рисунков** вкладки **Формат**.

3. В появившейся галерее выбрать цвет линии.

4. Щелкнуть еще раз по кнопке **Граница рисунка**, выбрать команду **Толщина** и в подчиненной галерее выбрать толщину линии.

5. При необходимости щелкнуть еще раз по кнопке **Граница рисунка**, выбрать команду **Штрихи** и в подчиненной галерее выбрать тип штриховой линии.

6. При работе с галереей границ действует функция динамического просмотра, и при наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант рисунок отображается с выбранными параметрами рамки.

2.12. РАССЫЛКИ И СЛИЯНИЕ

Использование слияния

Слияние применяется в тех случаях, когда необходимо создать набор однотипных документов, каждый из которых содержит уникальные элементы.

С помощью слияния можно создавать следующие документы:

Комплект конвертов. Обратные адреса на всех конвертах одинаковы, однако адрес получателя в каждом случае является уникальным.

Комплект наклеек с адресами. На каждой наклейке приводятся фамилия и адрес, который являются уникальными.

Комплект писем или сообщений электронной почты. Основное содержимое всех писем является одинаковым, но каждое из них содержит сведения, предназначенные для определенного получателя.

Чтобы вручную создать каждый документ, письмо, сообщение, факс, наклейку, конверт потребовалось бы много времени. Вместо этого можно воспользоваться **Слиянием**. Нужно создать всего лишь один документ, содержащий стандартную информацию для всех экземпляров, и добавить несколько заполнителей для информации, которая уникальна для каждого экземпляра.

Для слияния используются элементы вкладки **Рассылки**.

Основной документ – документ, содержащий данные, которые остаются при слиянии неизменными во всех производных документах, например обратный адрес или текст письма.

Источник данных – файл, содержащий сведения, предназначенные для объединения с документом. Например, список имен и адресов, которые требуется использовать при слиянии. Для использования сведений из источника данных необходимо сначала подключиться к этому **Источнику данных**.

Поле слияния – поле, вставляемое в том месте основного документа, куда следует поместить фактические данные из **Источника данных**. Например, вставка поля слияния **Фамилия** позволяет вставить в документ значение **Иванов**, которое хранится в поле данных **Фамилия**.

Составной документ – документ, полученный слиянием основного документа и данных из **Источника данных**.

Подготовка документов к слиянию

Создать **Основной документ**. Ввести постоянный текст, добавить необходимые элементы (таблицы, рисунки и др.), установить параметры страницы, оформить документ. Сохранить документ. Например, **Основным документом** будет информация, например, о заседании кафедры (рис. 71).

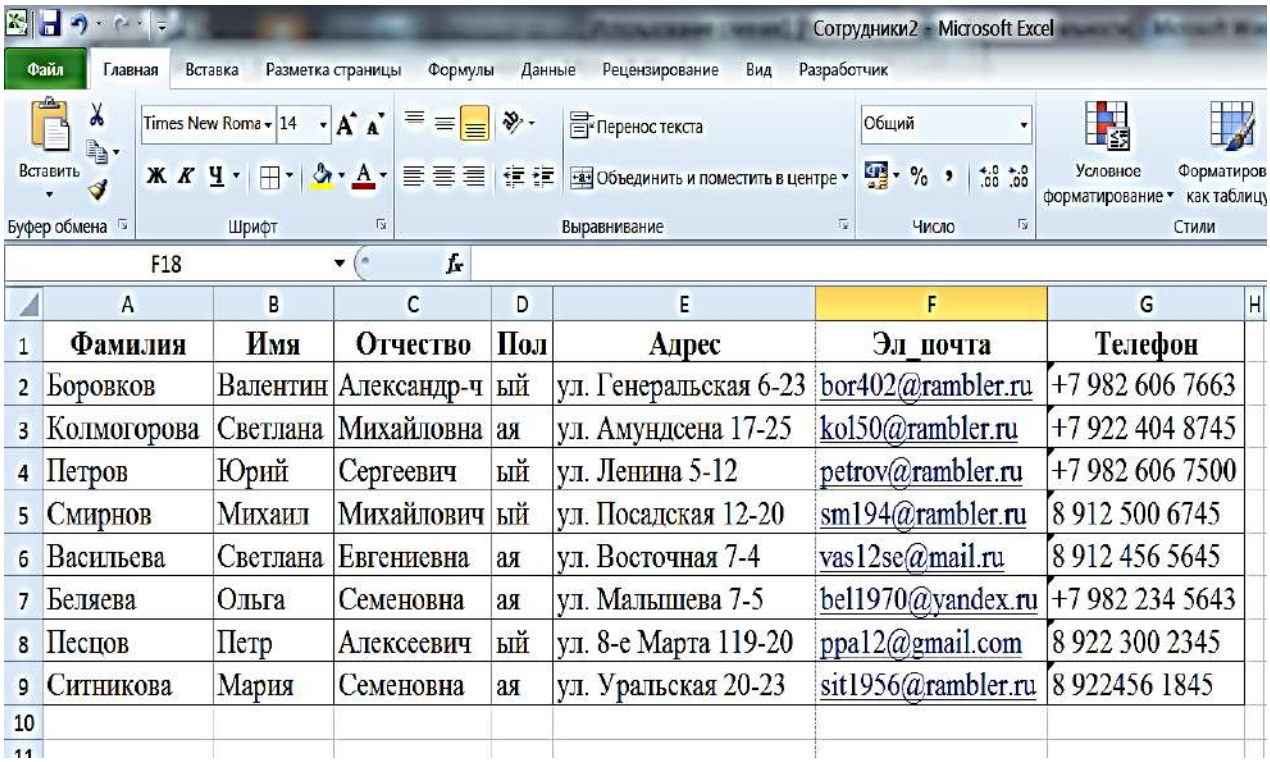
Почта e-mail: _____
Адрес: _____, телефон _____

Уважаем____,
_____!
напоминаем вам, что 25.03.2017 г в 12 часов в ауд. 2344
состоится заседание кафедры информатики.
Ваше присутствие обязательно.

Секретарь кафедры информатики
Тел. 257-41-92

Рис. 71. Схема **Основного документа** («Шаблон»)

Создать **Источник данных**. Источником данных могут быть файлы Word, Excel, базы данных Access, списки адресов Microsoft Outlook и т. д., содержащие организованные данные. Например, это будет файл Excel со списками сотрудников кафедры (рис. 72).



	A	B	C	D	E	F	G
1	**Фамилия**	**Имя**	**Отчество**	**Пол**	**Адрес**	**Эл_почта**	**Телефон**
2	Боровков	Валентин	Александр-ч	ый	ул. Генеральская 6-23	bor402@rambler.ru	+7 982 606 7663
3	Колмогорова	Светлана	Михайловна	ая	ул. Амундсена 17-25	kol50@rambler.ru	+7 922 404 8745
4	Петров	Юрий	Сергеевич	ый	ул. Ленина 5-12	petrov@rambler.ru	+7 982 606 7500
5	Смирнов	Михаил	Михайлович	ый	ул. Посадская 12-20	sm194@rambler.ru	8 912 500 6745
6	Васильева	Светлана	Евгениевна	ая	ул. Восточная 7-4	vas12se@mail.ru	8 912 456 5645
7	Беляева	Ольга	Семеновна	ая	ул. Малышева 7-5	bel1970@yandex.ru	+7 982 234 5643
8	Песцов	Петр	Алексеевич	ый	ул. 8-е Марта 119-20	ppa12@gmail.com	8 922 300 2345
9	Ситникова	Мария	Семеновна	ая	ул. Уральская 20-23	sit1956@rambler.ru	8 922456 1845
10							

Рис. 72. Список сотрудников кафедры – **Источник данных**

Таблица со списком сотрудников (**Источник данных**) должна удовлетворять следующим требованиям:

– шапка таблицы должна быть простой – одна строка с уникальными названиями столбцов (без повторений и пустых ячеек);

– в таблице не должно быть объединенных ячеек;

– в таблице не должно быть пустых строк или столбцов (отдельные пустые ячейки допускаются);

– так как Excel или Word не смогут сами определить пол сотрудника по имени, то следует сделать отдельный столбец с обращением (господин, госпожа и т. п.) или с родовым окончанием (-ый или -ая) для обращения «Уважаем(ый)(ая)».

Слияние

Открыть шаблон письма в Word и запустить пошаговый **Мастер Слияния** на вкладке **Рассылки** кнопкой **Начать слияние** – **Пошаговый мастер слияния** (рис. 73).

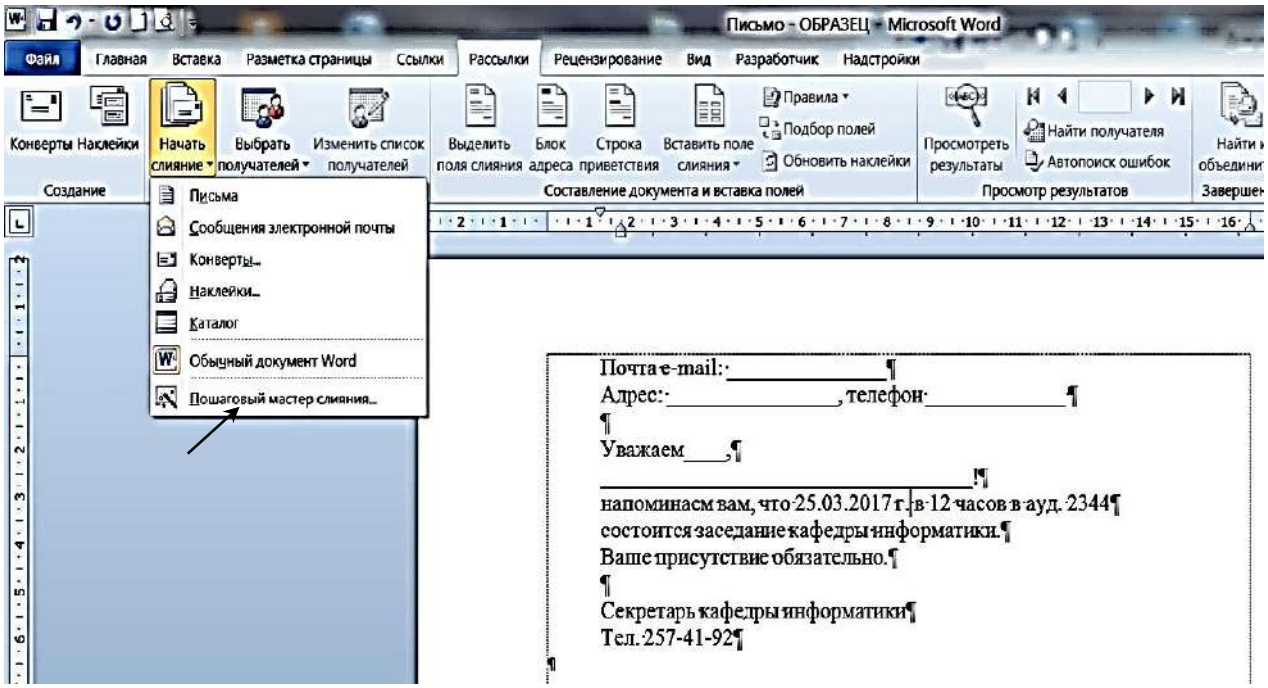


Рис. 73. Схема: **Рассылки** – **Начать слияние** – **Пошаговый мастер слияния**

Далее следует процесс из **6 этапов** (переключение между ними – с помощью кнопок **Вперед** или **Назад** в правом нижнем углу экрана, в области задач).

Этап 1. Выбор типа документа

На этом этапе пользователь должен выбрать тип тех документов, которые он хочет получить на выходе после слияния. Наш вариант – **Письма** (рис. 74) (возможен вариант: Электронное сообщение, Конверты, Наклейки, Каталог)

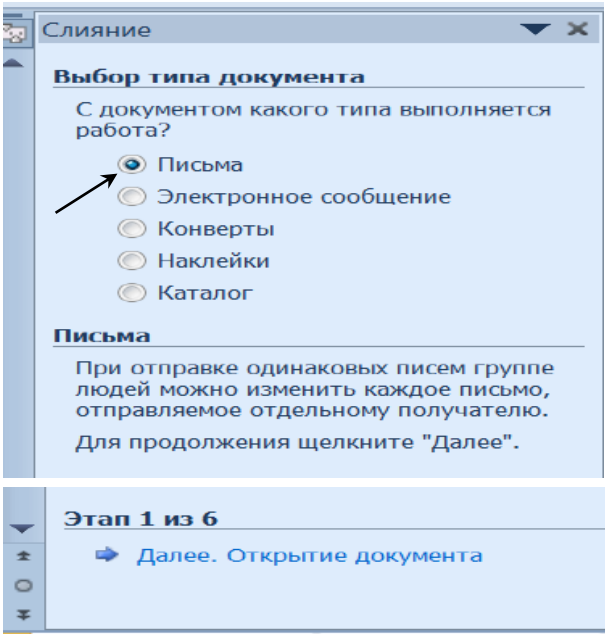


Рис. 74. Выбор типа документа (в данном случае – **Письма**)

и перейти к выполнению **этапа 2**, нажав в правом нижнем углу экрана вкладку:
➡**Далее. Открытие документа**

Этап 2. Открытие документа

На этом этапе необходимо определить, какой документ будет являться основой (заготовкой) для всех будущих однотипных сообщений. Выбираем – **Текущий документ** (рис. 75) и перейти к выполнению **этапа 3**, нажав в правом

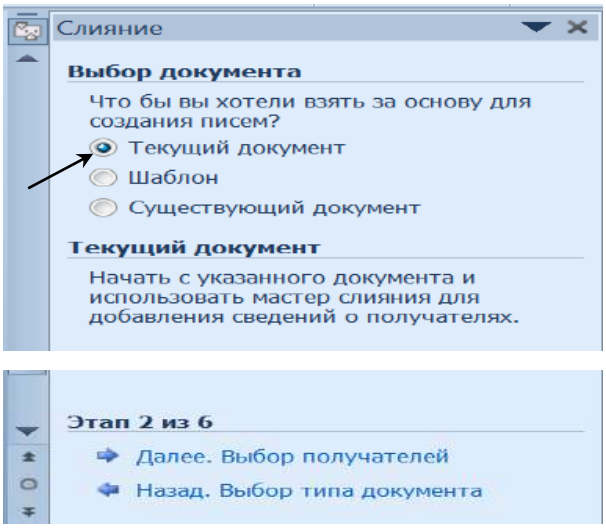


Рис. 75. Выбор **Текущего документа**

нижнем углу экрана вкладку:
➡**Далее. Выбор получателей**

Этап 3. Выбор получателей

На этом этапе подключаем **Список Сотрудников** из таблицы Excel к документу Word, нажав на вкладку **Обзор** (рис.76).

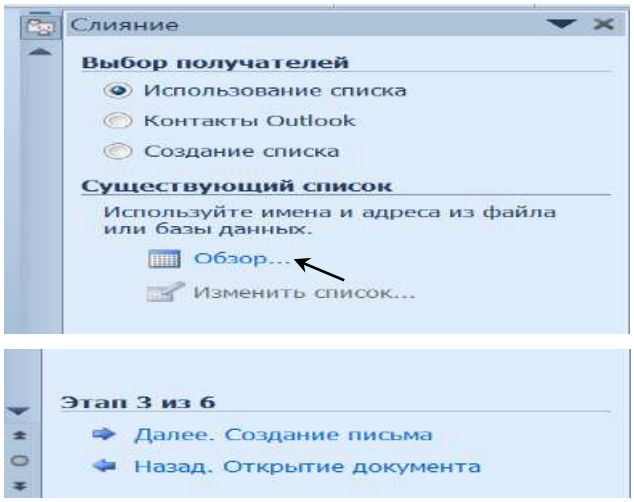


Рис. 76. Выбор получателей (через **Обзор**)

После этого в открывшемся диалоговом окне следует указать путь в каталоге, где находится файл со списком **Сотрудников** (таблица Excel, созданная ранее) и загрузить его **(Загрузить).**

Откроется окно (рис. 77) с указанием адреса листа на Excel таблице. В ней нужно указать Имя листа, на котором находится перечень сотрудников (см. рис. 72).

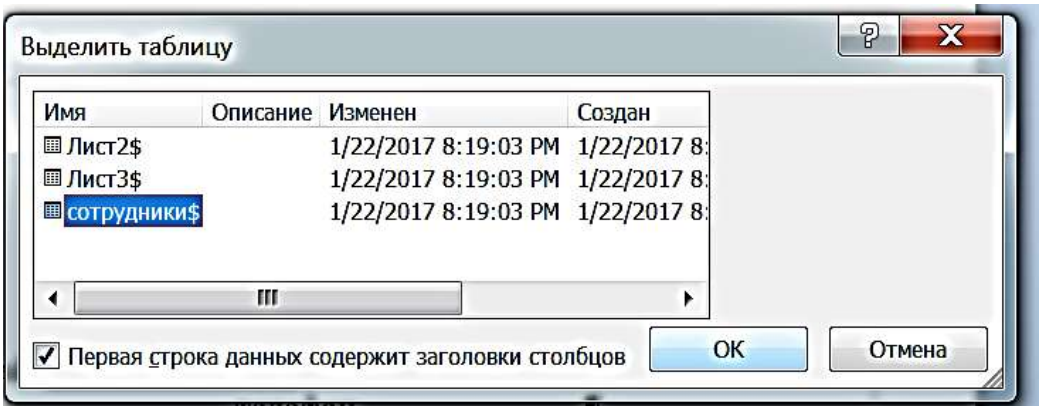


Рис. 77. Адрес листа в Excel таблице «Сотрудники»

На таблице «Выделить» лист с названием **сотрудники** (рис. 77) и нажать ОК. Откроется окно с таблицей **Получатели слияния** (рис. 78).

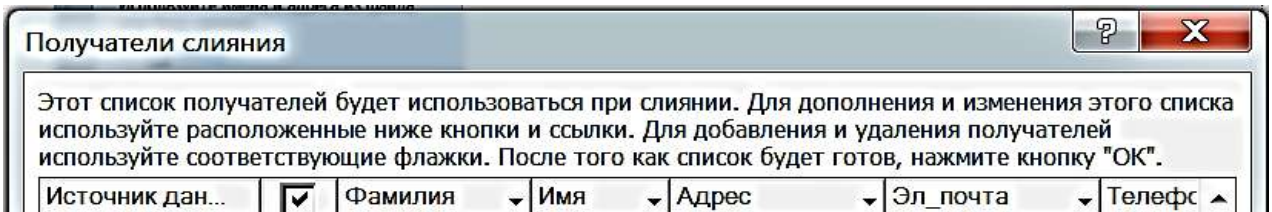


Рис. 78. Список сотрудников, сформированный из файла таблицы Excel

После выбора **Источника данных** (1-я колонка таблицы), Word позволит провести фильтрацию, сортировку и ручной отбор записей в окне **Получатели слияния** (см. рис. 78).

В таблице «Получатели слияния» (см. рис. 78) нажать кнопку ОК. Затем вызвать текст заготовленного письма – «**Основной документ**» (см. рис. 71) и

Почта e-mail: _____
Адрес: _____, телефон _____

Уважаем____,
_____!
напоминаем вам, что 25.03.2017 г. в 12 часов в ауд. 2344
состоится заседание кафедры информатики.
Ваше присутствие обязательно.

Секретарь кафедры информатики
Тел. 257-41-92

См. рис. 71. Схема **Основного документа** для заполнения полями слияния

перейти к выполнению этапа 4, нажав в правом нижнем углу экрана вкладку:
➡ **Далее. Создание письма**

Этап 4. Создание письма

На этом этапе пользователь должен указать, куда конкретно в документе должны поместиться данные из подключенного списка (рис. 79).

Почта e-mail: _____
Адрес: _____, телефон _____

Уважаем_____,
_____!
напоминаем вам, что 25.03.2017 г.в 12 часов в ауд. 2344
состоится заседание кафедры информатики.
Ваше присутствие обязательно.

Секретарь кафедры информатики
Тел. 257-41-92

В позиции, указанные стрелками, вставляется текст: Эл_почта, Адрес, Телефон, Пол, Фамилия, Имя, Отчество

Рис. 79. На рисунке стрелками показаны позиции для ввода полей слияния

Для ввода поля слияния необходимо установить курсор в точку вставки в письме – **Основной документ** (см. рис. 79) и щелкнуть по ссылке **Другие элементы** (рис. 80).

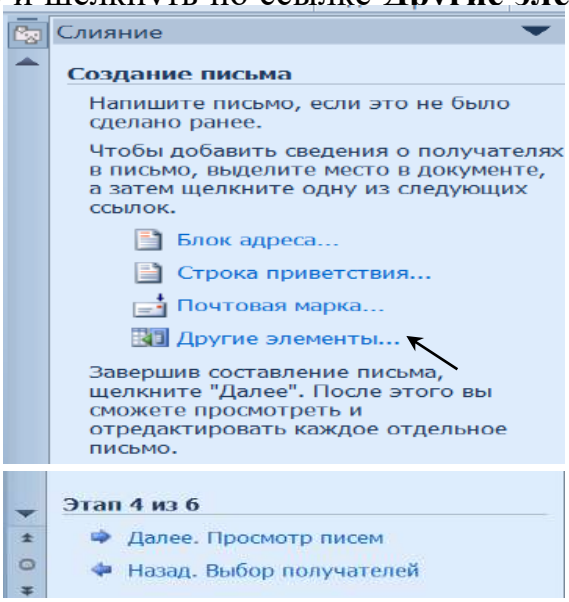


Рис. 80. Вывод Полей списка в основной документ (через вкладку **Другие элементы**)

Это действие выводит полный набор всех полей списка, из которого нужно выбрать поле для вставки (в нашем случае, первая позиция, это **Эл_почта**), нажать вкладку **Вставить**, затем **Закрыть** (рис. 81).

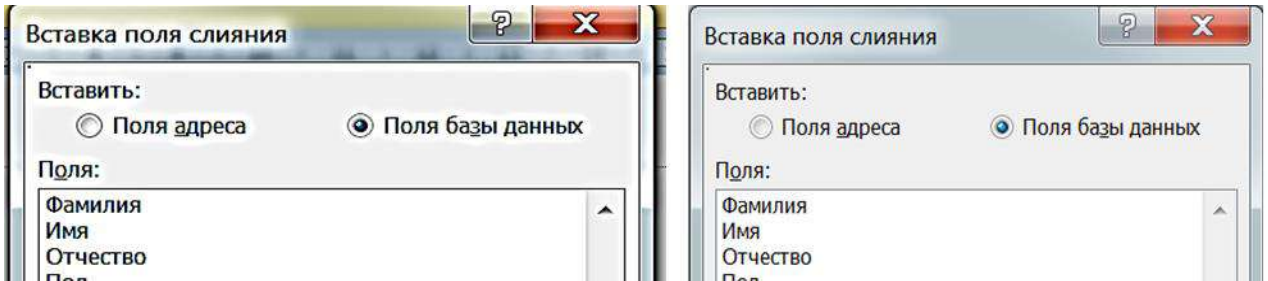


Рис. 81. Вставка полей слияния в документ Word

Затем перейти к **Основному документу** (см. рис. 79), к строке с Адресом, к позиции вставки, и в этой позиции строки, пропустив один пробел, щелкнуть указателем мыши. Затем вновь подойти к окну «Слияние, Создание письма», (см. рис. 80) и щелкнуть по записи **Другие элементы**. Затем **Вставить** и **Закрыть**.

Процесс ввода данных: **Телефон, Пол, Фамилия, Имя, Отчество** и др. элементы повторяется аналогичным образом (рис. 82):

e-mail: «Эл_почта»
Адрес: «Адрес», «Телефон»
Уважаем«Пол»!
«Фамилия» «Имя» «Отчество»,
напоминаем вам, что 25.03.2017 г. в 12 часов в ауд. 2344
состоится заседание кафедры информатики.
Ваше присутствие обязательно.

Секретарь кафедры информатики
Тел. 257-41-92

Рис. 82. Схема письма со вставленными **Полями слияния**

Затем перейти к выполнению **этапа 5**, нажав в правом нижнем углу экрана вкладку:

➡**Далее. Просмотр писем.**

Этап 5. Просмотр писем

На этом этапе пользователь уже может предварительно просмотреть результаты слияния, используя кнопки со стрелками (просматривая все письма в

соответствующей последовательности). При необходимости, также, можно посмотреть письмо любому получателю из набора.

После просмотра полученных писем – перейти к выполнению **этапа 6**, нажав в правом нижнем углу экрана вкладку:

➡**Далее. Завершение слияния.**

Этап 6. Завершение слияния

Нажатие ссылки **Печать** приведет к отправке результатов слияния на принтер (рис. 83).

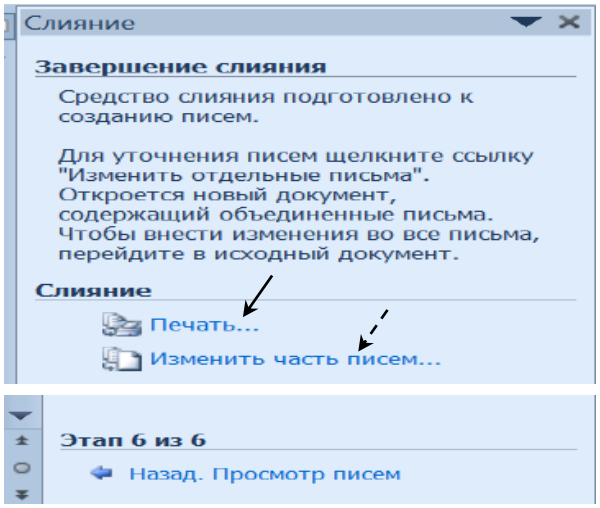


Рис. 83. Завершение слияния и вывод на печать созданных писем

Если необходимо распечатать все письма, то следует выделить позицию **«все»,** если же надо распечатать только часть документов, то следует указать их порядковые номера, например, **с 1 по 3** (рис. 84).

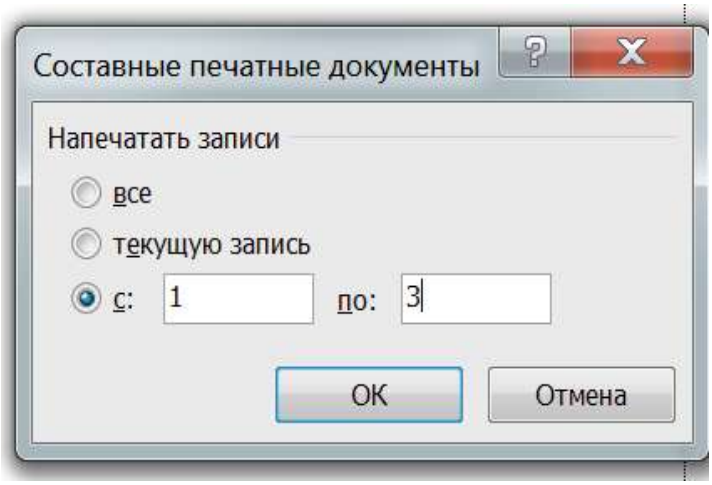


Рис. 84. Выбор порядковых номеров записей для печати

Если необходимо сохранить созданные в результате слияния документы для дальнейшего использования или требуется внести ручную правку в некото-

рые из документов, то лучше использовать ссылку **Изменить часть писем**, которая выведет результаты слияния в отдельный файл (см. рис. 83):

В результате слияния было создано письмо (рис. 85).

Почта e-mail: bor402@rambler.ru
Адрес: ул. Генеральская 6, 96, телефон +7 982 606 7500

Фоном выделен вставленный текст

Уважаемый,
Боровков Валентин Александрович!
напоминаем вам, что 25.03.2017 г. в 12 часов в ауд. 2344
состоится заседание кафедры информатики.
Ваше присутствие обязательно.

Секретарь кафедры информатики
Тел. 257-41-92

Рис. 85. Вариант письма для рассылки, созданный с помощью программы «**Рассылки**» и «**Слияние**» текстового редактора MS Word

Остальные письма другим сотрудникам кафедры автоматически будут заполнены нужными сведениями (здесь эти письма не приведены). Все письма останется только отправить по адресу, указанному на письме.

2.13. РАБОТА С КОЛОНТИТУЛАМИ

Колонтитулами называют области, расположенные в верхнем, нижнем и боковых полях каждой из страниц документа.

Колонтитулы могут содержать текст, таблицы, графические элементы. Например, в **Колонтитулы** можно включать номера страниц, время, дату, эмблему предприятия, название документа, *имя файла* и т. д.

Нельзя одновременно работать с основной частью документа и его **колонтитулами.**

Для перехода к созданию и/или редактированию **колонтитулов** дважды щелкнуть *мышью* в верхнем или нижнем поле страницы. При этом автоматически откроется специальная вкладка Word 2010 – **Работа с колонтитулами / Конструктор** (рис. 86).

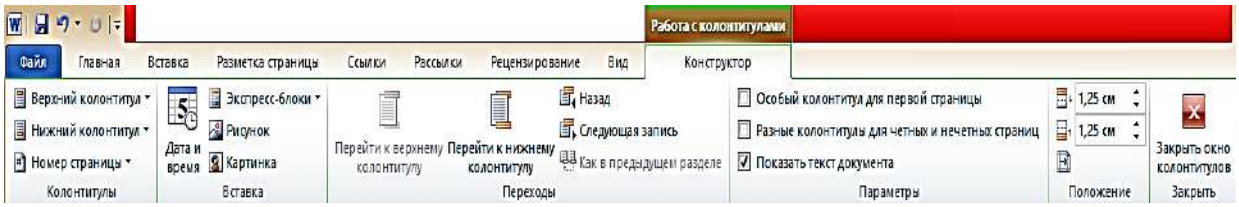


Рис. 86. Работа с колонтитулами

Высота колонтитулов определяется *счетчиками* группы **Положение** вкладки **Работа с колонтитулами / Конструктор**. В *счетчиках* устанавливается *расстояние* от края страницы до колонтитула. Например, если размер верхнего поля страницы установлен 2 см, а в *счетчике* установлено *расстояние* 1,25 см, то *высота* колонтитула – 0,75 см.

Если содержимое **Колонтитула** превышает установленную для него высоту, то размер поля не увеличивается, но текст на странице смещается вниз (при работе с *верхним колонтитулом*) или вверх (при работе с *нижним колонтитулом*).

Для *завершения работы* с Колонтитулами и возвращения к основной части документа нажать кнопку **Закрыть окно колонтитулов**.

Создание Колонтитулов

Вставка стандартного колонтитула:

1. Во вкладке **Вставка** в группе **Колонтитулы** щелкнуть по кнопке **Верхний колонтитул** или **Нижний колонтитул** и в появившемся списке выбрать один из предлагаемых колонтитулов.

2. В колонтитуле вместо подсказок ввести необходимый текст; он не обязательно должен соответствовать содержанию подсказки. Кроме текста можно вставлять таблицы или графические объекты.

3. При необходимости следует изменить оформление колонтитула.

4. Выйти из режима работы с колонтитулами.

Создание разных колонтитулов для первой, четных или нечетных страниц:

1. Перейти в режим отображения колонтитулов.

2. Во вкладке **Работа с колонтитулами / Конструктор** в группе **Параметры** установить соответствующие флажки (рис. 87).



Рис. 87. Создание различных колонтитулов

3. Последовательно создать все необходимые колонтитулы.

4. Выйти из режима работы с колонтитулами.

2.14. ПОДГОТОВКА К ПЕЧАТИ И ПЕЧАТЬ ДОКУМЕНТА

Установка параметров страниц

К основным параметрам страницы относятся размер страницы, поля и *ориентация страницы*.

Параметры страницы можно устанавливать как для всего документа, так и для его отдельных разделов.

Для выбора и установки параметров страницы используют элементы группы **Параметры страницы** вкладки **Разметка страницы** (см. рис. 88).



Рис. 88. Установка параметров страницы

Следует отметить, что по умолчанию параметры страницы устанавливаются не для всего документа, а только для текущего раздела, т. е. того, в котором в данный момент находится *курсор* или выделен конкретный *фрагмент*.

При наличии разрывов разделов в документе для установки параметров страницы всего документа необходимо предварительно выделять весь документ (Ctrl+A (латинская)) или пользоваться *диалоговым окном* **Параметры страницы**.

Установка полей страницы:

1. Во вкладке **Разметка страницы** в группе **Параметры страницы** щелкнуть по кнопке **Поля** и в появившемся меню выбрать один из предлагаемых вариантов. При наличии разделов в документе выбранный размер полей будет установлен только для текущего раздела.

2. Для выбора произвольного размера полей и/или применения их для всего документа выбрать команду **Настраиваемые поля**.

3. В *счетчиках* **Верхнее**, **Нижнее**, **Левое**, **Правое** вкладки **Поля** диалогового окна **Параметры страницы** установить требуемые раз-

меры полей. При необходимости выбрать требуемый параметр в раскрывающемся списке **Применить**.

При подготовке документа к печати на двух сторонах листа бумаги в раскрывающемся списке несколько страниц можно установить зеркальные поля страниц.

Выбор ориентации страницы:

1. Во вкладке **Разметка страницы** в группе **Параметры страницы** щелкнуть по кнопке **Ориентация** и в появившемся меню выбрать один из предлагаемых вариантов (рис. 89). При наличии разделов в документе выбранная ориентация будет установлена только для текущего раздела.

2. Во вкладке **Поля** диалогового окна **Параметры страницы** выбрать необходимую ориентацию и требуемый параметр в раскрывающемся списке **Применить**.

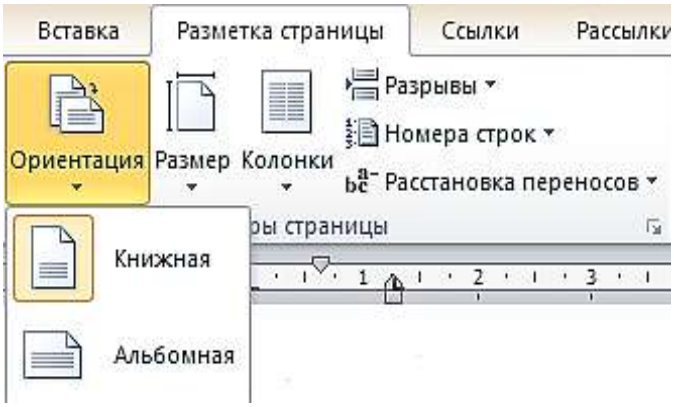
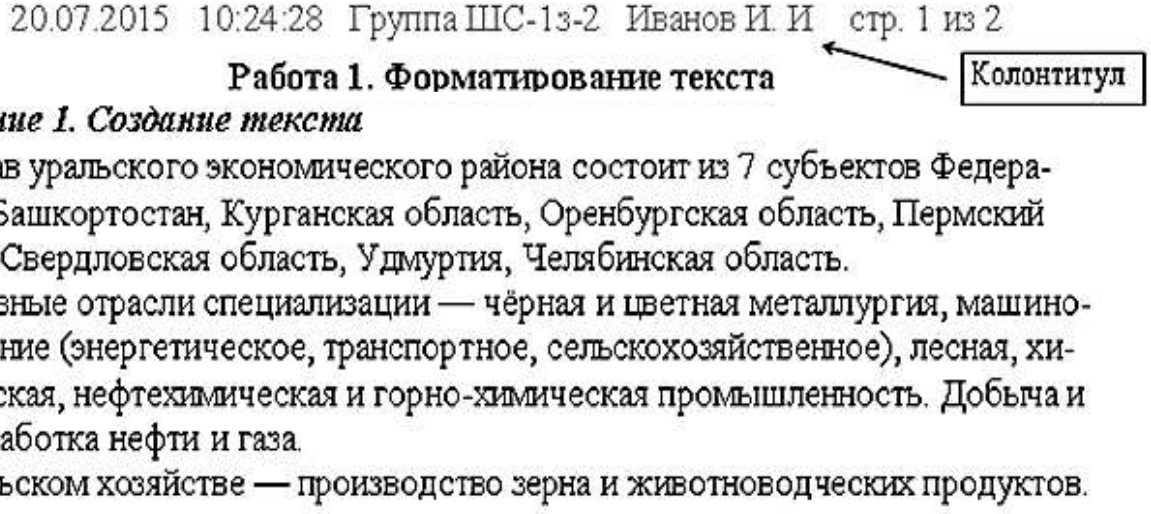


Рис. 89. Выбор ориентации страницы

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Для закрепления теоретического материала по курсу MS Word 2010 необходимо выполнить соответствующие лабораторные работы, которые приведены ниже.



Задание 3. Преобразование текста в таблицу

Состав уральского экономического района состоит из 7 субъектов Федерации:

Башкортостан, Курганская область, Оренбургская область, Пермский край, Свердловская область, Удмуртия, Челябинская область.	Основные отрасли специализации — чёрная и цветная металлургия, машиностроение (энергетическое, транспортное, сельскохозяйственное), лесная, химическая, нефтехимическая и горно-химическая промышленность. Добыча и переработка нефти и газа.	В сельском хозяйстве — производство зерна и животноводческих продуктов.

Задание 4. Создание таблицы с изменением направления текста

Состав уральского экономического района состоит из 7 субъектов Федерации:

Башкортостан	Курганская область	Оренбургская область	Пермский край	Свердловская область	Удмуртия	Челябинская область

Задание 5. Создание колонок с разделителем и буквицей.

Состав уральского экономического района состоит из 7 субъектов Федерации: Башкортостан, Курганская область, Оренбургская область, Пермский край, Свердловская область, Удмуртия, Челябинская область.

Основные отрасли специализации — чёрная и цветная металлургия, машиностроение (энергетическое, транспортное, сельскохозяйственное), лесная, химическая, нефтехимическая и горно-химическая

Задание 6. Создание 3 колонок с маркированным списком

Состав уральского экономического района состоит из 7 субъектов Федерации:

- Башкортостан
- Курганская область
- Оренбургская область
- Пермский край
- Свердловская область
- Удмуртия
- Челябинская область

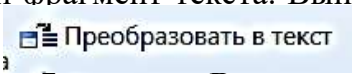
Задание 7. Создание колонтитула с номером страницы

Кроме того в название колонтитула вставить и дополнительный текст (например, свою Фамилию, № лаб. работы, дату, имя файла, № с. и т. д.)

Задание 8. Создание оглавления.

Задание 1. Создание текста.....1
Задание 2. Использование нумерованного списка.....1
Задание 3. Преобразование текста в таблицу.....1
Задание 4. Создание таблицы с изменением направления текста.....1
Задание 5. Создание колонок с разделителем и буквицей.....2
Задание 6. Создание 3 колонок с маркированным списком.....2
Задание 7. Создание колонтитула с номером страницы.....2
Задание 8. Создание оглавления.....2

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. *Задание 1.* Набрать предложенный текст и расположить его на странице.
2. *Задание 2.* Главная – Список –  Нумерованный.
3. *Задание 3.* Выделить нужный фрагмент текста. Выполнить команду Вставка – Таблица – Преобразовать таблицу – 

.
4. *Задание 4.* Создать таблицу из 7 колонок. Вставка – таблица. Задать в ячейках вертикальное направление текста – Работа с таблицей – Макет – Направление текста.
5. *Задание 5.* Разметка страницы – Колонки – число колонок, поставить разделитель колонок. Вставка – Буквица – указать параметры буквицы.
6. *Задание 6.* Создать три колонки – Разметка страницы – Колонки. Главная – Список —  Маркированный.

7. *Задание 7.* Вставка – Нижний или верхний колонтитул (Поле даты, поле времени, текст в котором Группа и Фамилия И. О., № и количество страниц).

8. *Задание 8.* Выделить заголовком, Задание 1, … , Задание 7. Главная – Заголовок 2. Ссылки – Оглавление.

Работа 2. Вычисления в таблицах текстового редактора MS Word

При вводе формулы

Установить курсор в ячейку для ответа.

В меню выбрать Таблица / Формула.

Написать формулу или Вставить нужную функцию.

Основные функции

=SUM( ) – находит сумму величин в списке

=MAX( ) – находит наибольшее значение в списке

=MIN( ) – находит наименьшее значение в списке

=AVERAGE( ) – находит среднее значение в списке

Виды диапазонов

LEFT – слева от данного поля

RIGHT – справа от данного поля

ABOVE – над данным полем

A1 : C2 – блок: ячейки от A1 до C2

A1 ; C2 – две ячейки: A1 и C2

Задание 1. Создать таблицу Word, вычислить средний и суммарный балл успеваемости (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Фамилия	Оценки					Суммарный балл
	матем.	рус.	физ.	ист.	англ.	
Кирюшин	4	5	4	3	3	*[Формула=SUM(LEFT)]*
Бирюков	3	4	3	4	3	?
Волкова	5	5	5	5	5	?
Глазырина	4	4	5	4	4	?
Дроздова	4	5	3	5	3	?
Средний балл	?	?	?	?	?	?

[Формула= AVERAGE *(ABOVE)]*

Задание 2. Создать таблицу в MS Word, и произвести в ней вычисления по позиции всего и общую сумму (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Рейтинг стран – поставщиков упаковки						
наименование товара	Общий объем	лидеры – экспортеры ($ млн)				другие ($ млн)
		Финляндия	Германия	Тур-ция	Китай	
Пленка из полиэтилена	3,274	0,753	0,589	–	–	1,932
Пленка из полиме-ров винилхлорида	5,334	–	0,960	1,547		2,827
Мешки текстильные	7,421	–	1,261	1,558	2,004	2,598
Тара из бумаги	49,323	13,813	9,371	2,446		23,693
Фольга алюминиевая	9,229	1,209	1,674	–	–	6,419
Тара из древесины	0,360	0,108	0,040			0,212
ВСЕГО:	***74,941***	***15,13***	***13,895***	***5,551***	***2,004***	***37,681***
Общая сумма:	***Здесь при вычислении: должно получиться число 149,202***					

[Формула= SUM *(B10:G10)]*

Задание 3. Создать таблицу MS Word, вычислить максимальное и минимальное количество осадков (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Количество осадков, мм				
	2014	2015	2016	максимальное
Итого				
Декабрь	25	17	28	
Январь	40	50	38	
Февраль	55	45	12	

минимальное				

Задание 4. Создать таблицу MS Word, вычислить итоговые оценки и средний балл



Успеваемость студентов факультета ИЭ									
Группа	Учебная дисциплина	Сведения об успеваемости студентов 1 семестр							
		Количество оценок						Всего оценок	Средний балл
		Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	Неявка			
УП-14-1	Графика	11	6	3	6	2		28	5,6
	Информатика	13	9	4	3	0		29	5,8
	Математика	10	11	1	2	2		26	5,2
	Физика	9	7	5	5	1		27	5,4
Итого		43	33	13	16	5		110	22
УП-14-2	Графика	8	11	2	3	4		*ВЫЧИСЛЯЕМ*	
	Информатика	14	8	3	2	1			
	Математика	12	10	1	0	3			
	Физика	10	9	2	1	2			
Итого		44	38	*ВЫЧИСЛЯЕМ*					

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА ПО КУРСУ ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 1

1. Что такое Интерфейс?
2. Что такое лента в MS Word?
3. Как запустить текстовый редактор MS Word?
4. Какие клавиши есть у «Мыши». Их назначение?
5. Где находится строка панели задач? Что на ней располагается?
6. Какие основные инструменты расположены на ленте? Перечислить их.
7. Что такое рабочая область документа?
8. Как осуществить настройку ленты инструментов?
9. Как скрыть ленту с инструментами? Как ее обратно вернуть на экран?
10. Что такое Вкладка «Файл». Какие элементы в нее входят?
11. Как пользоваться вкладками «Сохранить», «Сохранить как», «Открыть», «Закрыть», «Последние», «Создать»? Их назначение?
12. Как вызвать последний созданный ранее текстовый документ?
13. Как создать новый «чистый» лист документа?
14. Как вызвать Справку при настройке MS Word?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 2

1. Как открыть Файл? Как его загрузить на текстовую страницу?
2. Что такое «Двойной щелчок» (Клик) «Мышью»? Как эта операция выполняется?
3. Что такое «Проводник»? Как его вызывать? Какими клавишами?
4. Какие типы расширений файлов известны вам?
5. Какое расширение имеет Word–овский документ?
6. Чем (каким символом) отделяется расширение от самого имени файла?
7. Что такое «Режим ограниченной функциональности»?
8. В чем разница между пакетами Word 2010, Word 2003, Word 2002 или Word 2000. Совместимость текстовых документов, созданных в этих пакетах.
9. Что такое «Шаблон» для создания документа?
10. Как сохранить созданный шаблон?
11. Какое расширение для файла с именем «Шаблон»?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 3

1. Что такое ярлык документа? Где его можно найти?
2. Какие ярлыки имеются для просмотра документа? Где они находятся? В чем их отличие?
3. Какой режим просмотра документа используется более часто?
4. Что такое «Веб-документ»?
5. Какими способами можно поменять масштаб изображения текстового документа на экране?
6. Каким образом можно отменить последнее выполненное действие при работе с документом?
7. Где находится кнопка **Отменить** последнее действие? Как она выглядит?
8. Как можно вернуть отмененные действия? Какая кнопка отражает это действие?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 4

1. Как выглядит текстовый курсор на экране монитора?
2. С какого места на листе можно вводить текст?
3. Каким образом осуществляется переход на следующую строку при наборе текста?
4. Что такое «Абзац»? Как он фиксируется?
5. Непечатаемый знак? Как он выглядит?

6. Что означает буква **π** во вкладке «Абзац» ленты инструментов? Для чего она используется?

7. Какая клавиша на клавиатуре соответствует пробелу в тексте? Сколько пробелов допускается устанавливать между словами?

8. Какая клавиша позволяет набирать большую, т. е. «Заглавную» букву?

9. Что означает комбинация клавиш: «Ctrl + Shift + Пробел»?

10. При наборе текста, при переходе на следующую строку, необходимо ли для переноса использовать клавишу дефис (-)?

11. Что такое «Абзацный отступ»?

12. Что такое «Красная строка»? Как и чем она формируется?

13. Допустимо ли при наборе текста устанавливать пробел перед очередными символами «,», «.», !, ?, (, [, { ?

14. Какое отличие между символами - – — ? Как их набрать? Какое сочетание клавиш при этом используется?

15. Какими способами можно удалить неправильно набранный символ?

16. Как и где набрать на клавиатуре дополнительные математические символы?

17. Как и где набрать на клавиатуре буквы греческого алфавита?

18. Как и где набрать на клавиатуре буквы Символы-Картинки?

19. Как вставить дату в документ?

20. Можно ли в документе дату обновлять автоматически на текущую, каждый раз при открытии документа? Как это сделать?

21. Что такое «Титульный лист»? Как его вставить в текст документа?

22. Что такое «Поля документа». Как их настроить на заданный размер?

23. Как сделать Автоматическое оглавление документа?

24. Как настроить параметры оглавления?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 5

1. Какими основными языками можно набрать текст документа?

2. Как установить нужный язык при наборе документа?

3. Как проверить правописание набранного текста?

4. Какое действие будет выполнено при нажатии клавиши F7?

5. Как организовать автоматическую расстановку переносов?

6. Как расположить документ по ширине текстового поля?
7. Каким образом ПК при наборе текста укажет на обнаруженные ошибки?
8. Каким образом ПК при наборе текста укажет на стилистические ошибки?
9. Как можно воспользоваться командой «Добавить в словарь» слова, отсутствующие в машинном словаре?
10. Как осуществить поиск нужных слов в тексте документа?
11. Как заменить найденный текст на новый (нужный) однократно и по всему документу?
12. Что такое «Словарь синонимов», как им воспользоваться?
13. Что такое «Фрагмент документа»? Как его выделить?
14. Как копировать фрагменты документа? Как их перемещать? В случае необходимости – удалять?
15. Какие методы существуют для быстрого копирования слова, фрагмента документа?
16. Что такое «Буфер обмена» – специальная область памяти компьютера?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 6

1. Какие имеются Инструменты для установки основных параметров шрифта?
2. Чем визуально отличается Шрифт типа Times New Roman от Arial, Calibri? В чем их принципиальное отличие?
3. Что такое Стили документа?
4. Что такое размер шрифта документа?
5. Что такое «Пункт» (пт)? Чему он равен в мм?
6. Указать стандартные размеры крупности шрифта.
7. Как установить крупность шрифта в 1 пт, в 999 пт?
8. Как установить желаемый цвет шрифта?
9. Как установить полужирное начертание символов, курсив, подчеркнутый шрифт?
10. Как поменять регистр текста?
11. Описать изменение в тексте при нажатии комбинации клавиш Sift+F3.
12. Как изменить начертание символа на надстрочные и подстрочные знаки?
13. Как организовать текст в «Зачеркнутом виде»?

14. Какую функцию будут выполнять действие: Шрифт / Дополнительно / Интервал / Разряженный (Уплотненный)?

15. Возможно ли начертание текста документа сделать невидимым? Как?

16. Как Изменить ширину символов шрифта?

17. Можно ли сместить текст документа кверху, книзу на 3 пт, например? Как это сделать?

18. Что значит «Анимация» текста? Как она осуществляется? Какие эффекты при этом получаются?

19. Как удалить «Анимацию» у выделенного текста?

20. Что такое «Буквица»? Как она устанавливается?

21. Как выбрать тип шрифта у Буквицы?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 7

1. Что такое «Абзац?»
2. Каким (невидимым) символом заканчивается абзац?
3. Какой клавишей следует выделить непечатываемые символы?
4. Как сделать пустую строку в тексте?
5. Что такое вертикальная и горизонтальная полоса прокрутки?
6. Как установить отступ всего абзаца?
7. Как установить отступ только первой строки абзаца (или всех строк, кроме первой)?
8. Указать, как можно использовать «бегунки» (уголки) на горизонтальной линейке для установки отступов.
9. Как влияет клавиша Alt на точность установки отступов?
10. Как при помощи клавиши Alt выделить вертикально расположенный фрагмент текста?
11. Как при помощи клавиши Ctrl выделить несколько произвольно расположенных фрагментов текста?
12. Что такое межстрочный интервал?
13. Как установить в тексте межстрочный интервал 1,0, 1,5, 2,0? Что означают эти цифры?
14. Как закрасить (залить) абзац цветом?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 8

1. Как сделать нумерованный список?
2. Как сделать многоуровневый список?
3. Как сделать маркированный список?
4. Что такое «Функция динамического просмотра» нумерованного, маркированного списка?
5. Как изменить формат номеров в нумерованном списке?

6. Как начать нумерацию списка с произвольного номера?

7. Как и где выбрать нужный вид (нестандартный) маркера, например, ☎, ✂, ➔, ☺, ©, ▶, ⇉?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 9

1. Указать, где на ленте инструментов находится вкладка «Стили».

2. Как определить тип стиля, которым набран данный фрагмент документа?

3. Как создать свой стиль при наборе текста документа?

4. Какие типы стилей при наборе текста Вам известны? Перечислить.

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 10

1. Какой текст может находиться в ячейке таблицы?

2. Какая вкладка используется для создания таблицы?

3. Перечислить методы создания таблиц.

4. Каким образом можно нарисовать таблицу произвольного размера?

5. Что такое «Экспресс-таблица»? Как она создается?

6. Как добавить над таблицей текст Тематического заголовка, например, Таблица 1. Данные для построения . . .?

7. Как в таблице удалить ячейку?

8. Как в таблице удалить строку?

9. Как в таблице объединить ячейки?

10. Как таблицу разбить на 2 таблицы (для переноса таблицы на другую страницу и изображения над ней шапки таблицы с указанием ссылки – продолжение табл.)?

11. Как преобразовать текст в таблицу?

12. Как преобразовать таблицу в текст?

13. Как подобрать нужный размер ширины столбцов?

14. Как можно добавить новую строку в таблице?

15. Как в таблице добавить одновременно несколько столбцов (строк)?

16. Как вручную изменить границы ячеек?

17. Как минимизировать ширину столбцов по содержимому ячейки?

18. Как выровнять высоту строк в таблице?

19. Что такое «Двунаправленная стрелка»?

20. Сколько ячеек одновременно можно объединить? И как это сделать?

21. Как отсортировать значение в столбце таблицы (по возрастанию, по убыванию)?

22. Можно ли выполнить вычисления в таблице в MS Word?

23. После вычислений в MS Word после набора новых чисел в ячейки в таблице, какой клавишей осуществить пересчет в таблице?

24. Как изменить в ячейке таблицы Формат числа (*числовой с разделителем разрядов, денежный*, *процентный*)?

25. Что такое «Диапазоны» при вычислениях в таблице. Их виды?

26. Как повторить строку заголовка таблицы на следующей странице?

27. Как изменить направление текста в таблице?

28. Как изменить толщину контурных линий в таблице?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 11

1. Какая вкладка панели инструментов используется для вставки рисунков?

2. Какие фигуры используются для изображения линии, квадрата, круга?

3. Как провести линию горизонтально или под углом 90º?

4. Как из прямоугольника изобразить квадрат?

5. Как из эллипса изобразить круг?

6. Для чего используется функция «Обтекания»?

7. Как сделать рисунок независимым (возможным для перемещения по плоскости страницы) от фиксированного положения?

8. Что такое «Маркер поворота рисунка»?

9. Как изменить толщину контурной линии в рисунке? Ее цвет?

10. Как залить фигуру нужным цветом?

11. Как поменять резкость изображения? Его контрастность?

12. Что такое «Группировка рисованных фигур»?

13. Как фигуры разгруппировать?

14. Выноски. Их форма, очертание.

15. Как вставить текст в выноску?

16. Перечислить Способы перемещения рисованных фигур.

17. Как перемещать фигуры (графические примитивы) на задний план, на передний план?

18. Как сделать очертание текста вокруг фигуры (рисунка)?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 12

1. Для чего используются Рассылки?
2. Для чего применяется «Функция слияния»?
3. Что такое «Основной документ»?

4. Что такое «Поля слияния»?
5. Как создать источник данных?
6. Как осуществляется операция слияния?
7. Как просмотреть полученные результаты слияния?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 13

1. Что такое «Колонтитул»? Где он расположен?
2. Что можно поместить в колонтитул?
3. Как можно выделить колонтитул? Как снять с него выделение?
4. Как отредактировать текст в колонтитуле?
5. Как вставить номер страницы в колонтитул?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 14

1. Что такое «Книжная ориентация страницы»?
2. Что такое «Альбомная ориентация страницы»?
3. Как поменять «размер полей» на странице?
4. Как организовать «разрывы» в тексте документа?
5. Как начать новую Главу или Раздел в тексте документа с новой страницы?
6. Как распечатать на одном листе 2 страницы текста?
7. Перед печатью текста следует проверить схему расположения текста на странице. Для этого текст перед печатью надо просмотреть. Как это сделать?
8. Каким образом можно переместиться в последнюю точку просмотра документа?
9. Объяснить действие клавиш «Shift+F5». Для чего оно применяется?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. *Макарова Н. В.* Информатика: учебник для вузов. Стандарт 3-го поколения. СПб.: Питер, 2013. 576 с.
2. *Симонович С. В.* Информатика. Базовый курс: учебник для вузов. 3-е изд. Стандарт 3-го поколения. СПб.: Питер, 2013. 640 с.: ил.
3. *Некрасов В. П.* Системы счисления. Представление чисел в компьютере: учебное пособие по дисциплине «Информатика» для студентов специальности 230102 – «Автоматизированные системы обработки информации и управления» (АСУ) направления 230100 – «Информатика и вычислительная техника». 3-е изд., испр. доп. / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. 34 с.

4. *Информатика.* Часть 1: метод. указания к лаб. работам по дисциплине «Информатика» для студентов технологических специальностей / *В. В. Тимухина, А. В. Дружинин, Т. Г. Завражина, Р. А. Мезенцева, Т. А. Самакаева, С. М. Колмогорова.* Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. 116 с.

Дополнительная литература:

1. *Куртер Дж., Маркви А*. Microsoft Office 2000: учебный курс. СПб.: Питер, 2002. 640 с.: ил.

2. *Вашкевич Э. В.* Видеосамоучитель. PowerPoint 2007. Эффективные презентации на компьютере (+CD). СПб.: Питер, 2008. 240 с.: ил.

3. *Левин А. Ш.* Word и Excel. Самоучитель Левина в цвете. 2-е изд. СПб.: Питер, 2012. 224 с.: ил.

4. *Создание оглавления*. [Электронный ресурс]: URL: https://www.youtube.com/watch?v=gHolH7K0s2E (дата обращения 17.01.2017)

Учебное издание

Валентин Александрович Боровков
Светлана Михайловна Колмогорова

ИНФОРМАТИКА.
ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» для студентов
всех технологических специальностей
направления подготовки
21.05.04 – «Горное дело» *очного и заочного обучения*

Редактор *В. В. Баклаева*
Компьютерная верстка *В. А. Боровкова*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 х 84 1/16. Гарнитура Times New Roman
Печать на ризографе. Печ. л. 5,3. Уч.-изд. л. 4,92. Тираж 60. Заказ

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Федеральное агентство по образованию
ФБГОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине «Прикладное программное обеспечение»
для студентов технологических специальностей
очной и заочной форм обучения
Часть 1.

УДК
И57
Рецензент: Боровков В. А., доцент кафедры информатики

Прикладное программное обеспечение. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» для студентов технологических специальностей очной и заочной форм обучения / В. В. Тимухина, А. В. Дружинин, Т. Г. Завражина, Р. А. Мезенцева, Т. А. Самакаева, С. М. Колмогорова. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ.–2021 – с.118

В методическом руководстве студентам предложены задания и методические указания по их выполнению в Windows, Word, Excel.

© Уральский государственный горный университет, 2021
© Авторы, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Методическое руководство для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» для студентов технологических специальностей очной и заочной форм обучения состоит из двух частей в соответствии с поточными лекциями по дисциплине Прикладное программное обеспечение, читаемыми большинству студентов технологических специальностей очной формы обучения.

Часть 1. Включает изучение следующих тем:

1. Встроенные приложения Windows.
2. Текстовый редактор Word.
3. Табличный процессор Excel.

Часть 2. Включает изучение следующих тем:

1. Система управления базами данных.
2. Система проектирования «AutoCAD».
3. Программирование на VBA.
4. Работа в Internet

Методическое руководство содержит лабораторные работы разной степени сложности, что соответствует разному уровню подготовки студентов 1 курса по дисциплине «Прикладное программное обеспечение». Количество предложенных работ превышает часовую нагрузку, соответствующую учебным планам.

Каждый преподаватель может на основе предложенных работ создать свой набор лабораторных работ в соответствии с уровнем знаний студентов или предложить отдельным студентам индивидуальную практическую программу работы.

Студенты менее подготовленные, при наличии компьютера дома, могут самостоятельно выполнить набор предложенных работ, повышая свои навыки работы в рассматриваемых приложениях.

Студенты заочной формы обучения могут выполнить указанные преподавателем работы до приезда на сессию, в течение семестра, что положительно скажется на их навыках работы за компьютером.

Результат каждой выполненной работы студент должен сохранить в папке с именем своей группы. Файлы именовать номером выполненной работы.

По всем выполненным лабораторным работам студент должен оформить электронный отчет. Результат каждой работы необхо-

димо дополнить кратким описанием команд, использованных при выполнении работы.

Правила оформления отчета описаны в работе 2.6.

1. Встроенные приложения Windows

1. ВСТРОЕННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ WINDOWS

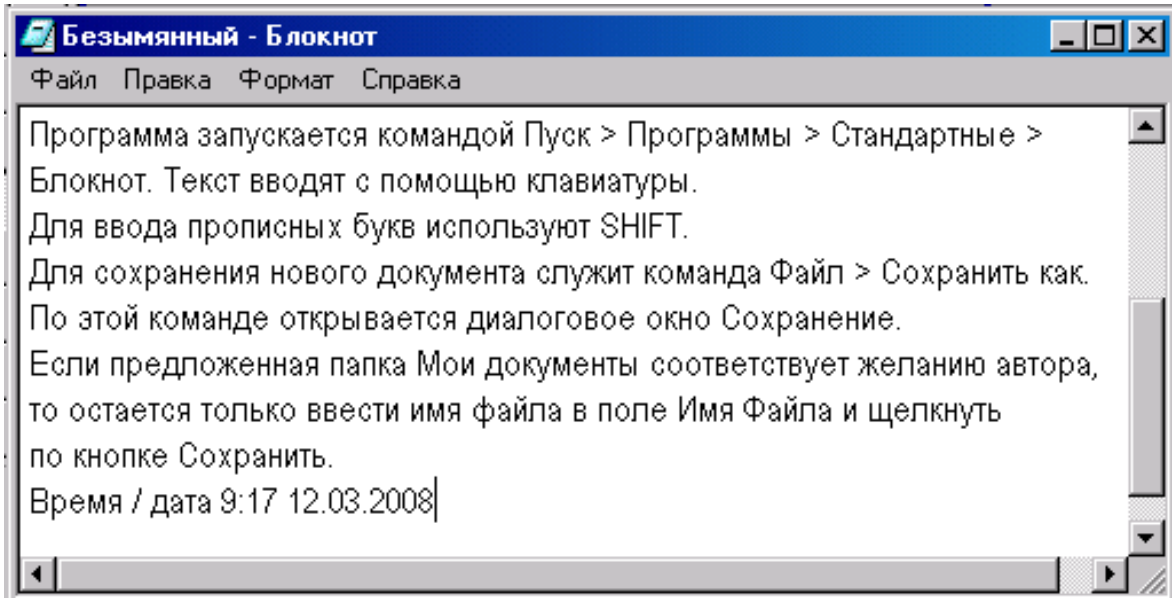
Работа 1.1. Стандартные приложения Windows

I. NOTEPAD (БЛОКНОТ) – это простейший текстовый редактор, который можно использовать в качестве удобного средства просмотра текстовых файлов (формат ***.txt***).

Для создания текстовых документов его применяют редко, обычно для создания системных файлов типа ***.bat*** (командных), так как редактор не имеет форматирования. Данную программу удобно использовать для отработки навыков работы с клавиатурой.

ЗАДАНИЕ 1

1. Запустите программу *Блокнот.*
2. Наберите текст.
3. Вставьте время / дату.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Программа запускается командой *Пуск —> Программы —> Стандартные —> Блокнот.*
2. В этой программе есть единственное средство автоматизации и состоит оно в том, что при нажатии на клавишу *F5* в документ автоматически впечатывается текущее время и дата. Это удобно для ведения деловых записей и дневников.

II. PAINT — простейший графический редактор (основные форматы *.dib* или *.bmp*). Может работать и с форматами: *.jpeg, .gif, .png, .tiff.*

В состав его элементов управления, кроме строки меню, входят панель инструментов, палитра настройки инструмента и цветовая палитра. Кнопки панели инструментов служат для вызова чертежно–графических инструментов.

ЗАДАНИЕ 2

1. Запустите программу *Paint***.** Создайте 1 и 2 рисунки.
2. Задайте размер будущего рисунка (высота, ширина).
3. Наложите рис.1 на рис 2.
4. Подпишите рисунки.

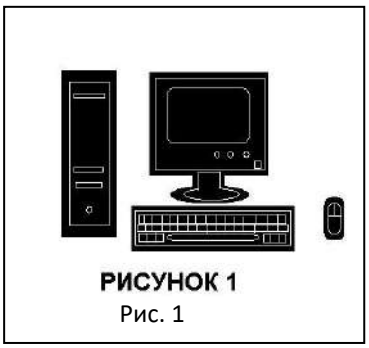


Рис. 1

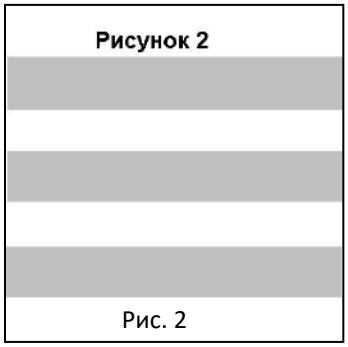


Рис. 2



Рис. 3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Программа запускается командой *Пуск —> Программы —> Стандартные —> Paint.*

2. Размеры задают в полях «Ширина» и «Высота» диалогового окна «Атрибуты» *(Рисунок —> Атрибуты).*

3. Все инструменты: карандаш, кисть, распылитель, геометрические фигуры, кроме *Ластика* выполняют рисование основным цветом (выбирается щелчком левой кнопки мыши по палитре красок). *Ластик* стирает изображение, заменяя его фоновым цветом (выбирается щелчком правой кнопки мыши в палитре красок).

4. Для ввода текста используют инструмент «Надпись». Выбрав инструмент, щелкните на рисунке примерно там, где надпись должна начинаться, на рисунке откроется поле ввода.

5. Для сохранения рисунка в файле используется подменю «Файл». В нем есть две команды – «Сохранить» и «Сохранить

как». Команда «Сохранить» сохраняет рисунок в файле с ранее заданным названием. Команда “Сохранить как” сохраняет рисунок в файле под новым названием. Свои файлы сохраните под названием *ris1.jpg и ris2.jpg*.

6. В качестве цвета текста используют основной цвет. Чтобы сделать фон надписи прозрачным, щелкните значок  . Чтобы сделать непрозрачным и выбрать цвет фона, щелкните значок  .

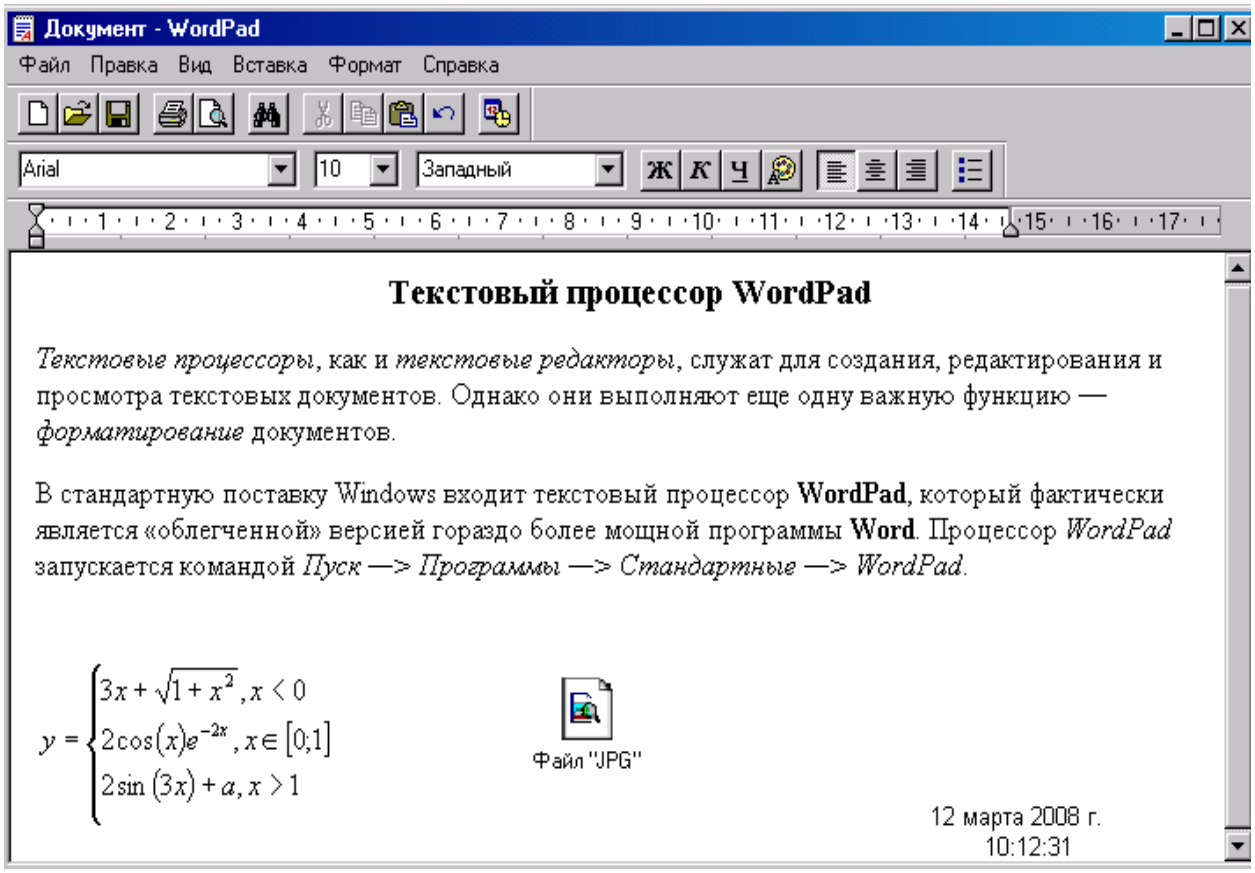
7. Чтобы открыть ранее созданный файл с рисунком, используют пункты меню *Файл —> Открыть*. Далее на экране появится диалоговое окно «Открытие файла».

8. Открыть файл *ris2.jpg* и наложить на него рис.1, для этого *Правка—>Вставить из файла ris1.jpg*, сделать прозрачным фон.

III. WORDPAD – текстовый редактор, служит для создания, редактирования и просмотра текстовых документов.

ЗАДАНИЕ 3

1. Запустите программу **WordPad**.
2. На странице WordPad наберите текст, дату, время.
3. Отформатируйте текст.
4. Вставьте формулу и рисунок.
5. Измените размер рисунка и формулы.

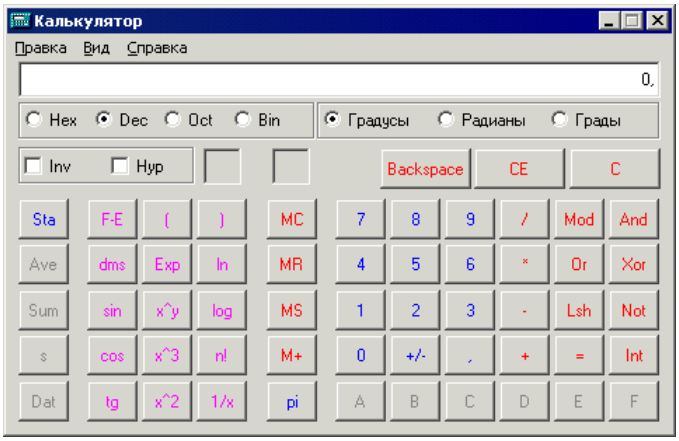


МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Запустите программу командой *Пуск —> Программы —> Стандартные —> WordPad.*
2. Набрать в окне документа *WordPad* предлагаемый текст.
3. Вставить рисунок. *Вставка —> Объект —>Создание из файла —>Обзор.* Для внедрения объекта снять флажок. Чтобы связать объект, установить флажок.
4. Набрать предлагаемую формулу *Вставка—>Объект—>Microsoft Equation 3.0*

5. Вставить в документ время и дату: *Вставка —> Дата, время.*

IV. КАЛЬКУЛЯТОР может быть в двух вариантах: **стандартного** калькулятора, выполняющего основные арифметические операции, и **инженерного** калькулятора с дополнительными функциями.



ЗАДАНИЕ 4

Вычислите значение уравнения: $Y = x^3 + 2{,}28 \cdot x^2 - 1{,}9347 \cdot x - 3{,}907$ при $x = 5$ с помощью калькулятора, сравните ваш ответ с правильным ответом 168,4195

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для выполнения расчета выполняется следующая последовательность действий: выберите *Вид – Инженерный*; выберите систему счисления; выберите требуемую разрядность результата и приступайте к расчету.

Клавиша Функция

( ) Открыть (закрыть) скобки

A–F Клавиши ввода для шестнадцатеричных чисел

cos Косинус (Inv: арккосинус)

dms Преобразование градусов в градусы–минуты–секунды (Inv: наоборот)

Exp Ввод показателя степени для экспоненциального представления числа

F–E Переключение на экспоненциальное представление чисел (только в десятичном режиме)

Int Целая часть числа (Inv: дробная часть числа)

In Натуральный логарифм (Inv: экспонента)

log Десятичный логарифм (Inv: показательная функция с основанием 10)

Mod Остаток от деления по модулю

n! Факториал

PI Число π (3,1415926)

Sin Синус введенного значения (Inv: арксинус)
Tan Тангенс введенного значения (Inv: арктангенс)
x^2 Квадрат введенного значения (Inv: корень квадратный)
x^3 Третья степень введенного значения (Inv: корень третьей степени)
x^y *Y*–я степень введенного значения (Inv: корень *y*–й степени)

Работа 1.2. Создание документа с использованием нескольких приложений

ЗАДАНИЕ 1

Создайте нижеприведенный текст с рисунком и результатами вычислений.

Для питания главного электропривода наиболее эффективно применение генераторов постоянного тока со смешанным возбуждением. Упрощенная схема магнитной цепи генератора для этого случая показана на рисунке, где приняты следующие обозначения: $r_н$ и $\omega_н$, $r_ш$ и $\omega_ш$ – сопротивление и число витков соответственно обмотки независимого возбуждения и шунтовой обмотки возбуждения; $r_д$ – добавочное сопротивление в цепи шунтовой обмотки возбуждения; $Ф$ – общий магнитный поток главных полюсов генератора; E_r – э. д. с. Источника независимого возбуждения.

Для данной схемы возбуждения справедлива система уравнений:

$$E_н = r_н i_н + 2\omega_н Ф \qquad (1)$$

$$E_r = r_ш i_ш + 2\omega_ш Ф \qquad (2)$$

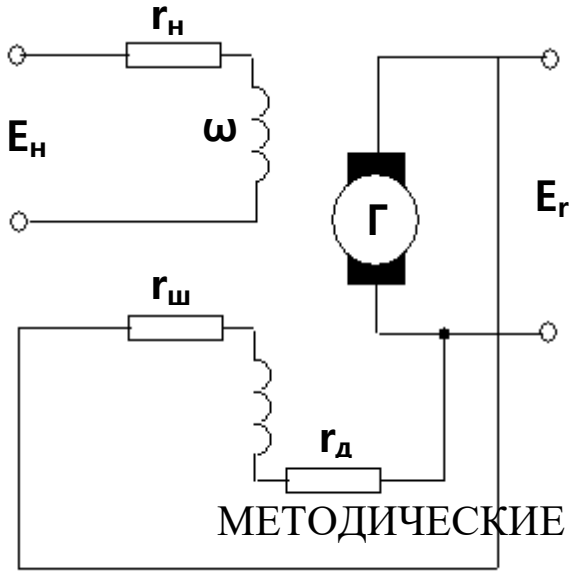
$$a\omega_\Sigma = i_н \omega_н + i_ш \omega_ш \qquad (3)$$

При заданных значениях

$\boldsymbol{i_н}$=1250; $\boldsymbol{r_н}$=12,2; $\boldsymbol{\omega_н}$=600, $\boldsymbol{r_ш}$=0,79; $\boldsymbol{\omega_ш}$=150**;** $\boldsymbol{i_ш}$=1250; $Ф$=5,81.

Вычислены:

$E_н$= _____; E_r= _____**;** $a\omega_\Sigma$= _____**;**



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Запустить MS Word: *Пуск – Все программы – MS Office – MS Word*. Набрать текст до системы уравнений.
2. Сохранить текст: *Файл – Сохранить как* – на диске D создать папку с названием вашей группы (Имя папки), в папке сохранить текст под названием ЛабРаб_1 (D:\Имя папки\ЛабРаб_2.doc). Закрыть документ и выйти из MS Word (команда *Файл – Выход*).
3. Открыть файл и продолжить набор текста с символами.
4. Символы ω, Σ, Φ вставить с помощью команды *Вставка – Символ – Symbol.*
5. Вставка подстрочных индексов: *Формат – Шрифт– Подстрочный.*
6. Для выполнения расчетов открыть калькулятор *Пуск – Все программы – Стандартные – Калькулятор*.
7. Вычислить значение $E_н$ и поместить его в буфер памяти путем – *Правка – Копировать*, поместить калькулятор на панель задач. Вставить вычисленное значение в текст: *Правка – Вставить.*
8. Аналогичным образом выполнить оставшиеся вычисления, открывая калькулятор на панели задач.
9. Запустить приложение *Paint*, вычертить рисунок упрощенной схемы возбуждения таким образом, чтобы все однотипные элементы были одного размера, сделать надписи у элементов схемы.
10. Скопировать рисунок в буфер памяти, предварительно выделив его.
11. Вставить рисунок в свой файл: *Правка – Вставить*

Задание 2

Создайте документ «Основные электротехнические закономерности».

Наберите приведенный ниже текст и формулы.

Общее сопротивление цепи при параллельном соединении:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}} \ .$$

Общая емкость конденсаторов при последовательном соединении:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n}}.$$

Закон Ома при переменном токе: $U = IZ$,

где Z — полное сопротивление, Ом.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2},$$

где $X_L = \omega L$ – индуктивное сопротивление, Ом; ω – угловая частота равная $\omega = 2\pi f$, где f – частота переменного тока, Гн, L– индуктивность, Гн, C– емкость, Гн.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Создание формул: *Вставка – Объект – Microsoft Equation 3.0* – панель инструментов.

2. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Общие принципы создания текстового документа

1. **Набор текста**.

Текст создается на основе шаблона. Обычно это шаблон Normal.dot, но может быть и другой шаблон. Набор текста осуществляется в точку вставки. Существуют два режима ввода текста.

ВСТАВКА – набранный текст раздвигается, и вновь набираемый символ помещается в точку вставки. Этот режим действует по умолчанию.

ЗАМЕНА – текст набирается поверх ранее набранного.

Переключение режимов ВСТАВКА/ЗАМЕНА – клавишей *Insert.*

Набор текста осуществляется абзацами. Только в конце абзаца нажимается клавиша *Enter*. Текст в абзаце переходит на другую строку в соответствии с параметром выравнивания абзаца.

2. **Проверка орфографии**, в том числе создание вспомогательных словарей.

Установить язык**:** *Сервис – Язык* – выбрать язык (по умолчанию настройка на русский).

Установить проверку орфографии**:** *Сервис – Параметры – вкладка Правописание – Автоматически проверять орфографию; Автоматически проверять грамматику. Установить соответствующие флажки.*

Создание вспомогательного словаря.

Если в набираемом тексте много специальных терминов (слов), они подчеркиваются красной линией (эти слова отсутствуют в словаре *Custom.dic*).

Создать новый словарь: *Сервис – Параметры – вкладка Правописание – Словари… – Создать* – введите имя словаря (например, geolog).

Добавить слова в словарь: *– Сервис – Параметры – вкладка Правописание – Словари…* – выберите имя словаря (например, geolog) *– Изменить* – введите слова в словарь.

3. **Вставка: объектов, полей, файлов, гиперссылок.**

Объекты – элементы документа, которые заключаются в прямоугольник, обрамленный маркерами, позволяющими изменять его размер: поля – элементы документа, принимающие вид – значение/код; файлы – внешние документы; гиперссылка – командная строка для загрузки, указанного в ней файла или сайта. Для вставки

объекта используется команда *Вставка – Объект* **–** указываете объект (др.).

4. **Редактирование** – это исправление ошибок, а также поиск неверного текста и замена его правильным и изменение структуры документа путем копирования, перемещения и удаления фрагментов текста.

Исправление ошибок: удаление символа – клавиши *Backspase* или *Delete*; отмена ошибочного ввода**:** *Правка – Отменить ввод;* найти ошибку и заменить: *Правка – Найти* – ввести ошибочный текст, *Правка – Заменить* – ввести правильный текст.

Изменение структуры документа: выделите фрагмент документа.

Копировать**:** *Правка – Копировать*, мышью показать куда, *Правка – Вставить*.

Переместить*: Правка – Вырезать*, мышью указать куда, *Правка – Вставить.*

Удалить**:** *Правка – Вырезать*

5. **Форматирование** – придание документу привлекательного вида. Команда меню *Формат* (*Шрифт, Абзац, Регистр, Список*, *Колонки, Границы и заливка, Буквица* и др.). При форматировании выделите фрагмент текста (или объект) либо перед набором текста установите нужные параметры форматирования.

Форматирование символа: Высота символа измеряется в пунктах. Пункт – 1/72 часть дюйма. Дюйм – 25 мм. Самая высокая буква равна 72 пунктам, т.е. 1 дюйму. Команда *Формат – Шрифт* – окно диалога *Шрифт* – вкладка *Шрифт.* Параметры – Начертание; Размер; Цвет; Интервал. Команда *Формат – Шрифт* – вкладка *Интервал.* Параметры – Масштаб, интервал, смещение. Команда *Формат – Шрифт* – вкладка *Анимация*.

Форматирование абзаца: абзац – фрагмент текста между двумя нажатиями на клавишу *Enter*. Команда *Формат – Абзац*. Параметры**:** *Отступ от поля; Отступ 1 строки; Выравнивание; Межстрочный интервал; Список и др.*

Обрамление: *Формат – Границы и заливка.* Параметры: тип границы; тип, цвет и ширину линий; стороны обрамления. Можно обрамить страницу, залить цветом фрагмент.

Форматирование объекта (рисунка; автофигуры; надписи; формулы и др.) *Формат – Объект*: вкладка *Цвета и линии* содержит параметры обрамления и заливки; вкладка *Размер* – установить

размеры; вкладка *Положение* – расположение объекта в тексте (обтекание объекта текстом); вкладка *Рисунок* – обрезать рисунок; вкладка *Надпись* – изменить внутренние поля надписи.

Форматирование раздела. Раздел – часть документа, ограниченная вставленными жесткими разрывами. Разделы могут быть по–разному отформатированы, например, иметь разные колонтитулы. Разрыв вставляется командой: *Вставка – Разрыв – новый раздел***.** Для каждого раздела можно установить свои колонтитулы. Колонтитулы размещаются в верхнем или нижнем поле страницы. Обычно содержат название раздела, параграфа. Создать колонтитул: *Вид – Колонтитул* – выберите из меню «Колонтитулы» верхний или нижний, введите текст, отформатируйте его, вставьте номер страницы.

Форматирование колонок. *Колонки* **–** это раздел текста с особым форматированием. Команда *Формат – Колонки***,** указать тип колонок, их количество и размер, если надо поставить разделитель.

Вид страницы: *Поля; Ориентация* и др. Команда *Файл – Параметры страницы***:** Вкладка *Поля – Размер полей; Переплет*; *Ориентация страницы*; Вкладка *Размер бумаги* и *Подача бумаги*; Вкладка *Источник бумаги – начать раздел, различать колонтитулы*.

Стиль форматирования – имеет имя и включает набор параметров форматирования, например стиль «Обычный». Стиль можно изменить, добавив или удалив параметры форматирования, или создать новый стиль на основе имеющегося, присвоив ему новое имя. *Формат – Стили и форматирование – Создать стиль.*

6. **Создание таблиц:** *Таблица – Вставить – Таблица* – Укажите число строк и столбцов. *Таблица – Нарисовать таблицу* – заполнить таблицу информацией.

Редактирование таблицы: *Таблица – Добавить – Строки – (Столбцы, Ячейки) – Удалить – Таблица – (Столбцы, Строки*, *Ячейки***) –** *Объединить ячейки – Разбить ячейки* – введите число строк, число столбцов.

Форматирование таблицы: *Таблица – Автоформат* – выберите один из предлагаемых форматов. *Автоподбор – Выровнять высоту строк; ширину столбцов; По содержимому; Фиксированная* ширина – *Свойства таблицы* – вкладка *Таблица* – Положение

таблицы на странице; Обтекание таблицы текстом; вкладка *Строка – Высота строки;* вкладка *Столбец – Ширина столбца.*

Работа с информацией внутри таблицы: *Сортировка; Преобразование в текст; Вычисления* – см. подробно в лабораторных работах 2.2 –2.4.

7. **Создание рисунков:** команда *Вставка – Объект – Рисунок MS Word.* Используя инструменты панели «Рисование» создайте рисунок. По завершению рисунка восстановите его границы и закройте. Созданный рисунок появится в документе в точке вставки.

8. **Создание оглавления:** *Вставка – Ссылка – Оглавления и указатели.*

9. **Просмотр и печать документа**: *Файл – Предварительный просмотр. Файл – Печать* – выберите параметры печати.

Приведенная последовательность создания текстового документа содержит команды основного меню, эти же команды могут быть выполнены с использованием кнопок Панелей инструментов.

Работа 2.1. Работа со списками. Объекты WordArt

Списки – это отформатированные (маркированные или нумерованные) абзацы.

ЗАДАНИЕ 1

1.Наберите в столбец приведенные фамилии, имена, отчества. Создайте копию. Отформатируйте одну копию в две колонки. Дополните первоначальный список новой информацией.
2. Создайте нумерованные и маркированные списки по приведенным образцам.

СПИСОК СТУДЕНТОВ 1 КУРСА ГРУППЫ ОПИ:

1. Иванова Екатерина Петровна;
2. Степанов Петр Иванович;
3. Балабан Анна Станиславовна;
4. Котов Евгений Семенович;
5. Ломакин Герман Александрович;
6. Сильвестова Инна Леонидовна

.

ОЦЕНКИ СТУДЕНТОВ 1 КУРСА ГРУППЫ ОПИ
ПО МАТЕМАТИКЕ, ФИЗИКЕ И РУССКОМУ ЯЗЫКУ:

1. Иванова Екатерина Петровна:
   1.1. Контр. работа: Матем. 4; Физика 4; Рус. 4.
   1.2. Экзамен: Матем. 5; Физика 4; Рус. 5
2. Степанов Петр Иванович:
   2.1. Контр. работа: Матем.3; Физика 3; Рус.3.
   2.2. Экзамен: Матем. 4; Физика 4; Рус.4
3. Балабан Анна Станиславовна:
   3.1. Контр. работа: Матем. 4; Физика 4; Рус. 4.
   3.2. Экзамен: Матем. 4; Физика 4; Рус. 4.
4. Котов Евгений Семенович:
   4.1. Контр. работа: Матем. 3; Физика 3; Рус. 3.
   4.2. Экзамен: Матем. 5; Физика 4; Рус.4.
5. Ломакин Герман Александрович:
   5.1. Контр. работа: Матем. 5; Физика 5; Рус. 5.
   5.2. Экзамен: Матем. 5; Физика 5; Рус. 5.
6. Сильвестова Инна Леонидовна:
   6.1. Контр. работа: Матем. 5; Физика 5; Рус.4.
   6.2. Экзамен: Матем. 4; Физика 5; Рус .5.

ОЦЕНКИ СТУДЕНТОВ 1 КУРСА ГРУППЫ ОПИ ПО ИНФОРМАТИКЕ:

- ❖ Иванова Екатерина Петровна
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 5
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Степанов Петр Иванович
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Балабан Анна Станиславовна
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Котов Евгений Семенович
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 5
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Ломакин Герман Александрович
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Сильвестова Инна Леонидовна
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для создания простого нумерованного или маркированного списка следует:

- ➢ Выделить текст, который будет оформлен в виде списка.
- ➢ Выбрать команду *Формат – Список* – вкладка *Нумерованный* (либо *Маркированный*) – выбрать тип списка, затем вид списка. Кроме того, возможно отредактировать или создать свой вид списка с использованием кнопки *Изменить*.
- ➢ После выбора вида списка применить его к выделенному тексту.
- ➢ Для создания многоуровневого списка следует текст, который будет оформлен в виде списка, предварительно подготовить:
  - ✓ Создать отступы текста для вложенных уровней. Для этого предназначены кнопки Уменьшить отступ и Увеличить отступ на панели инструментов «*Форматирование*», либо можно воспользоваться сочетанием клавиш *Shift* + *Alt* + ← или *Shift* + *Alt* + →, либо использовать маркеры отступов на горизонтальной линейке.
  - ✓ Выделить текст, который будет оформлен в виде многоуровнего списка.
  - ✓ Воспользоваться командой *Формат – Список* – вкладка *Многоуровневый*.

- ✓ Выбрать вид списка из предложенных.

➢ Для разделения текста на две колонки: выделить текст, команда *Формат – Колонки* – установить параметры: количество колонок и их размер.

ЗАДАНИЕ 2

Создайте различные текстовые эффекты, используя объект WordArt

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ



1. В меню *«Вставка»* вызовите подменю *«Объект»* и запустите приложение WordArt или воспользуйтесь кнопкой 

, расположенной на панели инструментов. Можно изменить текст и задать иную графическую форму.
2. Пользуйтесь коллекцией WordArt и 
Меню "Текст - Фигура".

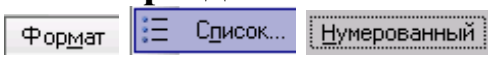


Работа 2.2 Форматирование: создание списков, колонок, буквицы. Преобразование текста в таблицу

ЗАДАНИЕ 1
Создайте новый документ, набрав следующий текст:

Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается, во – первых, тем, что промышленное использование полезных ископаемых началось более 300 лет назад; во – вторых, не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых; в – третьих, в решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы»; в – четвертых, центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

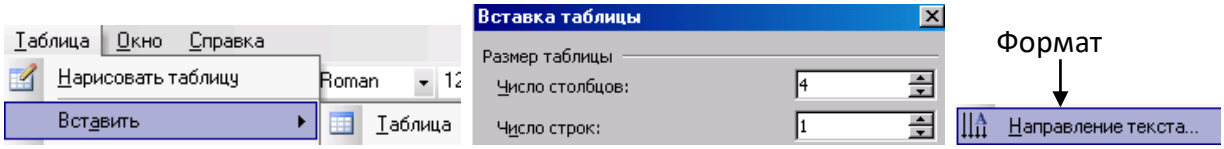
Для выполнения последующих заданий создавайте копии текста.

ЗАДАНИЕ 2
Текст разделить на абзацы. Пронумеровать абзацы текста. 

Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:
1. Промышленным использованием полезных ископаемых, которое началось более 300 лет назад.
2. Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.
3. В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».
4. Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 3

Преобразовать текст в таблицу с изменением направления текста в ячейках.



Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

Промышленное использование полезных ископаемых началось более 300 лет назад.	Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.	В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».	Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 4

Разбить текст на две колонки с разделителем и промаркировать текст.

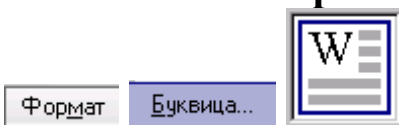


Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

- Промышленным использованием полезных ископаемых, которое началось более 300 лет назад.
- Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.
- В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».
- Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 5

Разбить на четыре колонки и вставить буквицу.



Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

Промышленным использованием полезных ископаемых, которое началось более 300 лет назад.

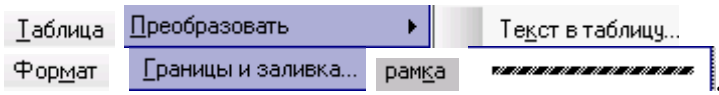
Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.

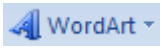
В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».

Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 6

Вставить текст в таблицу с одним столбцом, в рамке.



, ВСТАВКА – 

– для заголовка

Урал – обширный и богатый регион России.
От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

Промышленное использование полезных ископаемых началось более 300 лет назад.
Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.
В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».
Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

Работа 2.3. Создание и форматирование таблицы, вычисления в таблице с использованием функций

Текстовый процессор Word позволяет выполнять вычисления, записывая в отдельные ячейки таблицы формулы с помощью команды *Таблица – Формулы*.

Формула задаётся как выражение, в котором использованы:

- **абсолютные** ссылки на ячейки таблицы в виде списка, разделяемые точкой с запятой – A1; B5; E10 и т.д., или блока – начало и конец блока ячеек – A1:F1;
- **ключевые слова** для ссылки на блок ячеек:
  LEFT – ячейки, расположенные в строке левее ячейки с формулой;
  RIGHT– ячейки, расположенные в строке правее ячейки с формулой;
  ABOVE– ячейки, расположенные в столбце выше ячейки с формулой;
  BELOW– ячейки, расположенные в столбце ниже ячейки с формулой;
- **константы** – числа, текст в двойных кавычках;
- **встроенные функции** Word;
- **знаки операций** (+ , –, *, /, %, ^, =, <, <=, >=, < >,>)

Таблица 1

Виды встроенных функций

Категория	Функция	Назначение
Статистические	AVERAGE()	Вычисление среднего значения для диапазона ячеек, например: =AVERAGE(A1:C20)
	COUNT()	Подсчёт числа значений в указанном диапазоне ячеек, например: =COUNT(A1:C20; B25; A30)
	MAX()	Нахождение максимального значения в указанном блоке ячеек, например: =MAX(A1:C20; B25; A30)
	MIN()	Нахождение минимального значения в указанном блоке ячеек, например: =MIN (A1:C20; B25; A30)

Категория	Функция	Назначение
Статистические	SUM()	Нахождение суммы чисел в указанном блоке ячеек, например: =SUM (A1:C20; B25; A30)
Математические	ABS(x)	Абсолютное значение вычисляемого выражения, например: = ABS(A1*B12–C25+100)
	MOD(x, y)	Остаток от деления первого числа на второе, например: = MOD(A1,C12)
	INT(x)	Целая часть числа, например: = INT(234.45)
	PRODUCT()	Произведение чисел в указанном диапазоне ячеек, например: = PRODUCT(A1:C20; B25; A30)
	ROUND(x, y)	Округление значения до указанного числа знаков, например, округлить до сотен: = ROUND(2345.45.–2)
	SIGN(x)	Определение знака числа, например (–1 для отрицательных и 1 для положительных): = SIGN(–2345.45)
Логические	IF(x,y,z)	Проверка заданного условия и присвоение значения ячейке: если условие истинно – *значение 1*, иначе *значение 2:*= IF (E12>G12; *значение 1;значение 2)*
	AND(x,y)	Вычисляет значение 1, если заданы истинные значения логических аргументов, иначе – 0, например: = AND(A4>3; B3<3)
	OR(x,y)	Вычисляет значение 0, если заданы истинные значения любого логического аргумента, иначе – 1, например: = OR (A2>3; D3<=4)
	NOT(x)	Вычисляет значение 0, если задано истинное значение логического аргумента, иначе – 1, например: = NOT(D4>2)

Категория	Функция	Назначение

Логические	DEFINED(x)	Определяет значение в ячейке.
	FALSE	Логическая константа ***ложь***, которой соответствует число 0.
	TRUE	Логическая константа ***истина***, которой соответствует число 1.
	DEFINED(x)	Определяет значение в ячейке.

ЗАДАНИЯ

1. Создайте таблицу (табл. 2), вычислите средний и суммарный балл успеваемости.
2. Создайте две копии таблицы. Отсортируйте таблицы. Одну копию – по возрастанию значений столбца «Ф.И.О.». Вторую – по убыванию значений столбца «Суммарный балл успеваемости».

Таблица 2

Успеваемость студентов

Ф. И. О.	Оценки по предметам			Суммарный балл успеваемости
Иванов. П. А.	4	5	3	12
Арбузов И. И.	4	5	5	14
Сидоров П. П.	5	5	5	15
Николаев А. А.	3	5	3	11
Федоров И. А.	3	4	5	12
Лазарева Л. В.	4	4	3	11
Средний балл успеваемости	3,83	4,67	4	12,5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Создать таблицу с помощью команды *Таблица – Вставить*, ввести данные, приведенные в таблице.
   - При добавлении строк (столбцов) и объединении (разбивке) ячеек использовать соответствующие команды меню *Таблица.*

- Для столбца «Суммарный балл» и «Средний балл успеваемости» произвести вычисления, воспользоваться командой *Таблица – Формула* (использовать таблицу 1).

2. Для сортировки используйте команду *Таблица – Сортировка*



или значок «Сортировка» на панели инструментов, предварительно поставив курсор в любую ячейку таблицы со значением.

Работа 2.4. Вычисления в таблицах

ЗАДАНИЕ 1

Создайте таблицу сложной структуры (табл.1) используя команды объединения и разбивки ячеек, вычислите значения столбцов «Всего», «Итого» и строк «Итого», «Средний», «Максимальный», «Минимальный» объем продаж.

Таблица 1

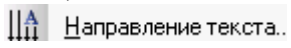
Объем продаж на внутреннем и внешнем рынках, тыс.руб.

№ П/П	НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ВНУТРЕННИЙ РЫНОК			ВНЕШНИЙ РЫНОК			ИТОГО
		I пол.	II пол.	Всего	I пол.	II пол.	Всего	
1.	Печь СВЧ	150	200	350	300	300	600	950
2.	Телевизор	850	1020	1870	-	-	-	1870
3.	Пылесос	1350	1400	2750	720	850	1570	4320
4.	Кофемолка	345	344	689	769	32	801	1490
5.	Миксер	2345	463	2808	34	456	490	3298
Итого		5040	3427	8467	1823	1638	3461	11928
Средний				1693,4			692,2	2385,6
Максимальный				2808			1570	4320
Минимальный				350			490	950

ЗАДАНИЕ 2

Создайте таблицу 2, итоговые показатели вычислите по формулам.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Для создания таблицы 1 и 2 с помощью команды *Таблица – Вставить* введите необходимые данные.
2. При добавлении строк (столбцов) и объединении (разбивке) ячеек использовать соответствующие команды меню *Таблица*.
3. Для выбора направления текста нажать ПКМ 

и выбрать соответствующее направление.

4. Для вычисления воспользоваться командой *Таблица – Формула*

Таблица 2

Успеваемость студентов инженерно–экономического факультета УГГУ

СВЕДЕНИЯ ОБ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНО–ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА УГГУ																	
№ п.п.	Группа	Учебная дисциплина	Средний балл	Всего сдавало	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно	Неявки	Учебная дисциплина	Средний балл	Всего сдавало	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно	Неявки
		I семестр								**II семестр**							
1	3	Прикладное программное обеспе-	3.8	32	12	10	6	3	1	Прикладное программное обеспе-	4.4	32	12	10	6	3	1
2	2		3.5	27	7	9	6	3	2		3.4	20	6		5	2	0
3	1		3.4	28	9	8	3	5	3		3.9	23	9	8	3	5	5
4	4		3.5	29	8	8	8	3	2		3.5	29	8	4	6		4
	Итого			116	36	35	23	14	8	Итого		104	35	12	20	10	10

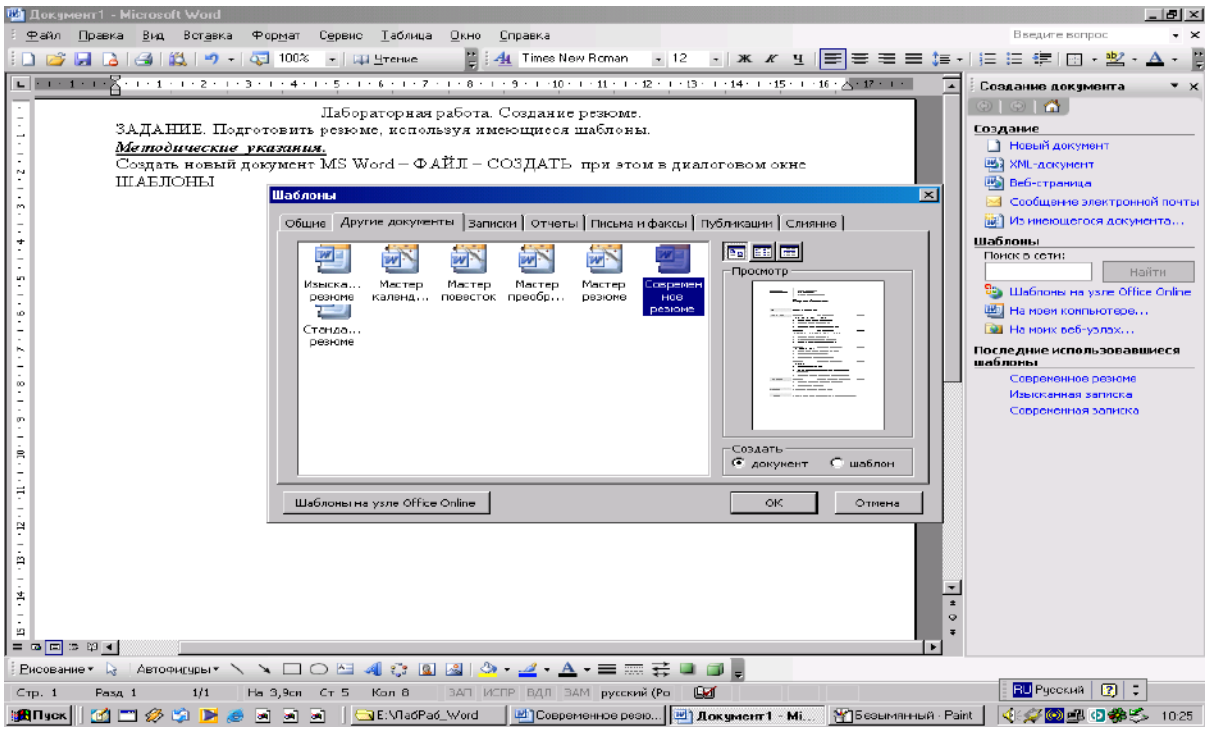
Работа 2.5. Создание резюме по шаблону

ЗАДАНИЕ

Подготовить резюме, используя специальный шаблон.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

Создать новый документ *MS Word – Файл – Создать*. Выбрать в *Области Задач* шаблоны на моем компьютере. В диалоговом окне *Шаблоны* открыть вкладку *Другие документы* – выбрать шаблон, например *Стандартное резюме*.



Введите в поля шаблона требуемую информацию о себе
Ниже приведен пример резюме.

Екатеринбург, ул. Строителей, д. 20, кв. 45
тел. 8 915 275–17–22, ivano@mail.ru

Алексей Сергеевич Иванов

Цель	Участие в конкурсе на получение стипендии академика Ферсмана
Краткая характеристика претендента	2002–2005 Уральский государственный горный университет г. Екатеринбург **Студент инженерно экономического факультета** • Первое место на Республиканской олимпиаде по программированию среди студентов ВУЗов(2008). • Первое место на Республиканской олимпиаде по математике среди студентов ВУЗов(2007). • Публикации трех научных статей в реферируемых журналах. • Выступление на пяти Международных математических конференциях 2001 Золотая медаль Москва • Международная олимпиада по математике. • Губернаторская стипендия лучшему студенту. 2000 Серебряная медаль Пекин • Международная олимпиада по математике. • Студент года.
Образование	1991–2002 Школа – лицей № 13 Екатеринбург • Школа – лицей окончена с золотой медалью. • Класс с углубленным изучением математики и информатики.
Увлечения	• Компьютеры, путешествия, чтение.

Работа 2.6 Создание отчета о проделанных лабораторных работах

Результат выполнения каждой лабораторной работы должен быть сохранен в файле с именем, отражающем номер лабораторной работы.

Текст файла по каждой лабораторной работе должен содержать: номер работы, название работы, задания, краткие методические указания и результат выполнения.

Отчет по оформлению должен быть близок к данным методическим указаниям.

ЗАДАНИЕ

1. Объединить последовательно файлы всех работ в один файл с именем «Отчет …(далее фамилии студентов)».
2. Вставить колонтитулы для каждой работы, содержащие номер работы, номер страницы.
3. В начало отчета вставить титульный лист и оглавление.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. **Объединение файлов**: открыть файл с 1–й лабораторной работой, поставить курсор в конец файла, выполнить команду *Вставка – Файл* **–** открыть папку с файлами по лабораторным работам, выбрать файл по 2–й работе – Вставить. Повторить эти действия, вставив все файлы. Выполнить команду *Файл – Сохранить как* **–** указать Вашу папку и новое имя объединенного файла « Отчет (Фамилии студентов)».
2. *Вставка колонтитулов***:** поставьте курсор в конец работы; вставьте разрыв: *Вставка – Разрыв – Новый раздел со следующей страницы;* перейдите на начало работы, скопируйте её название; выполните команду *Вид – Колонтитулы***;** вставьте название работы в область колонтитула и номера страниц; отожмите кнопку меню колонтитулов «Как в предыдущем»; закройте колонтитул. Повторите все действия для каждой работы.
3. **Вставка оглавления.** Убедитесь, что названия всех лабораторных работ имеют одинаковый стиль форматирования, например, «Заголовок 1». Поставьте курсор в начало документа и вы-

полните команду *Вставка – Ссылка – Оглавления и указатели*, выберите вид оглавления.

4. Наберите титульный лист.

Пример титульного листа.

Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО « Уральский государственный горный университет»

Кафедра информатики

ОТЧЕТ

по лабораторным работам

по дисциплине « Прикладное программное обеспечение»

Выполнил: Иванов И.И.

Группа: ПРМ–16–1

Проверил: Тимухина В.В.

Екатеринбург – 2016

ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР Excel

Общие принципы создания и оформления расчетной таблицы.

Создание расчетной таблицы

Основой таблицы Excel является ячейка. Адрес ячейки определяется именем столбца и номером строки, на пересечении которых находится ячейка, например, A1, B15. Интервал ячеек определяется адресом левой верхней ячейки и правой нижней B2:D4.

Таблица создается на рабочем листе. Контекстное меню ярлыка рабочего листа содержит команды работы с рабочим листом. Рабочие листы можно добавлять, копировать, перемещать, переименовывать, удалять. Удаленный лист восстановить нельзя.

1**.** Ввод данных в ячейки таблицы.

Два вида данных: константы и формулы.

Константы: числовые, текстовые, даты/время, логические, значения ошибок.

Ввод данных: выберите ячейку, введите информацию, нажмите Enter. Старое значение в ячейке сотрется, вводимая информация отражается в строке формул. Курсор (по умолчанию) переместится вниз.

ПРИ ВВОДЕ ЧИСЕЛ. Вид вводимого числа зависит от формата ячейки: обычный, числовой, дробный, процентный, денежный, экспоненциальный (по умолчанию – обычный). Число прижимается к правой стороне ячейки.

ПРИ ВВОДЕ ТЕКСТА. Если вводимый длинный текст не помещается в ячейке, то он перекрывает другие ячейки, но принадлежит той ячейке, в которую вводится. Для размещения текста в ячейке можно изменить ширину ячейки или набрать текст в ячейке в несколько строк *Формат – Ячейки*–вкладка *Выравнивание – переносить по словам*.

2. Автозаполнение ячеек.

Используется команда *Правка – Заполнить***.** Автозаполнением можно заполнить ряды дат, времени, прогрессия: арифметическая (например, номер по порядку) или геометрическая.

3. *Ввод формул.*

Формула вводится одновременно в строку формул и в ячейку. Формула начинается с символа = (равно), и может содержать константы, адреса ячеек, знаки арифметических действий и функции. Константы и знаки арифметических действий вводятся с клавиату-

ры, адреса ячеек указываются щелчком мыши, функции вводятся с использованием *Мастера функций*.
Функции – ранее определённые формулы, они имеют такой синтаксис: *Имя_Функции* (аргументы). Имя выбирается из списка функций, аргументами могут быть адреса ячеек, константы, либо выражения. Аргумент может отсутствовать, но скобки обязательны.
4**. Выделение фрагментов таблицы.**
Выделение строк – провести указателем мыши, при нажатой левой клавиши, по номерам соответствующих строк.
Выделение столбцов – провести указателем мыши по именам столбцов.
Выделение интервала ячеек – провести указателем мыши от верхнего левого угла интервала до правого нижнего угла.
5**. Редактирование: вырезать, копировать, вставить, удалить, удалить лист и т.д.**
Команды редактирования применимы к ячейке, интервалу ячеек или к рабочему листу. Для выполнения этих команд необходимо выделить фрагмент (интервал) ячеек и из меню *Правка* выбрать соответствующую команду.
6. **Добавление (удаление) строк, столбцов, ячеек.**
Добавление: команда *Вставка – Строки (Столбцы, Ячейки).*
Удаление: Выделить нужный интервал *Правка – Удалить.*
При добавлении и удалении ячеек таблица может деформироваться.
7. **Форматирование чисел, текста, шрифта, обрамление и заливка ячеек цветом.**
Используется команда *Формат – Ячейки* и соответствующая вкладка. Для форматирования чисел – вкладка *Число.* Например, для задания нужного количества знаков после запятой: команда *Формат– Ячейки* **–**вкладка *Число* **–** формат *Числовой* **–** число знаков после запятой. Для ввода текста в ячейку в несколько строк: *Формат – Ячейки* **–** вкладка *Выравнивание – переносить по словам.*
8. **Построение графиков и диаграмм.**
Выделить столбцы данных с названиями. Обратиться к *Мастеру диаграмм*, шаг 1 –выбрать *тип диаграммы*, шаг 2 – исходные данные уже выделены до вызова *мастера,* шаг 3– указать *параметры диаграммы*, шаг 4 – указать *место размещения диаграммы*: на рабочем листе или на отдельном листе.
9. **Работа с таблицей как с базой данных: сортировка, фильтрация, форма ввода данных, промежуточные итоги.**

Эти действия выполняются командами меню *Данные.* Для работы с этими командами необходимо:

1. «Шапка» таблицы должна находиться в одной строке.
2. Таблица должна быть отделена от строки названия и строки итогов пустой строкой.
3. Слева и справа от таблицы не должно быть никаких данных.
4. Курсор поставить в любую ячейку таблицы.

- Сортировка – перестановка строк таблицы по возрастанию или убыванию значений выбранного столбца.

Команда *Данные – Сортировка* – выбрать столбец – вид сортировки (по убыванию или по возрастанию).

- Фильтрация – выборка строк таблицы, удовлетворяющих условию.

Команда *Данные – Фильтр – Автофильтр* – задать условие.

- Добавление исходных данных:

Команда *Данные – Форма* – введите данные в поля формы.

- Промежуточные итоги можно получить на предварительно отсортированной таблице по тому параметру, по которому нужно подвести итоги.

Команда *Данные – Итоги* – указать имя столбца, по которому была проведена сортировка, выбрать операцию и отметить столбцы, по которым подводить итоги.

10. **Таблицы подстановки.**

Позволяет использовать формулу, введенную в одну ячейку, рассчитать данные целой таблицы. Существуют таблицы с одной (для функций с одной переменной) или двумя ячейками подстановки (для функций с двумя переменными). Таблицу нужно подготовить определенным образом. С одной ячейкой подстановки:

1. Ввести исходные данные в столбец (или строку);
2. Ввести формулу, которая будет содержать ссылку на ячейку подстановки над столбцом, где будет результат.
3. Затем выделить интервал ячеек, включающий исходные данные, ячейку с формулой и будущий результат и выполнить команду *Сервис – Таблица подстановок* – сослаться на адрес ячейки ввода.

11. **Сводные таблицы.**

Позволяют из большой таблицы сделать выборки. Используется *Мастер Сводных таблиц*. Команда: *Данные – Сводная таблица.* Указать источник данных, место расположения сводной таблицы, указать поля и данные, по которым нужно получить сводку.

12. **Специальные инструменты: подбор параметра, поиск решения.**

Позволяют найти оптимальное (наилучшее) решение. При подборе изменяется один параметр. Команда – *Сервис – Подбор параметра* – указать ячейку с искомым параметром и изменяющуюся ячейку. При поиске решения можно изменять много параметров. Для чего необходимо записать математическую постановку задачи, определив целевую функцию и ограничения, подготовить таблицу и выполнить команду *Сервис – Поиск решения* – задать все параметры. Если *Поиска решения* нет в меню, его нужно подключить *Сервис – Надстройки – Поиск решения.*

Работа 3.1. Основные приемы работы: ввод данных и формул, форматирование таблицы, построение графиков

ЗАДАНИЕ 1

Создать таблицу под названием «Анализ показателей производства» и построить графики.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

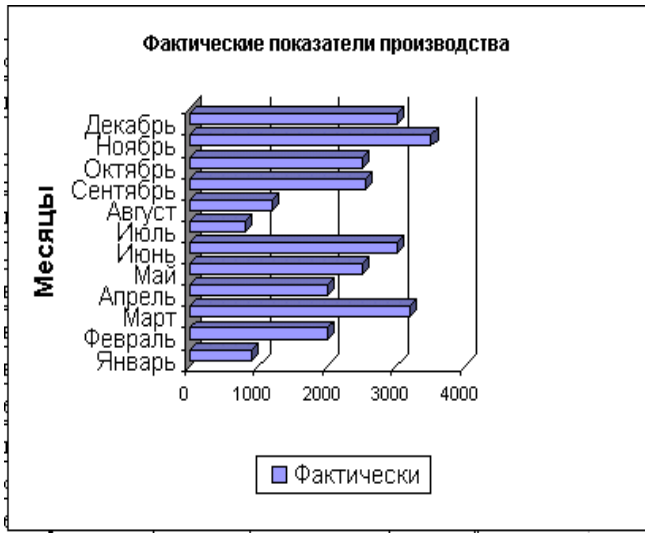
	A	B	C	D
1	**Анализ показателей производства**			
2	Показатели производства			
3	Пок. / месяцам	План	Фактически	%
4	Январь	**1000**	**900**	90%
5	Февраль	**2000**	**2000**	100%
6	Март	**3000**	**3200**	107%
7	Апрель	**1500**	**2000**	133%
8	Май	**3000**	**2500**	83%
9	Июнь	**2000**	**3000**	150%
10	Июль	**1000**	**800**	80%
11	Август	**1500**	**1200**	80%
12	Сентябрь	**2000**	**2550**	128%
13	Октябрь	**2000**	**2500**	125%
14	Ноябрь	**3000**	**3500**	117%
15	Декабрь	**4000**	**3000**	75%
16	Квартал I	6000	6100	
17	Квартал II	6500	7500	
18	Квартал III	4500	4550	
19	Квартал IV	9000	9000	

Поместите курсор в ячейку A1 и наберите «Анализ показателей производства», нажмите Enter, затем в ячейке A2 – «Показатели производства».

- Далее, перемещая курсор, заполните ячейки данными.
- Название месяца введите автозаполнением: в ячейке A4 наберите слово «Январь», установите курсор в правый нижний угол ячейки A4 на маркер заполнения, нажмите ЛКМ и протащите до ячейки A15.
- Для того чтобы вычислить проценты необходимо фактические показатели производства разделить на плановые. Формула начинается со знака = и мышкой указываются адреса ячеек.
- Для вычисления квартального показателя используем *Автосуммирование* Σ или функцию *=СУММ( )*. Не забудьте, что в квартал входит три месяца.
- Для построения диаграммы 1 выделите ячейки A3:A15, затем, нажав кнопку Ctrl, выделите ячейки C3:C15, вставка - нажмите значок *диаграмма – Линейчатая с группировкой.* На вкладке *Работа с диаграммой – макет – название диаграммы,* введите названия. Для построения диаграммы 2 выделите интервал ячеек

A16:B19, выберите вставка - *гистограмма с группировкой*, на вкладке *Работа с диаграммой – макет – Таблица данных - Дополнительные параметры таблицы данных*.

- Обрамите таблицу, используя команду *Формат – Ячейки – Граница.*



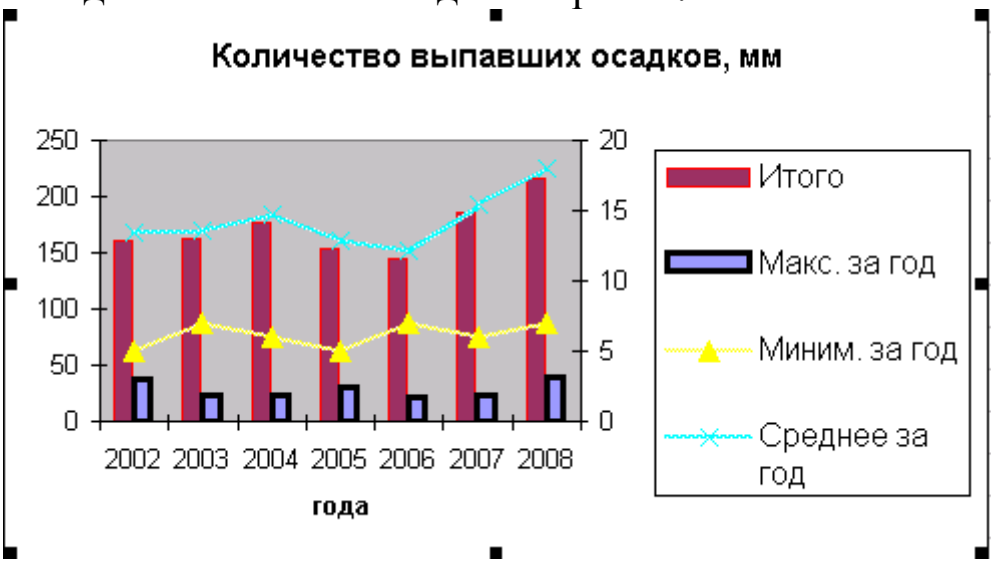


ЗАДАНИЕ 2

1. Составьте электронную таблицу, вычисляющую количество выпавших осадков.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Количество выпавших осадков, мм									
2		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Макс. кол. за месяц	Мин. кол. за месяц
3	Январь	25	17	23	25	17	23	35		
4	Февраль	37	12	13	20	21	23	40		
5	Март	8	16	6	7	9	20	16		
6	Апрель	10	7	11	12	8	16	7		
7	Май	12	8	16	5	9	9	8		
8	Июнь	7	9	20	8	16	12	9		
9	Июль	6	11	23	7	9	20	11		
10	Август	8	16	12	8	16	6	16		
11	Сентябрь	13	13	9	14	12	13	13		
12	Октябрь	5	9	9	7	9	20	10		
13	Ноябрь	10	24	12	10	7	11	24		
14	Декабрь	20	21	23	31	12	13	27		
15	Итого									
16	Макс. за год									
17	Миним. за год									
18	Среднее за год									

2. **Постройте гистограмму** «Количество выпавших осадков». Вставка - *гистограмма с группировкой*, в которой по годам отражено «Итого», «Макс. за год», «Миним. за год», «Среднее за год». «Среднее за год» и «Миним. За год» построить.



Работа 3.2. Мастер функций

Задание 1

Рассчитать комиссионную ставку для торговых агентов. Она зависит от объема продаж. Если объем продаж свыше 100 тыс.руб., то комиссионная ставка равна 6%, если не превышает 100 тыс.руб., то комиссионная ставка равна 5%.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

	A	B	C
1	***Комиссионные торговых агентов***		
2			
3	**Торговые агенты**	**Продажи за месяц**	**Комиссионные**
4	Романцев	130 658,00	
5	Бабий	41 209,00	
6	Сидоров	965 840,00	
7	Левченко	56 023,00	
8	Молчанов	69 845,00	
9	Колесников	185 926,00	
10	Арутюнянц	116 523,00	
11	Кудрявцева	33 565,00	
12	Лившиц	69 954,00	

Для решения данной задачи нужно воспользоваться функцией *Если.*

Синтаксис любой функции имеет имя и аргументы – *Имя функции* **(***аргументы***).**

Все функции объединены в категории. Функция ЕСЛИ относится к категории логические и имеет следующий синтаксис: *Если.* (*проверяемое условие; величина, возвращаемая в случае, если данное условие выполняется;*

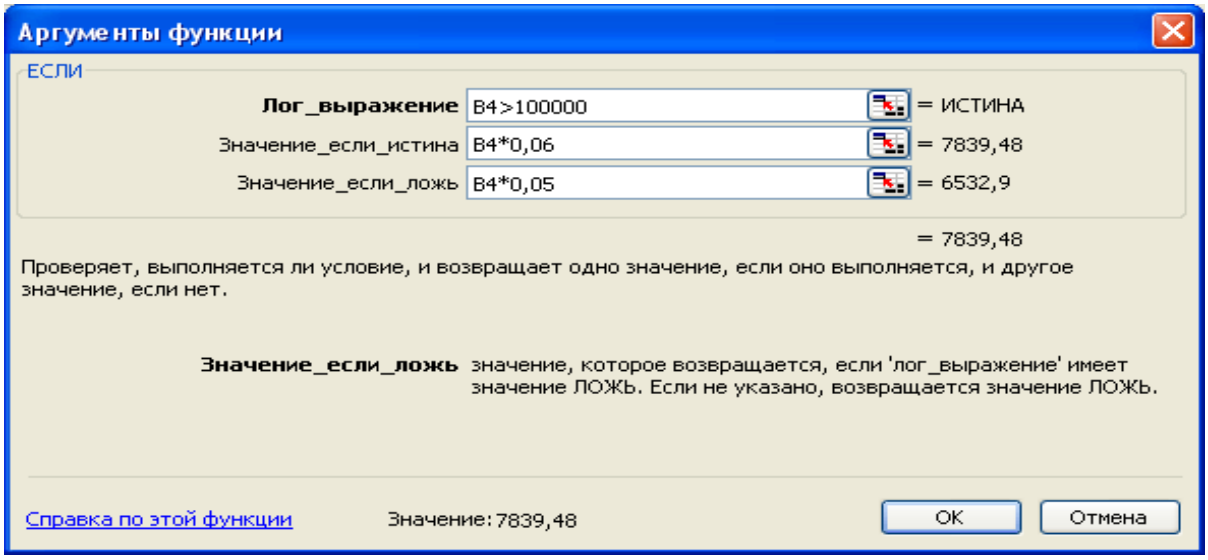
величина, возвращаемая при невыполнении данного условия).

Для работы с функциями используют *Мастер функций* . Он состоит из двух шагов: выбор *Имени функции* и задание *аргументов.*

Выделите ячейку, в которой вы собираетесь разместить результат выполнения функции *ЕСЛИ,* например С4.

1. Щелкните на кнопке *Мастер функций* из списка «Категория» выберите *«Логические»,* в следующем окне выберите функцию *ЕСЛИ.*

2. В диалоговом окне «Аргументы функции» в поле *Лог_выражение* введите проверяемое условие, например B4>100000, считая, что объем продаж содержится в ячейке B4.



3. В поле *Значение_если_истина* введите величину, которая будет возвращена, если окажется, что заданное условие выполняется. Например, если нужно задать 6 % комиссионных для тех, у кого объем продаж превышает 100 тыс.руб., в это поле нужно ввести B4*0,06.

4. В поле *Значение_если_ложь* введите величину, которая будет возвращена, если окажется, что заданное условие не выполняется. Например, если нужно задать 5 % комиссионных для тех, у кого объем продаж не превышает 100 тыс.руб., в это поле нужно ввести B4*0,05. Щелкните кнопку ОК. Excel внесет функцию в рабочую таблицу и будет помещать результаты ее выполнения в выделенную ячейку. (Примечание: Если оставить пустым поле *Значение_если_ложь*, то при невыполнении заданного условия Excel возвратит не число, а слово «Ложь».)

5. Вид функции в ячейке C4 приведен в строке формул: *=ЕСЛИ(B4>100000;B4*0,06;B4*0,05)*. Чтобы рассчитать комиссионные для всех других работников скопируйте данную формулу одним из известных методов. Например, протащив маркер заполнения с ячейки C4 до ячейки C12.

C4 =ЕСЛИ(B4>100000;B4*0,06;B4*0,05

	A	B	C	D
1	*Комиссионные торговых агентов*			
2				
3	**Торговые агенты**	**Продажи за месяц**	**Комиссионные**	
4	Романцев	130 658,00	7 839,48	
5	Бабий	41 209,00	2 060,45	
6	Сидоров	965 840,00	57 950,40	
7	Левченко	56 023,00	2 801,15	
8	Молчанов	69 845,00	3 492,25	
9	Колесников	185 926,00	11 155,56	
10	Арутюнянц	116 523,00	6 991,38	
11	Кудрявцева	33 565,00	1 678,25	
12	Лившиц	69 954,00	3 497,70	

ЗАДАНИЕ 2

Скопируйте рассчитанную таблицу и рассчитайте новые комиссионные ставки для торговых агентов.

Если объем продаж выше 130 тыс.руб. – задать 10 % комиссионных, для тех, у кого объем продаж превышает 100 тыс.руб., но меньше 130 тыс.руб. – 5 % комиссионных, для тех, у кого объем продаж не превышает 100 тыс.руб. – 3 % комиссионных.

Работа 3.3. Автозаполнение, абсолютные и относительные ссылки.

ЗАДАНИЕ

Создать электронную таблицу учета платы за квартиру согласно образцу.

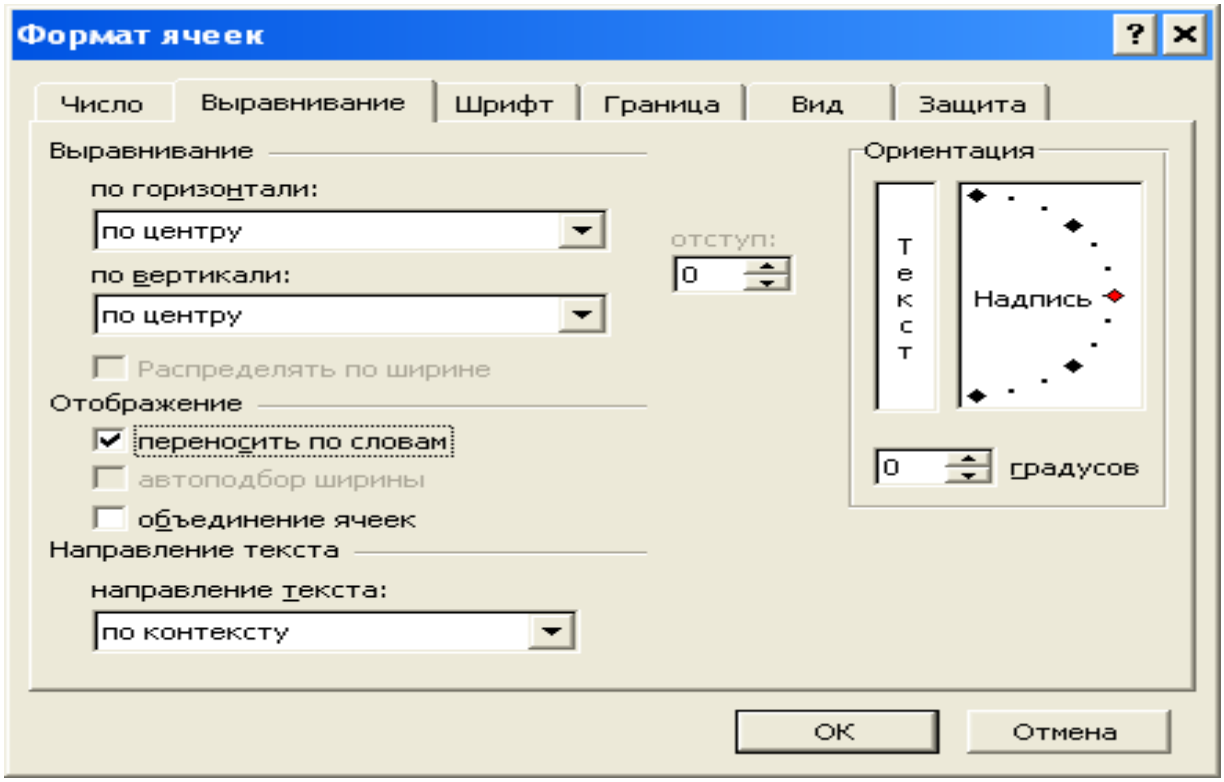
1. Все заголовки столбцов должны быть выровнены по центру, как по горизонтали, так и по вертикали, при определении формата ячейки, примите опцию переноса слов. Отформатируйте таблицу по образцу.
2. Столбец «№ квартиры» – автозаполнение с 10 (шаг 1). Форомат: курсив, по центру.
3. Столбец «Фамилия квартиросъемщика» формат: по левому краю.
4. Столбец «Площадь» – автозаполнение с 70 (шаг – 0,5), формат: курсив, по центру
5. Столбец «Сумма»: для каждой квартиры умножается значение из графы «Площадь» (с относительным адресом) на значение из ячейки «Тариф» (с абсолютным адресом).
6. Столбец «Дата оплаты» – автозаполнение с 10 марта (шаг 1), каждая последующая квартира произвела оплату на день позже предыдущей.
7. Столбец «Просрочка»: если оплата была произведена до срока оплаты включительно, то автоматически ставиться 0 (нуль); если позже срока, то должно подсчитываться количество дней просрочки («Дата оплаты» относительный адрес – «Срок оплаты» абсолютный адрес). Формат: курсив, по центру.
8. Столбец «Штраф»: для каждой квартиры умножается значение из графы «Пени за 1 день» (абсолютный адрес) на значение из графы «Просрочка». Формат « денежный», целый.
9. Столбец «Итого»: суммируется значение из граф «Сумма» и «Штраф», формат «денежный», целый.
10. В конце ведомости подсчитать: среднюю площадь, минимальную сумму, максимальную просрочку, максимальный штраф, итого, используя соответствующие функции.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Квартплата							
2	Тариф за 1 кв. м:		5р.					
3	Срок оплаты:		10 мар					
4	Пени за 1 день :		1,5р.					
5	№ квартиры	Фамилия квартирос.	Площадь кв. м	Сумма	Дата оплаты	Прос-рочка	Штраф	Итого
6	10	Ивашкина	70	350р.	10 мар	0	0р.	350р.
7	11	Баранова	69,5	348р.	11 мар	1	2р.	349р.
8	12	Корнилова	69	345р.	12 мар	2	3р.	348р.
9	13	Воробьев	68,5	343р.	13 мар	3	5р.	347р.
10	14	Скоркин	68	340р.	14 мар	4	6р.	346р.
11	15	Новиков	67,5	338р.	15 мар	5	8р.	345р.
12	16	Зубков	67	335р.	16 мар	6	9р.	344р.
13	17	Сырников	66,5	333р.	17 мар	7	11р.	343р.
14	18	Миронов	66	330р.	18 мар	8	12р.	342р.
15	19	Рублева	65,5	328р.	19 мар	9	14р.	341р.
16	20	Лобанова	65	325р.	20 мар	10	15р.	340р.
17		Средняя площадь	67,5					
18		Минимальная сумма		325р.				
19		Максимальная просрочка				10		
20		Максимальный штраф					15р.	
21		Итого						3 795р.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Для форматирования столбцов использовать правую клавишу мыши (ПКМ): *Формат ячеек* – вкладка *Выравнивание*.
2. Автозаполнение ячеек: *Правка – Заполнить – Прогрессия– Арифметическая (ряды даты*), либо введите значение в первую и вторую ячейки, выделите их и протяните ЛКМ, зацепив маркер заполнения, либо введите значение в первую ячейку (для дат) и протяните маркер.
3. При вычислениях используйте в ссылках (адреса ячеек) относительные и абсолютные адреса. Относительный адрес при копировании формул изменяется: при копировании по столбцу в адресах ячеек изменяется номер строки; при копировании по строке в адресах ячеек изменяется имя столбца. *Абсолютные адреса при копировании не изменяются!* Абсолютный адрес устанавливают клавишей F4, например, для «Штрафа» = $C$4*F6.

Относительный адрес – C4, абсолютный адрес – $C$4, смешанные адреса – $C4 и C$4.



4. Для вычисления формул используйте *Мастер функций*. Для поля «Просрочки» используется функция *ЕСЛИ*. Синтаксис и правило использования функции см. в лабораторной работе 3.2. Например, = *ЕСЛИ(E6 <= $C$3;0;E6 – $C$3).*
5. Для вычисления параметров: «Средняя площадь», «Минимальная сумма», «Максимальная просрочка», «Максимальный штраф», «Итого» используйте функции: *(СРЗНАЧ(аргументы)*, *СУММ(аргументы), МИН(аргументы)*, *МАКС(аргументы).* Ввод функций в формулы осуществляйте *Мастером функций*.

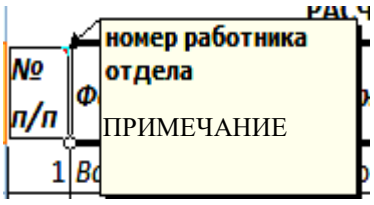
Работа 3.4. Создание примечаний, числовое форматирование

ЗАДАНИЕ

Сформировать на рабочем листе ведомость «Расчет заработной платы работников научно–проектного отдела «Альфа».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	РАСЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОТНИКОВ НАУЧНО-ПРОЕКТНОГО ОТДЕЛА "АЛЬФА"										
3	*п/п*	*Фамилия И. О.*	*Должность*	*Тарифная ставка*	*Стаж*	*k*	*Надбавка за стаж*	*Итого*	*Процент налога*	*Удержать*	*Выплата*
4	1	*Вольская А. Д.*	лаборант	5 670,00							
5	2	*Ермакова Л. П.*	инженер	8 000,00							
6	3	*Заяц В. Д.*	мл. н. сотрудник	7 700,00	11						
7	4	*Иванова А. С.*	лаборант	5 500,00							
8	5	*Игнатович В. П.*	ст. н. сотрудник	9 700,00	6						
9	6	*Котов В. А.*	инженер	8 000,00							
10	7	*Михайлова Н. п.*	инженер	8 000,00	8						
11	8	*Мороз В. И.*	ст. н. сотрудник	9 700,00							
12	9	*Никонова Е. И.*	мл. н. сотрудник	7 700,00							
13	10	*Петрашевич Г. С.*	зав.лаборатории	12 200,00	16						
14	11	*Петров В. М.*	лаборант	5 670,00							
15	12	*Сергейчик П. П.*	мл. н. сотрудник	7 700,00	11						
16	13	*Степаненко А. В.*	ст. н. сотрудник	9 700,00							
17	14	*Уланович А. С.*	лаборант	5 500,00	7						
18	15	*Уткие П. И.*	ст. н. сотрудник	9 700,00	6						
19	*Всего к выдаче:*										

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ



1. В ячейку А2 поместить название ведомости
2. В ячейки А3:К3 ввести названия полей ведомости: *№ п/п…Выплата.*
3. К шапке ведомости – к каждому столбцу – создать скрытые примечания.

Примечания создаются командой *Вставка – Примечание* (также можно использовать панель инструментов *Рецензтрование*, которая добавляется командой *Вид – Панели Инструментов – Рецензирование).*

Тексты Примечаний по столбцам:

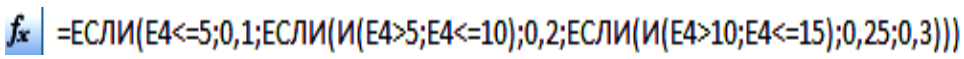
№ п/п – номер работника отдела;

Фамилия И. О. – заносятся все фамилии работающих в научно–проектном отделе;

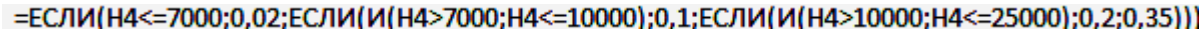
Должность – занимаемая должность на момент заполнения ведомости;
Тарифная ставка – денежный эквивалент занимаемой должности;
Стаж – вносится целое число отработанных лет на момент заполнения ведомости;
k – коэффициент за стаж работы;
Надбавка за стаж – денежный эквивалент за стаж работы;
Итого – начисление заработной платы с учетом тарифной ставки и стажа работы;
Процент налога – определяет процент отчислений в бюджет;
Удержать – денежный эквивалент отчислений в бюджет;
Выплата – сумма, предназначенная к выдаче.

4. При расчетах в ведомости учитывать следующее:

Коэффициент *k* присваивается из следующего расчета: 0,1 – отработано до 5 лет включительно, 0,2 – от 5 до 10 лет включительно, 0,25 – от 10 до 15 лет включительно, 0,3 – свыше 15 лет. Формула для ячейки F4:



Надбавка за стаж – произведение *тарифной ставки* на *k*,
G4 =D4*F4
Формат числа для ячейки G4: *Формат – Ячейки* –вкладка *Число*, из списка *Числовые форматы* выбрать *Все форматы* и в поле *Тип* ввести формат # ##0,00р.
Итого – сумма *Тарифной ставки* и *Надбавки за стаж* *(H4=D4 + G4).* Формат числа аналогичен предыдущему.
Процент налога – учитывает, что : 2 % – начисление (по *Итого*) составляет до 7000 р. включительно, 10 % – более 7000 р. до 10000 р. включительно, 20 % – более 10000 р. до 25000 р. включительно, 35 % – превышающие 25000 р. Пример формулы для I4:



Формат числа (I4) – *Процентный.*
Удержать – произведение *Итого* на *Процент налога.* Формат пользовательский, аналогичный ячейкам столбцов D, G,H**:** # ##0,00р.
Выплата – разность между *Итого* и *Удержать.*

5. Подсчитайте *Всего к выдаче,* используя *Автосуммирование.*
6. Объедините ячейки в соответствии с образцом *Формат – Ячейки* – вкладка *Выравнивание – Объединить ячейки.*
7. Обрамите таблицу *Формат – Ячейки* – вкладка *Граница.*

8. Отформатируйте текстовую информацию по образцу *Формат – Ячейки* – вкладка *Шрифт*.

Результат решения задачи

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	РАСЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОТНИКОВ НАУЧНО-ПРОЕКТНОГО ОТДЕЛА "АЛЬФА"										
3	№ п/п	Фамилия И. О.	Должность	Тарифная ставка	Стаж	k	Надбавка за стаж	Итого	Процент налога	Удержать	Выплата
4	1	Вольская А. Д.	лаборант	5 670,00р.		0,1	567,00р.	6 237,00р.	2%	124,74р.	6 112,26р.
5	2	Ермакова Л. П.	инженер	8 000,00р.		0,1	800,00р.	8 800,00р.	10%	880,00р.	7 920,00р.
6	3	Заяц В. Д.	мл. н. сотрудник	7 700,00р.	11	0,25	1 925,00р.	9 625,00р.	10%	962,50р.	8 662,50р.
7	4	Иванова А. С.	лаборант	5 500,00р.		0,1	550,00р.	6 050,00р.	2%	121,00р.	5 929,00р.
8	5	Игнатович В. П.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.	6	0,2	1 940,00р.	11 640,00р.	20%	2 328,00р.	9 312,00р.
9	6	Котов В. А.	инженер	8 000,00р.		0,1	800,00р.	8 800,00р.	10%	880,00р.	7 920,00р.
10	7	Михайлова Н. п.	инженер	8 000,00р.	8	0,2	1 600,00р.	9 600,00р.	10%	960,00р.	8 640,00р.
11	8	Мороз В. И.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.		0,1	970,00р.	10 670,00р.	20%	2 134,00р.	8 536,00р.
12	9	Никонова Е. И.	мл. н. сотрудник	7 700,00р.		0,1	770,00р.	8 470,00р.	10%	847,00р.	7 623,00р.
13	10	Петрашевич Г. С.	зав.лаборатории	12 200,00р.	16	0,3	3 660,00р.	15 860,00р.	20%	3 172,00р.	12 688,00р.
14	11	Петров В. М.	лаборант	5 670,00р.		0,1	567,00р.	6 237,00р.	2%	124,74р.	6 112,26р.
15	12	Сергейчик П. П.	мл. н. сотрудник	7 700,00р.	11	0,25	1 925,00р.	9 625,00р.	10%	962,50р.	8 662,50р.
16	13	Степаненко А. В.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.		0,1	970,00р.	10 670,00р.	20%	2 134,00р.	8 536,00р.
17	14	Уланович А. С.	лаборант	5 500,00р.	7	0,2	1 100,00р.	6 600,00р.	2%	132,00р.	6 468,00р.
18	15	Уткие П. И.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.	6	0,2	1 940,00р.	11 640,00р.	20%	2 328,00р.	9 312,00р.
19	Всего к выдаче:							140524,00р.		18 090,48р.	122 433,52р.

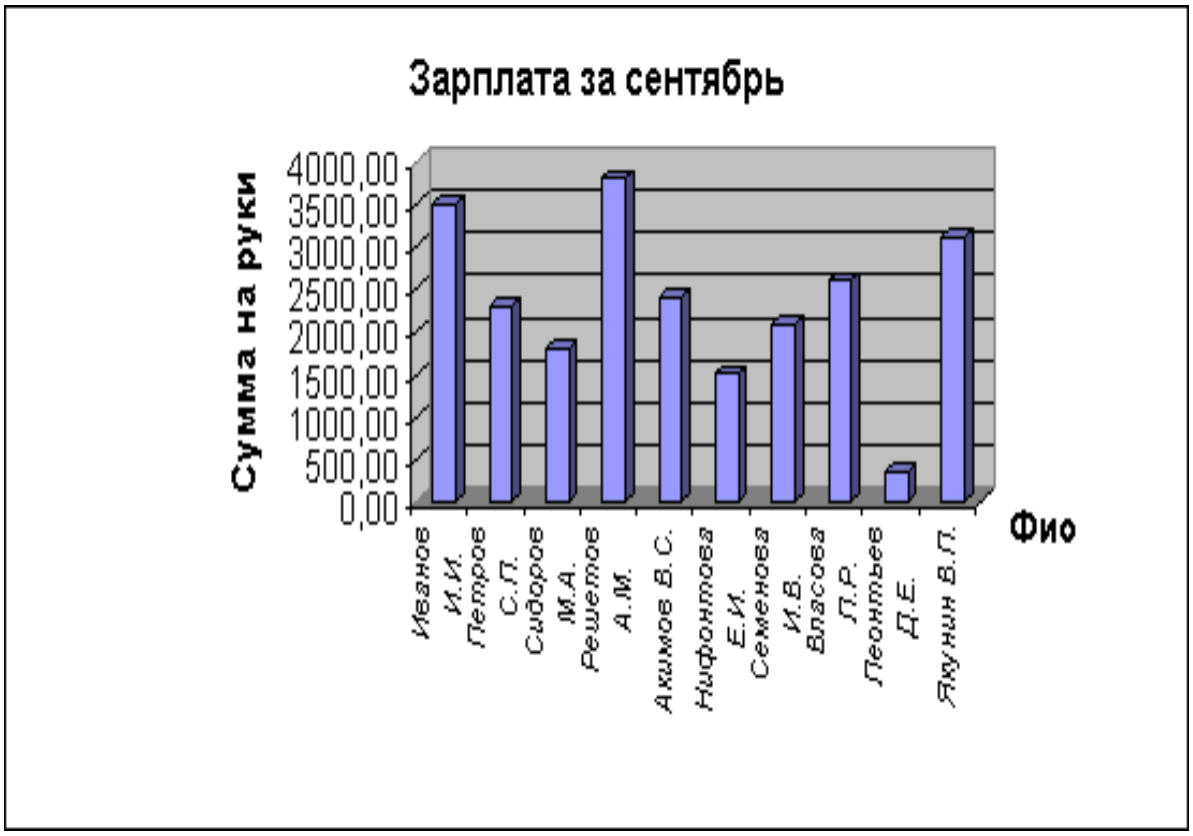
Работа 3.5. Вычисления с использованием функций, форматирование графиков

ЗАДАНИЕ

1. Дайте название рабочему листу «Зарплата».
2. Создайте таблицу, заполнив шапку и значения столбцов приведенными в таблице данными: «№ », «Фамилия И.О.», «Оклад», «Дети».
3. Вычислите по формулам значения в первых ячейках столбцов: «Уральский коэффициент», «З/плата с уральским коэф.», «С начала года», «Налоги», «Сумма на руки».
4. Скопируйте полученные формулы в остальные ячейки соответствующих столбцов.
5. Вычислите итоговые значения и скопируйте их в соседние ячейки этих строк.
6. Отформатируйте таблицу в соответствии с приведенным видом.
7. Постройте столбиковую диаграмму рассчитанной «Зарплаты за сентябрь».

	A	B	C	D	E	F		H	I
1	Сентябрь 2006 г.								
2	№	Фамилия И.О.	Оклад	Уральский коэф.	З/плата с урал. коэф.	С начала года	Дети	Налоги	Сумма на руки
3	1	Иванов И.И.	3500	525,00	4025,00	36225,00	2	523,25	3501,75
4	2	Петров С.П.	2300	345,00	2645,00	23805,00	2	343,85	2301,15
5	3	СидоровМ.А.	1800	270,00	2070,00	18630,00	1	269,10	1800,90
6	4	РешетовА.М.	3800	570,00	4370,00	39330,00	1	568,10	3801,90
7	5	Акимов В.С.	2400	360,00	2760,00	24840,00	2	358,80	2401,20
8	6	Нифонтова Е.И.	1500	225,00	1725,00	15525,00	0	224,25	1500,75
9	7	Семенова И.В.	2100	315,00	2415,00	21735,00	1	313,95	2101,05
10	8	Власова Л.Р.	2600	390,00	2990,00	26910,00	2	388,70	2601,30
11	9	Леонтьев Д.Е.	320	48,00	368,00	3312,00	0	0,00	368,00
12	10	Якунин В.П.	3100	465,00	3565,00	32085,00	2	463,45	3101,55
13		Всего	23420	3513,00	26933,00	242397,00	13	3453,45	23479,55
14		Среднее	2342	351,30	2693,30	24239,70	1	345,35	2347,96
15		Max	3800	570,00	4370,00	39330,00	2	568,10	3801,90
16		Min	320	48,00	368,00	3312,00	0	0,00	368,00

Налоговый вычет	400



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Ввод формул**.** Формула начинается со знака =. Адреса ячеек со значениями, участвующими в вычислениях, указываются щелчком мыши. Для выбора функций используется команда *Вставка – Функции* или *Мастер функций* f_x.
2. Формулы для вычислений:
   - «Уральский коэф.» составляет 15 % от оклада. «Уральский коэф.»=0,15* «Оклад».
   - «З/плата с уральским коэф.» = «Оклад» + «Уральский коэф.».
   - Начисления заработной платы накопительным итогом за девять месяцев с начала года. «С начала года» = З/плата с урал. коэф.* кол. месяцев. В данном примере количество месяцев равно 9.
   - «Налоги». *Если* «З/плата с уральским коэф.» *меньше, чем* налоговый вычет, в нашем случае это 400 рублей, то *налог будет равен 0. Если* начисления «С начала года», *меньше или равны 15000руб., то налог равен* – («З/плата с уральским коэф.» – «Налоговый вычет» – *300** «Дети»*)*0,13; в противном случае* «З/плата с уральским коэф.» **0,13.*

Адрес ячейки D18 – «Налоговые вычеты» необходимо задать в виде абсолютной ссылки – $D$18, которая задается функциональной клавишей F4.

- «Сумма на руки» = «З/плата с уральским коэф.» – «Налоги».
- Вычисления формул итоговых строк***:*** *Мастер функций – Категории – Статистические* **–** найдите нужную функцию *(СУММ( ), СРЗНАЧ( ), MAX( ), MIN( )).* Введите диапазон ячеек с данными для вычисления значений функций.
- Скопируйте формулы в соответствующие строки.

3. Построение графика по данным, расположенным не в соседних столбцах: выделить диапазон ячеек, данные которых будут располагаться по оси *X* (столбец «Фамилия И.О.»), нажать клавишу.*Ctrl* и не отпуская ее, выделить диапазон ячеек, данные которых будут располагаться на оси *Y* **(**столбец «Сумма на руки»). Далее обычные действия: Вызвать *Мастер построения диаграмм,* выбрать *Тип диаграммы* и ее вид. Ввести *Параметры диаграммы***,** задать *Размещение диаграммы.*
4. Отформатировать график (изменение его оформления)**.** Выделить нужный фрагмент графика, вызвать контекстное меню (КМ), выбрать *Формат* **–** изменить значения параметров: шрифт, вид и толщину линий, вид стрелок и т.д.

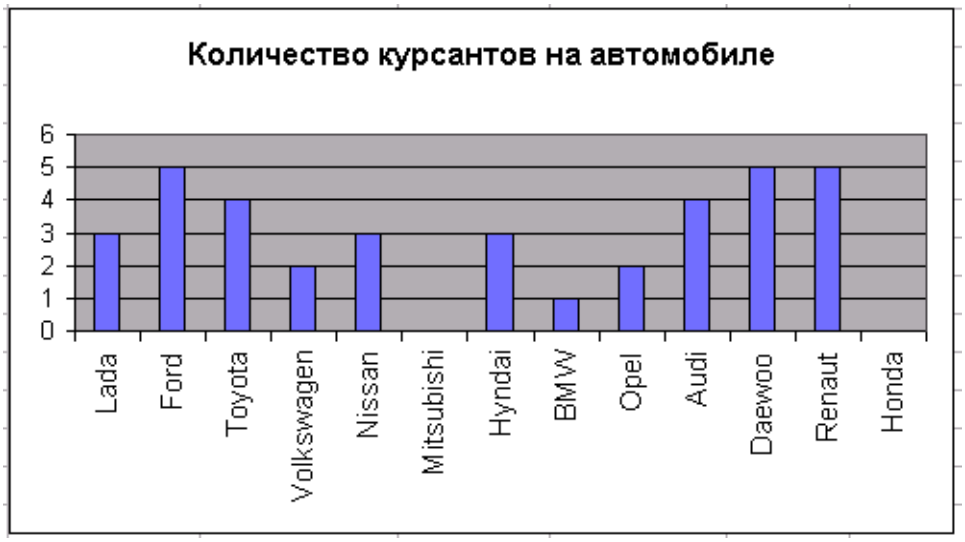
Работа 3.6. Использование сложных функций
ВАРИАНТ 1

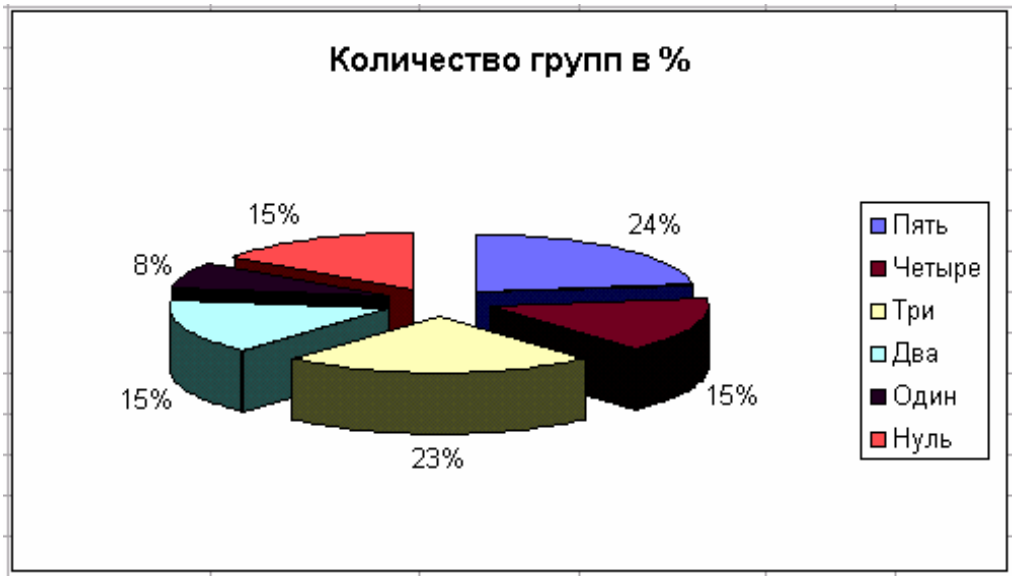
ЗАДАНИЕ

1. Введите название рабочего листа – «Автошкола «Автолайн».
2. Наберите «шапку» ведомости, заполните значение столбцов: «№» – автозаполнением; «Фамилия инструктора» – 13 – ю фамилиями, «Число курсантов» разбить на два столбца, в столбце «Цифрой» ввести числовое значение с клавиатуры.
3. В первую ячейку столбца «Прописью» введите формулу, используя, *Мастер формул*. Если число цифрой равно 0, то прописью «Нуль», если – 1, то «Один», если – 2, то прописью «Два», если – 3, то прописью «Три», если – 4, то «Четыре», если – 5, то «Пять».
4. Скопируйте формулу во все ячейки столбца.
5. В отдельной таблице подсчитайте количество оценок.
6. По результатам этой таблицы постройте две диаграммы – *Гистограмму* со значениями и *Круговую* (в процентном формате).

	A	B	C	D	E
1	Автошкола "АвтоЛайн"				
2	№	Фамилия инструктора	Автомобили	Число курсантов	
3				Цифрой	Прописью
4	1	Абакумов	Lada	3	Три
5	2	Воронцов	Ford	5	Пять
6	3	Дроздов	Toyota	4	Четыре
7	4	Зубкова	Volkswagen	2	Два
8	5	Колосов	Nissan	3	Три
9	6	Ладыгин	Mitsubishi	0	Нуль
10	7	Михайлов	Hyndai	3	Три
11	8	Никонов	BMW	1	Один
12	9	Плотников	Opel	2	Два
13	10	Важенина	Audi	4	Четыре
14	11	Дозморова	Daewoo	5	Пять
15	12	Иванова	Renaut	5	Пять
16	13	Сараева	Honda	0	Нуль

	A	B	C
18		Численность курсантов в группе	Количество групп
19		Пять	3
20		Четыре	2
21		Три	3
22		Два	2
23		Один	1
24		Нуль	2
25		Итого	13





МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Ввод формулы с использованием функции *ЕСЛИ*. *Мастер функций* – функция *ЕСЛИ***.** Синтаксис функции: *ЕСЛИ (Условие; Действие «истина»; Действие «ложь»)*

В приведенном ниже примере формула анализирует содержимое ячейки D4 – цифровое число курсантов для инструктора Абакумова.

=ЕСЛИ(D4=5;"Пять";ЕСЛИ(D4=4;"Четыре";ЕСЛИ(D4=3;"Три";ЕСЛИ(D4=2;"Два";ЕСЛИ(D4=1;"Один";ЕСЛИ(D4=0;"Нуль";"Ошибка ввода")))))).

2. Для подсчета количества групп используется функция *СЧЁТЕСЛИ:*

СЧЁТЕСЛИ (Диапазон ячеек, в которых ведется подсчет; Условие). Например, для «Пять» формула = *СЧЁТЕСЛИ (D4:D16;"=5")*.



3. Круговая диаграмма строится для столбца «Количество групп», выбирается соответствующий вид диаграммы. Надписи задаются в окне «Параметры диаграммы» на вкладке «Подписи данных».

ВАРИАНТ 2

ЗАДАНИЕ

1. Измените название рабочего листа – «Экзаменационная ведомость».
2. Наберите «шапку» ведомости, заполните значение столбцов: «№» – автозаполнением; «Фамилия И. О.» – любыми 10 – ю фамилиями», «№ зачетной книжки» и числовое значение оценки введите с клавиатуры.
3. В первую ячейку столбца «Прописью» введите формулу, используя, *мастер формул*. Если числовая оценка равна 2, то прописью «Неудовлетворительно», если – 3, «Удовлетворительно», если – 4, то «Хорошо», если – 5, то «Отлично», если – «н/я», то «Неявка»
4. Скопируйте формулу во все ячейки столбца.
5. В отдельной табличке подсчитайте количество оценок.
6. По результатам этой таблицы постройте кольцевую диаграмму.

	A	B	C	D	E	F
1	Экзаменационная ведомость					
2						
3	Группа_____ Дисциплина_____					
4						
5				Оценка		
6	№	Фамилия И. О.	№ зачетной	Число	Прописью	Роспись
7	1	Иванов И. И.	275	3	Удовлетворительно	
8	2	Петров П. П.	265	5	Отлично	
9	3	Сидоров С. С.	232	н/я	Неявка	
10	4	Решетников Р. Р.	214	4	Хорошо	
11	5	Абрамов А. А.	193	5	Отлично	
12	6	Кац В. Ш.	171	н/я	Неявка	
13	7	Бильбао К. Ф.	150	2	Неудовлетворительно	
14	8	Нифонтов К. Р.	128	5	Отлично	
15	9	Русинов Р. Д.	107	4	Хорошо	
16	10	Якушин Я. Т.	85	3	Удовлетворительно	
17						
18		"Отлично"	3			
19		"Хорошо"	2			
20		"Удовлетворительно"	2			
21		"Неудовлетворительно"	1			
22		"Неявка"	2			
23		Итого	10			



Методические указания аналогичны варианту 1.

Работа 3.7. Команды сортировки и фильтрации

ЗАДАНИЕ

1. Наберите в MS Excel таблицу с выделенными значениями (кроме значений в колонках «% жилого фонда» и «Стоимость 1 кв. м.), оформите и отформатируйте по указанному образцу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Квартирное агенство "МЕЧТА"								
2	№	Кол-во комнат	Район	Теле-фон	Общий метраж	Жилой метраж	Стоимость квар-тиры, тыс. руб	% жилого фонда	Стоимость 1 кв. м., тыс. руб
3	1	3	Ленинский	Есть	58,3	38,5	286	66,0	4,91
4	2	3	Чкаловский	Нет	48	40,6	89	84,6	1,85
5	3	2	Кировский	Есть	43	32	115	74,4	2,67
6	4	1	Октябрьский	Есть	35	25	75	71,4	2,14
7	5	1	Юго-Западный	Есть	32	21	126	65,6	3,94
8	6	1	Юго-Западный	Есть	26	16	64	61,5	2,46
9	7	1	Юго-Западный	Нет	50	32	95	64,0	1,90
10	8	2	Октябрьский	Нет	46	40	185	87,0	4,02
11	9	2	Кировский	Нет	62	45	246	72,6	3,97
12	10	2	Чкаловский	Нет	48	35	94	72,9	1,96
13	11	3	Чкаловский	Нет	96	75	192	78,1	2,00
14	12	2	Ленинский	Нет	29	21	126	72,4	4,34
15	13	3	Ленинский	Нет	56	49	164	87,5	2,93
16	14	3	Ленинский	Нет	108,5	80	580	73,7	5,35
17	15	4	Кировский	Есть	96	71	396	74,0	4,13
18	16	2	Кировский	Есть	48,2	40	180	83,0	3,73
19	17	2	Ленинский	Есть	38	32	195	84,2	5,13
20	18	1	Чкаловский	Есть	26	16	48	61,5	1,85
21	19	1	Октябрьский	Нет	28	18	85	64,3	3,04
22	20	1	Юго-Западный	Есть	36	22,3	45	61,9	1,25
23	21	2	Юго-Западный	Есть	51	40	97	78,4	1,90
24	22	2	Кировский	Нет	65	42	115	64,6	1,77
25	23	3	Кировский	Нет	86	50	200	58,1	2,33
26	24	3	Кировский	Нет	84,3	58	215	68,8	2,55
27	25	2	Ленинский	Есть	68,6	36	325	52,5	4,74
28	Итого				1364,9	975,4	4338		
29	Средние показатели				54,60	39,02	173,52	71,33	3,07

2. Вычислите «% жилого фонда» и «Стоимость 1 кв. м.».
3. Определите Итоговые и Средние показатели.
4. **Примените Автофильтр** и выполните следующие действия:
   - выделите все однокомнатные квартиры и перенесите их на лист 2;

- выделите все двухкомнатные квартиры и перенесите их на лист 3;
- выделите все трехкомнатные квартиры и перенесите их на лист 4;
- выделите все четырехкомнатные квартиры и перенесите их на лист 5;

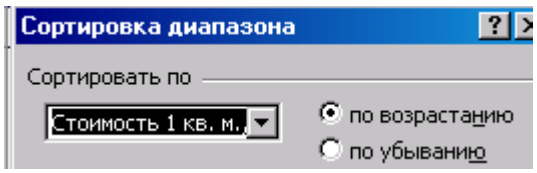
5. Переименуйте указанные в п.4 рабочие листы следующим образом: «1–комнатные», «2–комнатные» и т. д.
6. На листах 2 – 5 вычислите показатели, указанные в п.3.
7. **Отсортируйте**: 1–комнатные квартиры – по возрастанию стоимости 1 кв. м.; 2–комнатные квартиры – по возрастанию стоимости квартиры; 3–комнатные квартиры – по убыванию жилого метража.
8. На листе 1 отфильтруйте квартиры с жилым метражом более 30 м и стоимостью 1 кв. м менее 2 тыс.руб., результат скопируйте на лист 6.
9. На листе 1 найдите: самую дорогую квартиру; самую большую по общему метражу; имеющую самую низкую стоимость; с самым высоким процентом жилого фонда.
10. Найденные квартиры скопируйте на лист 7.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Для определения итоговых и средних показателей воспользуйтесь функциями *СУММ(аргумент)* и *СРЗНАЧ(аргумент)*.

При фильтрации и сортировке данных в таблице поставьте курсор в любую ячейку таблицы и выполните соответствующую команду.

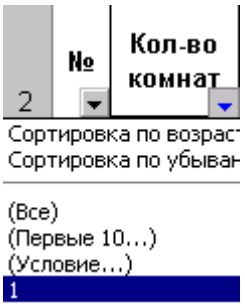
2. Сортировка выполняется командой *Данные – Сортировка*. Выберите столбец, по которому осуществляется сортировка и параметр



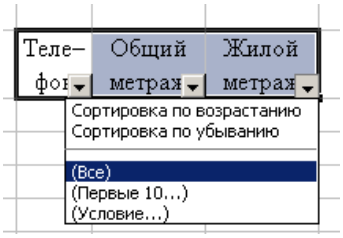
№	Кол-во комнат	Стоимость 1 кв. м., тыс. руб
20	1	1,25
18	1	1,85
7	1	1,90
4	1	2,14
6	1	2,46
19	1	3,04
5	1	3,94

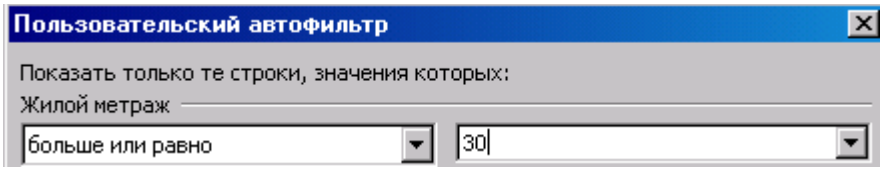
3. Фильтрация осуществляется командой *Данные – Фильтр – Автофильтр*. Выберите параметр фильтрации или задайте *Условие.*

1	Квартирное агенство "МЕЧТА"								
2	№	Кол-во комнат	Район	Теле-фон	Общий метраж	Жилой метраж	Стоимость квар-тиры, тыс. руб	% жилого фонда	Стоимость 1 кв. м., тыс. руб
6	4	1	Октябрьский	Есть	35	25	75	71,4	2,14
7	5	1	Юго-Западный	Есть	32	21	126	65,6	3,94
8	6	1	Юго-Западный	Есть	26	16	64	61,5	2,46
9	7	1	Юго-Западный	Нет	50	32	95	64,0	1,90
20	18	1	Чкаловский	Есть	26	16	48	61,5	1,85
21	19	1	Октябрьский	Нет	28	18	85	64,3	3,04
22	20	1	Юго-Западный	Есть	36	22,3	45	61,9	1,25



Задание условия фильтрации





Работа 3.8. Подбор параметра на примере решения уравнения

ЗАДАНИЕ

Решите уравнение своего варианта, используя команду *«Подбор параметра».*

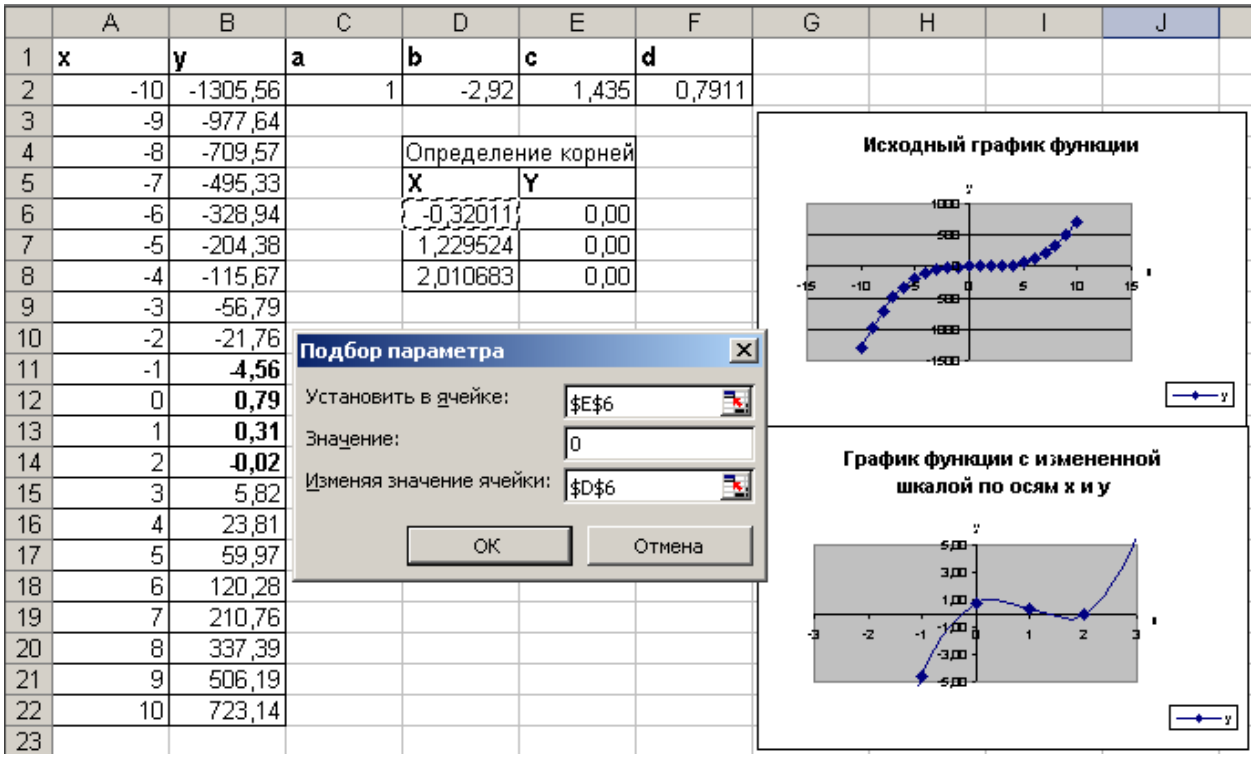
Решить уравнение, значит найти значение аргумента (*X*), при котором функция (*Y)* принимает значение равное нулю, т. е пересекает ось *X.*

№ вари–анта	Уравнение	№ вари–анта	Уравнение
1	X^3–2,92x^2+1,435x+0,7911=0	6	X^3–0,12x^2+1,4775x+0,191 =0
2	X^3–2,56 x^2+1,325 x+4,395 =0	7	X^3–0,77x^2+0,251x+0,016=0
3	X^3–2,84x^2+5,6064x+14,766=0	8	X^3–0,88x^2+0,399x+0,03 =0
4	X^3–1,41x^2+5,472x+7,380=0	9	X^3–0,78x^2+0,826x+0,1467=0
5	X^3–0,85x^2+0,4317x+0,0439=0	10	X^3–2,28x^2+1,9347x+3,907=0

Пример решения уравнения: $ax^3+bx^2+cx+d=0$ при $a = 1; b = – 2,92; c = 1,435; d = 0,7911$ на интервале изменения X [–10;10] с шагом изменения X равном 1.

1. Создайте таблицу изменения *X* в заданном интервале и вычислите *Y* по заданной формуле (=$C$2*A2^3+$D$2*A2^2+$E$2*A2+$F$2) . Коэффициенты *a, b, c, d* заданы абсолютным адресом.

2. Выделите интервал ячеек A1:B22 и постройте график функции (тип графика «Точечный»). Назовите его «Исходный график функции». Скопируйте график при нажатой клавише *Ctrl* и потяните его мышью. Переформатируйте копию графика, изменив диапазон для *X* [–3, 3] и *Y* [–5, 5]. Это позволит увидеть точки пересечения функции с осью аргумента.



	A	B	C	D	E	F
1	x	y	a	b	c	d
2	-10	-1305,56	1	-2,92	1,435	0,7911
3	-9	-977,64				
4	-8	-709,57		Определение корней		
5	-7	-495,33		X	Y	
6	-6	-328,94		-0,32011	0,00	
7	-5	-204,38		1,229524	0,00	
8	-4	-115,67		2,010683	0,00	
9	-3	-56,79				
10	-2	-21,76				
11	-1	**-4,56**				
12	0	**0,79**				
13	1	**0,31**				
14	2	**-0,02**				
15	3	5,82				
16	4	23,81				
17	5	59,97				
18	6	120,28				
19	7	210,76				
20	8	337,39				
21	9	506,19				
22	10	723,14				
23						

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Найти интервалы, на которых существуют корни уравнения. Это интервалы изменения аргумента, на концах которых функция изменяет знак. Для наглядности определения интервалов нужно построить график функции. Для этого создайте таблицу, в которой выполните следующие действия.

- Протабулируйте аргумент: введите значения аргумента в некотором диапазоне, например, от –1 до 1 или от –10 до 10 с малым шагом изменения (ячейки A2:A22).
- Протабулируйте функцию. Вычислите значения функции для всех значений аргумента (ячейки B2:B22).
- Постройте график.
- Визуально определите интервалы аргумента, в которых функция меняет знак. На каждом из этих интервалов имеется свой корень.
- Если по первоначальному графику трудно определить точки пересечения графика с осью *X*, то график необходимо переформатировать. Команды выбирайте в контекстном меню соответствующего объекта. Указатель мыши поместите на ось графика, вызовите *КМ Формат оси* – вкладка *Шкала* установите для оси *X* максимум 3, минимум –3, для *Y* максимум 5, минимум –5. На графике

посмотрите точки пересечения функции с осью *X*. Это будут корни уравнения.

- Для определения точных корней выделите ячейки, например D6:D8, в них поместите примерные значения корней (взятые с графика или из таблицы). В диапазон ячеек E6:E8 поместите формулы для вычисления функций (скопируйте из соответствующих ячеек таблицы, принадлежащих этим же строкам).
- Выполните команду *Сервис – Подбор параметра – Установить в ячейке* E6 (введите ссылку на ячейку, содержащую функцию) – *Значение* 0 – *Изменяя значение ячейки* D6 (введите ссылку на ячейку, содержащую аргумент). Повторите эти действия. В ячейках E6:E8 установятся значения функции 0, в ячейках D6:D8 значения корней.

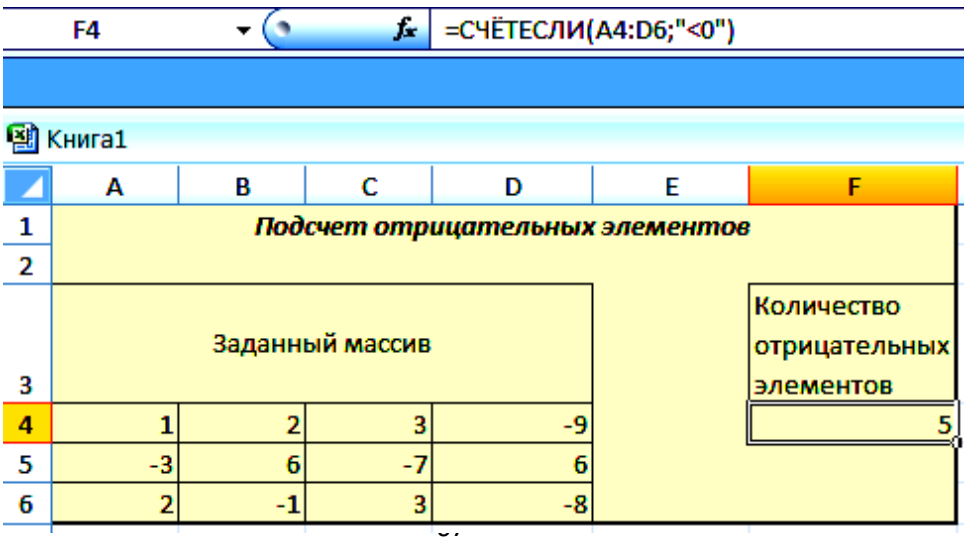
Работа 3.9. Работа с массивами и матрицами

При работе с матрицами используются специальные формулы: МУМНОЖ(аргументы) – умножение матриц; МОБР(аргументы) – вычисление обратной матрицы; МОПРЕД(аргументы) – вычисляется определитель матрицы; ТРАСП(аргументы) –транспонирование матрицы.

Для получения численных результатов с использованием данных функций следует: выделить диапазон ячеек для вывода результата, ввести формулу в строку формул и нажать одновременно клавиши <*Ctrl*>+<*Shift*>+<*Enter*>.

ЗАДАНИЕ 1

Подсчитать в заданном двумерном массиве количество отрицательных элементов.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Заполните ячейки A4:D6 необходимыми значениями.
2. В ячейку F4 введите формулу; =СЧЁТЕСЛИ(A4:D6;"<0")

ЗАДАНИЕ 2

Решить систему линейных уравнений $A^2X = B$, где значения соответствующих матрицы и вектора–столбца имеют вид:

$A = \begin{bmatrix} 23 & 7 \\ 11 & 4 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \end{bmatrix}$. Алгебраический вид системы: $\begin{matrix} a_{11}^2 \cdot x_1 + a_{12}^2 \cdot x_2 = b_1 \\ a_{21}^2 \cdot x_1 + a_{22}^2 \cdot x_2 = b_2 \end{matrix}$.

	A	B	C	D	E	F
7						
8	*Решение системы линейных уравнений*					
9						
10	Матрица А			Свободный столбец		Вектор решений
11	23	7		3		-0,44
12	11	4		2		1,426666667

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Можно перемножить только те матрицы, у которых количество строк матрицы 2 равняется количеству столбцов матрицы 1. Для решения системы уравнений нужно вычислить обратную матрицу коэффициентов А и умножить на столбец свободных элементов.
В ячейку F11 введите формулу, используя мастер функций:

=МУМНОЖ(МОБР(МУМНОЖ(A11:B12;A11:B12));D11:D12)

ЗАДАНИЕ 3

Решить систему уравнений $A\ X = B$, если $A = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 \\ 5 & 12 & -4 \\ 1 & 8 & 6 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 3 \\ 7 \\ 1 \end{bmatrix}$.

Запишите систему в алгебраическом виде.

ЗАДАНИЕ 4

Заданы четыре матрицы *A, B, C* и *D* одинаковой размерности, содержащие по 3 строки и по 4 столбца. Вычислить результирующую матрицу $E = 5A - \cos(B) + C^2 - D$.

Вычислите результирующую матрицу $F= 3A+B+2C–D$, проверьте результат.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. На рабочий лист поместите данные соответствующих матриц *A, B, C* и *D*.
2. Используя команду *Вставка – Объект – Тип объекта* , поместите на лист формулу Microsoft Equation 3.0 $E = 5A - \cos(B) + C^2 - D$.
3. Выделите диапазон ячеек для результата, установите указатель мыши в строку формул, введите формулу: =5*I21:L23-COS(I26:L28)+I31:L33*I31:L33-I36:L38 и нажмите клавиши *Ctrl+Shift+Enter*.

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
20	Матрица A								
21	1	67	0	4					
22	2	8	9	5		Результирующая матрица			
23	3	9	8	6		$5A-\cos(B)+C^2-D$			
24									
25	Матрица B								
26	4	0	-9	3		-67,3464	3283	-4,08887	45,98999
27	7	8	-11	0		10,2461	7586,146	118,9956	86
28	6	7	6	3		-5,96017	125,2461	2786,04	65,98999
29									
30	Матрица C								
31	5	55	0	4					
32	2	-87	9	-8					
33	-6	9	52	6					
34									
35	Матрица D								
36	98	76	5	-9					
37	3	23	7	2					
38	56	0	-43	1					

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ EXCEL

Работа 4.1. Определение места числа в списке, функция *РАНГ*

ЗАДАНИЕ

Сформировать и заполнить отчетную ведомость работы сети компьютерных клубов по форме:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	*Ведомость работы сети компьютерных клубов*							
2								
3	*Клуб*	*Январь*	*Февраль*	*Март*	*Суммарная выручка*	*Место*	*Средняя выручка*	*Процент*
4	Альтаир	345	543,9	423,9				
5	Грувит	657,7	234	982,4				
6	Полигон	765,2	1007,5	873,1				
7	Гелакс	123,5	734	487,7				
8	Звезда	879	985,9	980,3				
9	Хексен	348	591,2	678				
10	Антей	987	634	1009,4				
11	Арсенал	1009,5	793,2	987,9				
12	Арена	434	934	567				
13	Блиндаж	835,8	879	934				
14	*Итого*							

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

- В ячейку А1 ввести название ведомости.
- В ячейки А3 : Н3 ввести название полей ведомости.
- В поле «Клуб» – строки «Альтаир»… «Блиндаж», «*Итого»*.
- Вычислить «Суммарную выручку» по каждому клубу используя функцию *Сумм(аргументы*). При вводе функций пользоваться *Мастером функций*
- Определить «Место», для этого используется функция *Ранг (аргументы).*

Данная функция возвращает ранг числа в списке чисел. Ранг числа – это его величина относительно других значений в списке. (Если список отсортировать, то ранг числа будет его позицией) .

Синтаксис**:** *Ранг(число;ссылка;порядок)*

Число – это число, для которого определяется ранг; *ссылка* – это массив или ссылка на список чисел (нечисловые значения в ссылке игнорируются); *порядок* – это число, определяющее способ упорядочения (0 – ранг 1 у максимального числа ; любое число – ранг 1 у минимального числа).

Например, в ячейке F4 формула =РАНГ(E4;$E$4:$E$13) определяет ранг числа в ячейке E4 среди чисел столбца E4:E13.

- Вычислить «Среднюю выручку» по каждому клубу, используя функцию =*Срзнач(аргументы)* .
- Вычислить общие итоги, используя функцию *Сумм(аргументы).*

Работа 4.2. Определение частоты попадания числа в заданный интервал. Функция *ЧАСТОТА*

ЗАДАНИЕ

Составить отчет торговой сети

Менеджер торговой сети магазинов имеет значения выручки за три летних месяца по шести магазинам. Необходимо составить отчетную ведомость по результатам деятельности за этот период с простейшей обработкой данных.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Выручка сети магазинов в млн.руб.									
2	Магазин	Июнь	Июль	Август	Суммарная выручка	Место	Средняя выручка	Процент	Диапа-зоны	Коли-чество
3	1	324	435	534	1293	6	431,00	12%	1000	0
4	2	435	645	354	1434	5	478,00	13%	1500	2
5	3	532	623	451	1606	4	535,33	15%	2000	1
6	4	723	634	751	2108	2	702,67	20%		3
7	5	536	734	876	2146	1	715,33	20%		
8	6	834	811	435	2080	3	693,33	19%		
9	Итого	3384	3882	3401	10667					

Создайте таблицу, в которой заполните исходной информацией столбцы: «Магазин», «Июнь», «Июль», «Август» (кроме итоговой строки), и вычислите:

1. Суммарную и среднюю выручку каждого из магазинов за отчетный период.
2. Итоговую выручку всех магазинов за каждый месяц отчетного периода.
3. Место, которое занимает каждый из магазинов в суммарном объеме выручки.
4. Процентную долю каждого из магазинов в суммарном объеме выручки.
5. Количество магазинов, имеющих суммарную выручку до 1000 млн. руб., от 1000 до 1500 млн. руб., от 1500 до 2000 млн. руб. и свыше 2000 млн. руб.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. «Суммарная выручка» по магазинам и «Итого» по месяцам определяется с использованием функции *СУММ(диапазон ячеек)*. Запишите формулу в ячейку Е3 и скопируйте по

столбцу для всех магазинов. Запишите аналогичную формулу в ячейку B9 и скопируйте итог по строке для каждого месяца и суммарной выручке.

2. «Место» магазина среди остальных определяется функцией *РАНГ (адрес ячейки* для значения которой определяется место; *диапазон ячеек).* Для первого магазина в ячейке F3 записана формула =*РАНГ(E3;$E$3 :$E$8)*
3. «Средняя выручка» вычисляется с использованием функции = *СРЗНАЧ (диапазон ячеек).* Вид формулы в ячейке G3 = *СРЗНАЧ(B3:D3).*
4. Доля объема выручки магазина в общей выручки. «Процент» = «Суммарная выручка» магазина / Итоговая «Суммарная выручка». Вид формулы в ячейке H3 =E3/$E$9.
5. Скопируйте формулы из диапазона ячеек E3:H3 в соседние ячейки по указанным столбцам.
6. Определение количества магазинов, попавших в заданный интервал по значению «Суммарной выручки» основано на использовании массива формул с функцией *ЧАСТОТА (диапазон ячеек значений; диапазон ячеек граничных значений*). Для массива формула вводится не в одну ячейку, а в выделенный диапазон. Выделите диапазон J3:J6, введите в него формулу = *ЧАСТОТА(E3:E8;I3:I5).* Завершить ввод формулы нажатием комбинации клавиш Ctrl + Shift + Enter.

Работа 4.3. Текстовые функции и функции даты и времени

ЗАДАНИЕ

Разработать рабочую книгу «Список сотрудников». Она должна включать следующие рабочие листы: Лист 1– Список сотрудников, лист 2 – Возраст и стаж работы, лист 3– Анкетные данные.

1. Измените название 1 рабочего листа – «Список сотрудников».
2. Создайте таблицу 1 и заполните её данными.

Список сотрудников Таблица 1

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество	Место работы	Должность	Дата рождения	Город	Улица	Дом	Квар–тира	Оклад	Дата поступления
1	Вольская	Анна	Дмитриевна	ЦКТ	инженер	03.12.1979	Екатеринбург	Декабристов	12	3	13000,00	01.01.1998
2	Ермаков	Леонид	Викторович	ИНФ	ассистент	12.06.1980	Екатеринбург	Фрунзе	1	125	10000,00	28.10.1985
3	Заяц	Виктор	Сергеевич	АКТ	доцент	05.08.1960	Екатеринбург	Мельникова	4	67	20000,00	30.10.1984
4	Аванова	Алла	Борисовна	ЭГП	ассистент	09.09.1978	Екатеринбург	Щорса	7	89	15000,00	25.08.1990
5	Игнатович	Валерий	Иванович	ОПИ	профессор	10.05.1952	Екатеринбург	Декабристов	12	23	11000,00	11.03.1977
6	Котов	Сергей	Сергеевич	ИНФ	инженер	18.02.1980	Екатеринбург	Фурманова	34	46	10500,00	19.01.2002
7	Михайлова	Екатерина	Михайловна	ИНФ	лаборант	23.04.1980	Екатеринбург	Гоголя	2	135	5000,00	20.08.2000
8	Мороз	Александр	Петрович	АКТ	доцент	29.05.1960	Екатеринбург	Чапаева	78	12	20000,00	30.06.1985
9	Никонова	Светлана	Ивановна	ЭГП	ассистент	13.12.1984	Екатеринбург	Пушкина	36	67	12000,00	29.08.2005
10	Петрашевич	Елена	Юрьевна	ЦКТ	инженер	19.06.1975	Екатеринбург	Щербакова	29	89	13000,00	16.05.2000
11	Петров	Юрий	Алексеевич	ЦКТ	уч.мастер	17.07.1974	Екатеринбург	Белинского	30	20	10000,00	01.01.1999
12	Сергейчик	Иван	Матвеевич	ОПИ	доцент	07.07.1972	Екатеринбург	Крауля	40	50	20000,00	01.03.2002
13	Степаненко	Любовь	Михайловна	ЭГП	доцент	06.08.1960	Екатеринбург	Токарей	19	27	20000,00	16.08.1980
14	Уланович	Алексей	Владимирович	ЭГП	ассистент	01.01.1987	Екатеринбург	Заводская	25	15	14000,00	12.12.2005
15	Уткин	Петр	Ильич	АКТ	профессор	03.11.1949	Екатеринбург	Татищева	58	78	25000,00	08.12.1985

3. Перейдите на лист 2, назовите его «Возраст и стаж работы» и создайте таблицу 2, которая создается по таблице 1 (с листа «Список сотрудников») с использование формул.
4. Посчитайте средний, максимальный и минимальный возраст сотрудников.

Возраст и стаж работы Таблица 2

			Стаж работы	
№	Фамилия И.О.	Возраст	Годы	Месяцы
1	Вольская А.Д.	27	08	11
2	Ермаков Л.В.	26	21	2
3	Заяц В.С.	46	22	1
4	Аванова А.Б.	28	16	4
5	Игнатович В.И.	54	29	9
6	Котов С.С.	26	04	11
7	Михайлова Е.М.	26	06	4
8	Мороз А.П.	46	21	5
9	Никонова С.И.	22	01	3
10	Петрашевич Е.Ю.	31	06	7
11	Петров Ю.А.	32	07	11
12	Сергейчик И.М.	34	04	9
13	Степаненко Л.М.	46	26	4
14	Уланович А.В.	19	01	0
15	Уткин П.И.	57	21	0
	Среднее	35		
	Максимум	57		
	Минимум	19		

5. Перейдите на лист 3, назовите его «Анкетные данные» и создайте таблицу 3 по данным таблицы 1 (с листа «Список сотрудников») с использование формулы с последующим копированием ее во все ячейки столбца.

4. Использование функций Excel

Анкетные данные Таблица 3

№	Анкетные данные
1	Вольская Анна Дмитриевна, 03.12.1979 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Декабристов, д.12, кв.3
2	Ермаков Леонид Викторович, 12.06.1980 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Фрунзе, д.1, кв.125
3	Заяц Виктор Сергеевич, 05.08.1960 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Мельникова, д.4, кв.67
4	Аванова Алла Борисовна, 09.09.1978 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Щорса, д.7, кв.89
5	Игнатович Валерий Иванович, 10.05.1952 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Декабристов, д.12, кв.23
6	Котов Сергей Сергеевич, 18.02.1980 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Фурманова, д.34, кв.46
7	Михайлова Екатерина Михайловна, 23.04.1980 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Гоголя, д.2, кв.135
8	Мороз Александр Петрович, 29.05.1960 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Чапаева, д.78, кв.12
9	Никонова Светлана Ивановна, 13.12.1984 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Пушкина, д.36, кв.67
10	Петрашевич Елена Юрьевна, 19.06.1975 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Щербакова, д.29, кв.89
11	Петров Юрий Алексеевич, 17.07.1974 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Белинского, д.30, кв.20
12	Сергейчик Иван Матвеевич, 07.07.1972 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Крауля, д.40, кв.50
13	Степаненко Любовь Михайловна, 06.08.1960 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Токарей, д.19, кв.27
14	Уланович Алексей Владимирович, 01.01.1987 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Заводская, д.25, кв.15
15	Уткин Петр Ильич, 03.11.1949 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Татищева, д.58, кв.78

4. Использование функций Excel

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. При создании таблицы 2 используются функции категории *Дата и время* и *Текстовые – Мастера функций* f_x.

✓ Столбец «Фамилия И.О.» может быть заполнен двумя способами:

а) с использованием текстовых функции *Сцепить() и Левсимв().* Сцепляются «Фамилия» и левые символы имени и отчества с точкой, например:

=Сцепить('Список сотрудников'!B3;
" ";Левсимв('Список сотрудников'!C3;1);
"."; Левсимв('Список сотрудников' !D3;1);".";)

б) С использованием символа сцепления – &, выполняя те же действия, что и в 1–м пункте дополнительно включая пробелы, например:

='Список сотрудников'!B3&" "&Левсимв('Список сотрудников'!C3;1)
&"."&Левсимв ('Список сотрудников'!D3;1)&"."

✓ Столбец «Возраст» *=Сегодня() – 'Список сотрудников'!G3)* формируется по столбцу «Дата рождения»

✓ Столбец «Годы» *=Сегодня()* – ('Список сотрудников'!M3) формируется по столбцу «Дата поступления»

} Формат ячеек установить ГГ

✓ Столбец «Месяцы»*=Месяц(D4–1)* } Формат ячеек – числовой

2. Все формулы копируются с помощью маркера заполнения.

3. Вычисление формул итоговых строк: – *Мастер функций* f_x – *Категории – Статистические – функции Срзнач(), Max(), Мин().*

4. При создании таблицы 3 применяется формула с использованием символа сцепления (&): «Фамилия», «Имя», «Отчество», переведённой в текст «Дата рождения», символов «г.р., Место проживания : г. », «Город», «ул.», «Улица», «д.», «Дом», «кв.», «Квартира», например:

='Список сотрудников'!B3&" "&'Список сотрудников'!C3&
" " &'Список сотрудников'!D3 &", "&
Текст('Список сотрудников'!G3;"ДД.ММ.ГГГГ")&
" г.р., Место проживания: г."& 'Список сотрудников'!H3&
", ул."&'Список сотрудников'!I3&", д."&'Список сотрудников'! J3&
", кв."&'Список сотрудников'!K3.

или используется функция *Сцепить* (), например:

=Сцепить('Список сотрудников'!B3;" ";'Список сотрудников'!C3;
" ";'Список сотрудников'!D3;",";
ТЕКСТ('Список сотрудников'!G3;"ДД.ММ.ГГГГ");

*" г.р., Место проживания : г.";'Список сотрудников'!H3;
", ул.";'Список сотрудников'!I3;",";" Д.";'Список сотрудников'!J3;",";
" кв.";'Список сотрудников'!K3)*

Работа 4.4. Экономические расчеты с использованием финансовых функций

ЗАДАНИЕ 1

Расчет амортизационных отчислений.

Приобретено оборудование стоимостью 100000 руб. Продолжительность эксплуатации оборудования – 8 лет. Остаточная стоимость – 12000 руб. Рассчитать величину амортизационных отчислений за каждый (любой) год эксплуатации.

B5 =АПЛ(B1;B2;B3)

	A	B	C
1	Стоимость оборудования при покупке	100 000,00р.	
2	Стоимость оборудования в конце срока эксплуатации	12 000,00р.	
3	Продолжительность эксплуатации (в годах)	8	
4			
5	Ежегодные амортизационные отчисления	**11 000,00р.**	
6			

Рис. 1. Расчет амортизационных отчислений с использованием функции *АПЛ*.

Определить величину ежегодной амортизации оборудования для условий своего варианта. Исходные данные и таблицу результатов представить на рабочем листе Excel.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для расчета амортизационных отчислений необходимо знать три параметра: начальная стоимость имущества; остаточная стоимость по окончании эксплуатации; продолжительность эксплуатации.

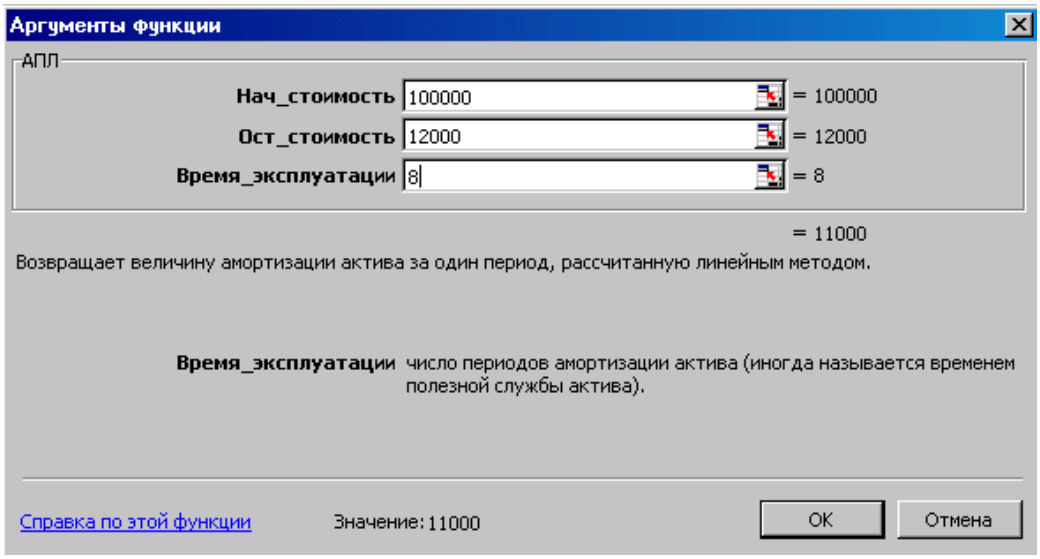
Расчет амортизационных отчислений может быть произведен с использованием различных методик. В зависимости от этого могут быть применены и различные функции Excel.

В простейшем случае амортизация разносится равномерно на каждый год эксплуатации имущества. При этом для расчета величины амортизационных отчислений используют функцию *АПЛ*.

Синтаксис функции: *АПЛ(Нач_стоим;Ост_стоим;Время),*

где *Нач_стоим* – начальная стоимость имущества; *Ост_стоим* – остаточная стоимость имущества; *Время* – продолжительность эксплуатации.

Функция *АПЛ* вводится в формулу с использованием *Мастера функций*. Ниже приведено окно задания аргументов данной функции.



Варианты заданий

№ варианта	Начальная стоимость оборудования, тыс. руб.	Остаточная стоимость оборудования, тыс. руб.	Срок эксплуатации, лет
1	5800	400	8
2	6000	350	5
3	2000	150	9
4	16400	4150	7
5	11700	2900	10
6	4300	190	9
7	8400	2100	4
8	3100	750	6
9	2210	450	3
10	5590	780	7
11	1500	200	5
12	14600	4300	8
13	10800	3260	7
14	6100	180	10
15	8200	240	9
16	3440	200	8
17	4580	580	4
18	2550	170	6
19	1900	700	3
20	7340	1600	5

ЗАДАНИЕ 2

Расчет суммы вклада (либо величины займа)

1. Рассчитать будущую сумму вклада в размере 1000 руб., внесенного на 10 лет с ежегодным начислением 10 % (рис. 2). Будущую сумму вклада при тех же условиях, но с ежегодным пополнением 1000 руб.(рис. 3).

B5 =БС(B2;B3;;B1)

	A	B	C
1	Начальный вклад	-1 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	10%	
3	Количество лет хранения вклада	10	
4			
5	Итоговая величина вклада	2 593,74р.	
6			
7			

Рис. 2. Расчет величины вклада без пополнений

B6 =БС(B2;B3;B4;B1)

	A	B	C
1	Начальный вклад	-1 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	10%	
3	Количество лет хранения вклада	10	
4	Объем ежегодных вложений	-1 000,00р.	
5			
6	Итоговая величина вклада	18 531,17р.	
7			

Рис. 3. Расчет величины вклада с пополнением

2. Рассчитать будущую сумму вклада при ежемесячном внесении 200 руб. в течение 8 лет с ежегодным начислением 6%. Начальный вклад равен 0 (рис. 4).

B5 =БС(B1/12;B2*12;B3)

	A	B	C
1	Годовая процентная ставка	6%	
2	Количество лет хранения вклада	8	
3	Объем ежемесячных платежей	-200,00р.	
4			
5		24 565,71р.	
6			

Рис. 4. Расчет величины вклада при регулярном пополнении с нулевой начальной суммой

3. Расчет величины возможного займа. Требуется рассчитать, какую сумму можно занять на 8 лет под 6 % годовых, если есть возможность выплачивать ежемесячно по 200 руб.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

Во всех примерах использована функция *БС (будущая стоимость)*.

- Эта функция вычисляет будущую величину вклада, который образуется в результате единовременного вложения и/или регулярных периодических вложений под определенный процент.
- Эту же функцию можно использовать для вычисления возможной величины займа под определенный процент, при определенных регулярных периодических выплатах по погашению займа.

Синтаксис функции: *БС(Ставка; Кпер; Плт; Пс; Тип)*,
где *Ставка* – процентная ставка за период; *Кпер* – период времени или количество платежей; *Плт* – выплата, производимая в каждый период; *Пс* – первоначальный размер вклада. Если аргумент опущен, он полагается равным 0 (будущая стоимость займа, например, равна 0); *Тип* – число 0 или 1, обозначающее, когда должна производиться выплата. 0 или опущен – в конце периода, 1 – в начале периода.

При создании формулы следует устанавливать одинаковую размерность периода для процентной ставки и числа платежей. Например, если платежи производятся один раз в год, то и процентная ставка должна быть дана в годовом исчислении, а если платежи производятся ежемесячно, то должна быть задана месячная процентная ставка.
Все аргументы, означающие денежные средства, которые должны быть выплачены, представляются отрицательными числами; денежные средства, которые должны быть получены, представляются положительными числами.
При создании формулы не обязательно указывать все аргументы функции. Вместо отсутствующего аргумента в строке формул должна быть точка с запятой.

Примеры использования функции *БС* приведен на рис. 2 – 4. Функцию вводить с помощью *Мастера функций*, она относится к категории финансовых функций.

ЗАДАНИЕ 3

Расчет стоимости инвестиции.

1. Рассчитать величину вложения под 10 % годовых, которое будет ежегодно в течение 10 лет приносить доход 1000 руб. (рис. 1.).

B5 =ПС(B2;B3;B1)

	A	B	C
1	Требуемый ежегодный доход	1 000,00р.	
2	Процентная ставка	10%	
3	Число лет выплат	10	
4			
5	Стоимость инвестиции	-6 144,57р.	
6			

Рис. 1. Расчет стоимости инвестиции по известному ежегодному доходу

Результат вычисления получается отрицательным (–6 144,57 руб.), поскольку эту сумму необходимо заплатить (инвестировать).

2. Рассчитать величину вложения под 10 % годовых, которое через 10 лет принесет доход 10000 руб. (рис. 2).

B5 =ПС(B1;B2;;B3)

	A	B	C
1	Процентная ставка	10%	
2	Число лет выплат	10	
3	Итоговый доход	10 000,00р.	
4			
5	Стоимость инвестиции	-3 855,43р.	
6			

Рис. 2. Расчет стоимости инвестиции по известному итоговому доходу

Результат вычисления получается отрицательным (–3855,43 руб.), поскольку эту сумму необходимо заплатить (инвестировать).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В данных расчетах можно использовать функцию *ПС*– (первоначальная стоимость**)**. Эта функция вычисляет для текущего момента времени необходимую величину вложения под определенный процент, для того чтобы в будущем единовременно получить и/или периодически получать заданную сумму (доход).

Синтаксис функции: *ПС(Ставка; Кпер; Плт; Бс; Тип)*,

где *Ставка* – процентная ставка за период; *Кпер* – общее число платежей или срок выплат; *Плт* – выплата, производимая в каждый период; *Бс* – значение будущей стоимости или остатка средств после последней выплаты. Если аргумент опущен, он полагается равным 0.

Тип – число 0 или 1, обозначающее, когда должна производиться выплата. 0 или опущен – в конце периода, 1 – в начале периода.

Примеры использования функции ПС приведены на рис. 1,2. Функцию вводить с помощью *Мастера функций,* она относится к категории финансовых функций.

ЗАДАНИЕ 4

Расчет размера платежей.

1. Рассчитать величину ежемесячного вложения под 6 % годовых, которое через 12 лет составит сумму вклада 50000 руб. (рис. 3). Или при тех же условиях, но с начальным вкладом 10000 руб. (рис.4).

B5 =ПЛТ(B2/12;B3*12;;B1)

	A	B	C
1	Требуемое величина сбережений	50 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	6%	
3	Число лет хранения	12	
4			
5	Необходимая сумма месячного платежа	**-237,93р.**	
6			
7			

Рис. 3**.** Расчет ежемесячных платежей без начального вклада.

B6 =ПЛТ(B2/12;B3*12;B4;B1)

	A	B	C
1	Требуемое величина сбережений	50 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	6%	
3	Число лет хранения	12	
4	Начальный вклад	-10 000,00р.	
5			
6	Необходимая сумма месячного платежа	**-140,34р.**	
7			

Рис. 4. Расчет ежемесячных платежей с начальным вкладом.

Результаты вычислений получаются отрицательными, поскольку эти суммы необходимо выплачивать.

2. Рассчитайте платежи по займу. Например, необходимо рассчитать величину ежемесячной выплаты по займу в 50000 руб. под 6 % годовых на 12 лет. Используйте ту же функцию.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для данных расчетов используется функция *ПЛТ* – платёж.

Функция *ПЛТ* вычисляет размер периодических выплат, необходимых для погашения займа, полученного под определенный процент, за определенный срок. Эту же функцию можно использовать для вычисления величины регулярных вложений под определенный процент, необходимых для достижения определенной величины вклада за определенный срок.

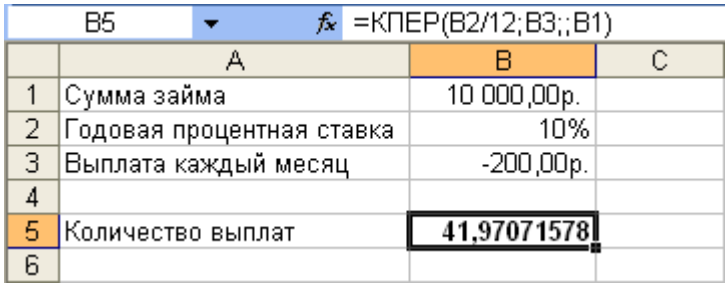
Синтаксис функции: *ПЛТ(Ставка; Кпер; Пс; Бс; Тип)*, значения аргументов смотри задания 2,3.

Примеры использования функции *ПЛТ* приведены на рис. 3,4. Функцию вводить с помощью *Мастера функций*, она относится к категории финансовых функций.

ЗАДАНИЕ 5

Расчет продолжительности платежей.

Рассчитать количество ежемесячных платежей для погашения займа в 10000 руб., полученного под 10 % годовых, при условии ежемесячной выплаты 200 руб. (рис. 5).



	A	B	C
1	Сумма займа	10 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	10%	
3	Выплата каждый месяц	-200,00р.	
4			
5	Количество выплат	41,97071578	
6			

Рис. 5**.** Расчет количества платежей или длительности периода выплат.

Результат вычисления – 42 ежемесячные выплаты.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для расчета используют функцию *КПЕР* – количество периодов.

Функция *КПЕР* вычисляет количество периодических выплат, необходимых для погашения займа, полученного под определенный процент. Эту же функцию можно использовать для вычисления количества периодических вложений под определенный процент, необходимых для достижения определенной величины вклада.

Синтаксис функции *КПЕР(Ставка; Плт; Пс; Бс; Тип***)**, значения аргументов смотри задания 2,3.

Пример использования функции *КПЕР* приведены на рис.9. Функцию вводить с помощью *Мастера функций*, она относится к категории финансовых функций

ЗАДАНИЕ 6

Расчет платежей по займу (кредиту). Платеж, вычисляемый функцией *ПЛТ,* состоит из двух частей: Основной платеж – это часть платежа (ПЛТ), идущая на погашение основного долга (кредита), вычисляется функцией *ОСПЛТ*. Другая часть платежа идет на погашение процентов по кредиту и вычисляется функцией *ПРПЛТ.*
Определить величину платежа по кредиту, долю основного платежа и долю погашения процентов за четвертый год, если выдана ссуда размером 1 000 000 000 сроком на 5 лет под 12 % годовых.

	A	B
1	РАСЧЕТ ПЛАТЕЖЕЙ ПО ЗАЙМУ	
2		
3	Размер выданной ссуды	1 000 000 000
4	Срок ссуды (срок выплат)	5
5	Годовая процентная ставка	12%
6	Период выплаты	4
7		
8	Выплата по погашению займа	-221 149 339,88р.
9	Выплата по погашению процентов	-56 260 392,06р.
10	Размер платежа	-277 409 731,94р.
11	Размер платежа (проверка)	-277 409 731,94р.

Рис. 6. Расчет размера платежа и доли, идущей на погашения долга и процентов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Используются функции: *ПЛТ, ОСПЛТ ПРПЛТ*.

Напомним, функция *ПЛТ* рассчитывает ежегодный равный платеж по кредиту.

Синтаксис: *ПЛТ(Ставка; Кпер; Пс; Бс; Тип).*

Функция *ОСПЛТ* возвращает величину платежа в погашение основной суммы долга.

Синтаксис функции: *ОСПЛТ (Ставка; Период; Кпер; Пс; Бс).*

Функция *ПРПЛТ* возвращает величину платежа в погашение суммы процентов.

Синтаксис функции: *ПРПЛТ(Ставка; Период; Кпер; Пс; Бс).*

Период — период, для которого требуется найти платежи (должен находиться в интервале от 1 до *Кпер*); остальные аргументы см. задания 2, 3.

Выше приведен пример использования описанных функций. Функции вводить с помощью *Мастера функций,* они относятся к категории финансовых функций.

Работа 4.5. Использование функции ПЛТ (платеж) в финансовых расчетах

ЗАДАНИЕ 1

Рассчитать 20–летнюю ипотечную ссуду со ставкой 10 % годовых при начальном взносе 25 % и ежемесячной (ежегодной) выплате.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для вычисления величины постоянной периодической выплаты ренты (например, регулярных платежей по займу) при постоянной процентной ставке используется функция *ПЛТ (Ставка; Кпер; Бс; Пс; Тип)*.

	A	B	C	D	E
1	РАСЧЕТ ИПОТЕЧНОЙ ССУДЫ				
2	**Исходные данные**				
3	Цена	350 000р.			
4	Первый взнос	25%			
5	Годовая процентная ставка	10%			
6	Размер ссуды				
7					
8	Срок погашения ссуды		мес.	20	лет
9	**Расчетные данные**	выплаты в месяц		выплаты в год	
10	Переодические выплаты				
11	Общая сумма выплат				
12	Общая сумма комиссионных				
13					

Расчетные формулы:

Цена=Цена(1–Первый взнос);

*Срок погашения ссуды(мес.)= Срок погашения ссуды(лет) *12;*

Периодические выплаты(мес.) =ПЛТ(% ставка/12; Срок погашения ссуды(мес.); – Размер ссуды);

Периодические выплаты(год) =ПЛТ(% ставка; Срок погашения ссуды(год); – Размер ссуды);

*Общая сумма выплат(мес.) = Срок погашения ссуды(мес.) * * Периодические выплаты(мес.);*

*Общая сумма выплат(год) = Срок погашения ссуды(год) * *Периодические выплаты(год);*

Общая сумма комиссионных(мес.)=Общая сумма выплат(мес.) – – Размер ссуды;

Общая сумма комиссионных(год)=Общая сумма выплат(год)– –Размер ссуды.

Результат расчета

	A	B	C	D	E
1	РАСЧЕТ ИПОТЕЧНОЙ ССУДЫ				
2	**Исходные данные**				
3	Цена	350 000р.			
4	Первый взнос	25%			
5	Годовая процентная ставка	10%			
6	Размер ссуды	262 500р.			
7					
8	Срок погашения ссуды	240	мес.	20	лет
9	**Расчетные данные**	выплаты в месяц		выплаты в год	
10	Переодические выплаты	2 533,18р.		30 833,15р.	
11	Общая сумма выплат	607 963,64р.		616 663,03р.	
12	Общая сумма комиссионных	345 463,64р.		354 163,03р.	
13					

ЗАДАНИЕ 2

На приобретение автомобиля в банке взят кредит на сумму 50000 руб. на 4 года под 15 % годовых. По условиям кредитного договора выплаты будут производиться в начале каждого месяца. **Определить размер ежемесячной выплаты по кредиту.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Необходимо выбрать одну временную единицу измерения для аргументов — *Ставка* – % ставка и *Кпер* – срок кредита. Так как по условиям договора выплаты будут производиться ежемесячно, необходимо задать эти аргументы применительно к одному временному периоду — месяцу. Поэтому *Ставка* в пересчете на 1 месяц равна 15 % / 12 = 1,25 %. *Кпер* = 4*12=48.

	A	B	C	D	E	F
1	**Секреты депозита**					
2	Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
3	**Пс**	**Ставка**	**Кпер**	**Плт**	**Тип**	**Бс**
4						
5	**50000**	**1,25%**	**48**	**-1 374,36р.**	**1**	**0**

2. Основная сумма кредита *Пс* = 50000 руб.

3. *Тип* = 1, так как ежемесячная выплата будет производиться в начале месяца.

4. Размер ежемесячного платежа по кредиту вычисляется по формуле с использованием функции = *ПЛТ((Ставка;Кпер;Пс;Бс;Тип).* В результате вычисления появится отрицательное значение: –1374,36 руб. (это означает, что деньги выплачиваются заемщиком).

В данном случае в формуле присутствует аргумент *Бс*, значение которого равно 0. Его нельзя опускать, так как значение следующего за ним аргумента *Тип* равно 1. Если бы они оба были равны 0, их можно было бы не вносить в формулу.

Интересный нюанс. Если бы вы погашали этот кредит не в начале, а в конце каждого месяца, рассчитанная сумма увеличилась на 17,18 руб. и составила 1391,54 руб. Это при условии, что значение аргумента *Тип*=0.

ЗАДАНИЕ 3

Решено открыть накопительный депозитный вклад сроком на 3 года. Предложенные банком условия депозита гарантируют получение 7,5 % годовых. При открытии депозита 1 июля 2008 года был внесен первый взнос в размере $1000. Все последующие пополнения депозита решено делать в начале каждого следующего месяца. **Рассчитать какой должна быть сумма ежемесячного взноса, чтобы через 3 года иметь сбережений на сумму $10000.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Используем для расчета *ПЛТ(Ставка;Кпер;Пс;Бс;Тип).* В данном случае в формуле будет использован еще и аргумент *Бс,* определяющий будущую сумму накоплений с учетом начисленных процентов к моменту окончания депозита.

2. *Ставка = Ставка/12.*

3. *Кпер=Кпер*12–1* – здесь вычтен первый месяц, в счет которого был внесен начальный вклад ($1000).

4. *Пс* (первоначальная сумма) имеет отрицательное значение (–1000). Это значит, что данная сумма была внесена вкладчиком, а не получена им.

5. *Бс* (будущая стоимость) имеет положительное значение (+10000), так как накопленная сумма будет получена вкладчиком по окончании действия депозита.

6. Размер платежа = *ПЛТ(Ставка; Кпер: Пс;Бс; Тип)*

D4 =ПЛТ(B4;C4;A4;F4;E4)

	A	B	C	D	E	F
1	Секреты депозита					
2	Сумма вклада	Процент-ная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накоплен-ная сумма
3	Пс	Ставка	Кпер	Плт	Тип	Бс
4	-1000,00	0,625%	35	-223,20р.	1	10000

Как видите, для накопления $10000 в течение 3–х лет нужно ежемесячно вносить на 7,5 % депозит по $223,20 при условии, что начальный взнос составил $1000.

7. Если бы вы решили первое пополнение сделать не 1 августа, а 31 августа, т. е. в конце месяца и все последующие пополнения делать в последний день месяца, то аргумент *Тип* имел бы значение 0.

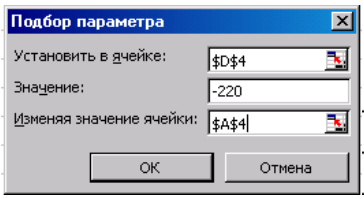
Секреты депозита					
Сумма вклада	Процент-ная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накоплен-ная сумма
Пс	Ставка	Кпер	Плт	Тип	Бс
-1000,00	0,625%	35	-224,59р.	0	10000

В этом случае размер ежемесячного вклада по сравнению с первым вариантом увеличился на $1,39 и *Плт* составил –224,59$.

8. Пополнение без сдачи. Полученное значение ежемесячного взноса — $223,20 — неудобно для реальных расчетов в банке при пополнении депозитного вклада. Проще вносить $200 или $220 и пополнять депозит, что называется, «без сдачи». Но если вы хотите накопить такую же сумму ($10000) и на тех же условиях, то придется пересмотреть размер первичного взноса.

Воспользуемся для этого механизмом *Сервис – Подбор параметра*. В окне *Подбор параметра* введите адрес ячейки, в которой рассчитана функция *ПЛТ*, в поле *Значение* — число –220 (обязательно со знаком «минус»), в поле *Изменяя значение ячейки* — ссылку на ячейку, в которой внесена сумма первичного взноса (A4), и нажмите *ОК*. Новая сумма первичного взноса — $1100,85.

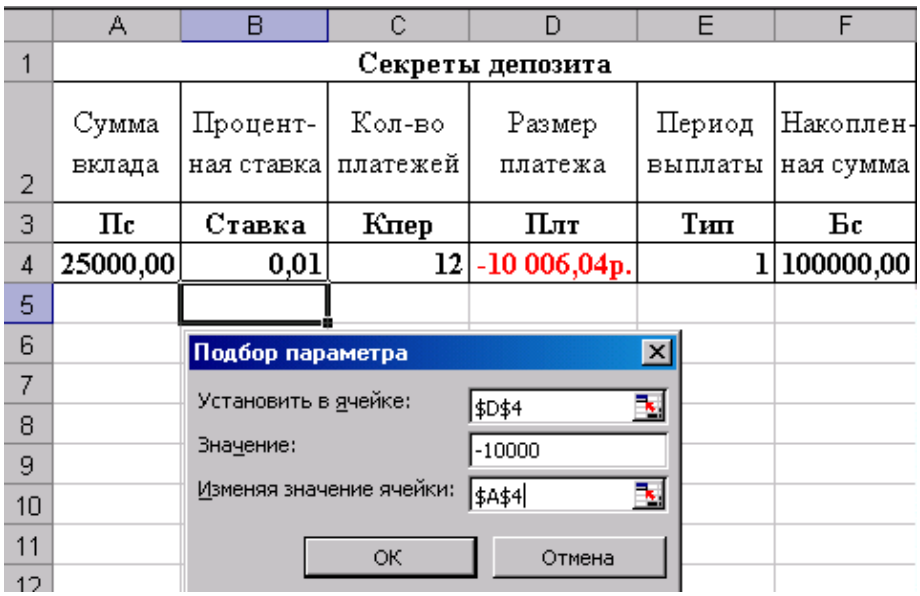
Внимание! В функцию *ПЛТ* должно быть введено значение аргументов *Ставка* и *Кпер* приведенные к месяцам.



Секреты депозита					
Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
Пс	**Ставка**	**Кпер**	**Плт**	**Тип**	**Бс**
-1100,85	0,625%	35	-220,00р.	1	10000

ЗАДАНИЕ 4

Открыт накопительный депозитный вклад сроком на 1 год. Предложенные банком условия депозита гарантируют получение 12 % годовых. При открытии депозита 1 января 2008 года был внесен первый взнос в размере 25000 руб. Все последующие пополнения депозита решено делать в начале каждого следующего месяца. **Рассчитать какой должна быть сумма ежемесячного взноса, чтобы через 1 год иметь сбережения на сумму100000 руб.**



Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
Пс	**Ставка**	**Кпер**	**Плт**	**Тип**	**Бс**
24931,36	0,01	12	-10 000,00р.	1	100000,00

ЗАДАНИЕ 5

Выполнить самостоятельно.

При открытии накопительного депозитного вклада сроком на 5 лет банк предложил условия депозита гарантирующие получение 15 % годовых. При открытии депозита 31 декабря 2008 года был внесен первый взнос в размере 5000 руб. Все последующие пополнения депозита решено делать в конце каждого следующего месяца. **Рассчитать какой должна быть сумма ежемесячного взноса, чтобы через 5 лет иметь сбережения на сумму 300000 руб.**

Работа 5.1. Построение графика функции на заданном диапазоне изменения аргумента.

ЗАДАНИЕ

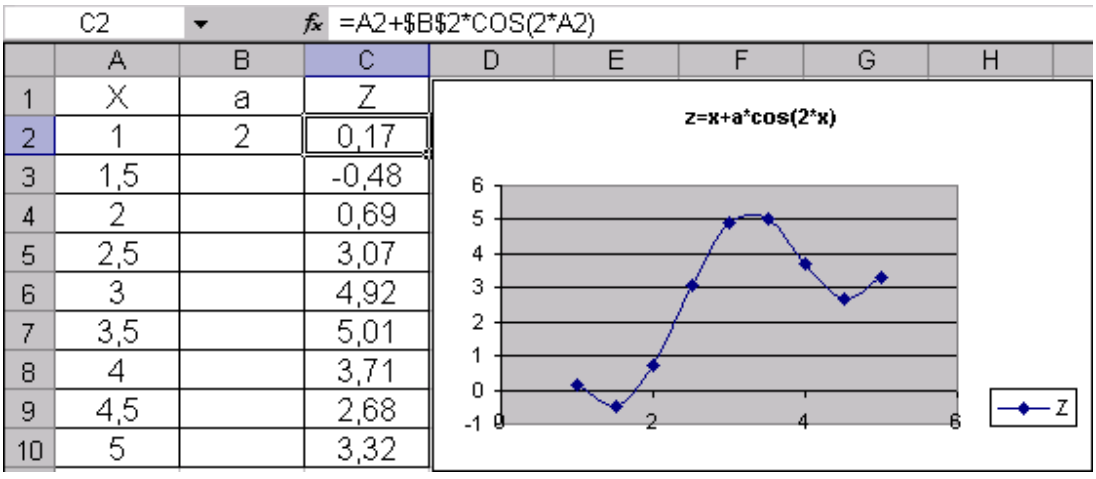
1. Постройте график функции $Z = x + a \cdot Cos(2x)$ интервал $x \in [1;5]$, $\Delta x = 0{,}5$

Создайте таблицу: X изменяйте в заданном интервале, a – любое число, например 2, вычислите Z по заданной формуле. Назовите график: $Z = x + a \cdot Cos(2x)$.

2. Постройте график функции соответствующий вашему варианту.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Протабулируйте аргумент X: введите начальное значения аргумента 1, затем следующее значение аргумента 1,5, выделите эти две ячейки и протяните маркер заполнения до конечного значения X=5.
2. Вычислите значения функции для всех значений аргумента. Адрес коэффициента a – задайте абсолютным адресом.
3. Постройте график функции: выделите диапозон ячеек значений аргумента и функции с «шапкой» – **МАСТЕР ДИАГРАММ – Тип графика –Точечный.**
4. Задайте параметр: **Параметры диаграммы – Название и т.д.**



	A	B	C
1	X	a	Z
2	1	2	0,17
3	1,5		-0,48
4	2		0,69
5	2,5		3,07
6	3		4,92
7	3,5		5,01
8	4		3,71
9	4,5		2,68
10	5		3,32

5. Построение графиков

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1	$Y = t^2 \cdot \frac{t+\sqrt{t+a}}{t-\sqrt{t-b}}$ интервал t∈[2;4], Δt=0,2	7	$Z = 2^{-x} arctg(x+a)$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2
2	$Y = \frac{bx^2 - a}{e^{ax}+1}$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2	8	$S = e^{-ax}\sqrt{ax + bSin(2x)}$ интервал x∈[1;2], Δx=0,1
3	$Z = x^a + a \cdot Cos(2x)$ интервал x∈[1;5], Δx=0,5	9	$Y = -Cos(x) + x^a$ интервал x∈[0,85;2,35], Δx=0,15
4	$Y = Sin\left(\frac{x}{a}\right) + e^x$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2	10	$S = b \cdot Sin(ax^2)$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2
5	$Z = x + \sqrt{a + b \cdot Sin(3x)}$ интервал x∈[1;2], Δx=0,1	11	$Z = b \cdot t \cdot e^{at^2}$ интервал t∈[–1;1], Δt=0,2
6	$Y = e^{-bx}\sqrt{x+1}$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2	12	$f = \frac{a}{x+2}x^2$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2

Работа 5.2. Построение графика сложной функции.

ЗАДАНИЕ

Построить график функции $y = \begin{cases} 3x + \sqrt{1+x^2}, при & x < 0 \\ 2\cos(x)e^{-2x}, при & 0 < x < 1 \\ 2\sin(3x), при & x > 1 \end{cases}$ при x∈[–2;1.5]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Создайте таблицу из столбцов X и У.
2. Столбец X заполните автозаполнением: введите начальное значение X = – 2, затем второе значение X= –1,5. Выделите эти ячейки и зацепив мышью за маркер заполнения протяните до получения конечного значения X=1,5.
3. Столбец У значениями вычисленной функции.

Если x<0, то функция вычисляется по формуле $y = 3x + \sqrt{1+x^2}$,

если x>1, то функция вычисляется по формуле $y = 2\sin(3x)$,

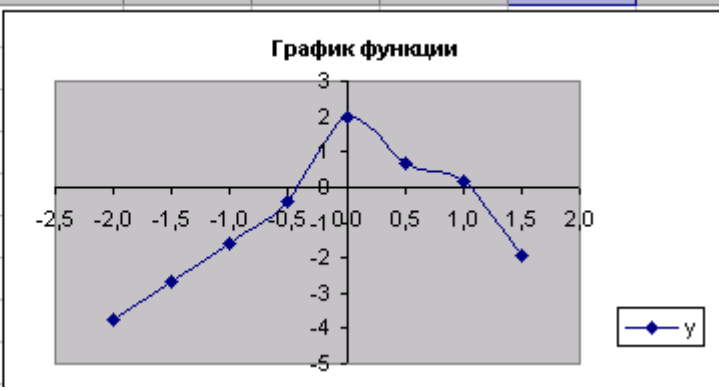
иначе (то есть при 0 < x < 1) функция вычисляется по формуле $y = 2\cos(x)e^{-2x}$.

4. То есть формула для вычисления функция формируется с использованием функции

ЕСЛИ. В ячейке B2 формула:

```
=ЕСЛИ(A2<0;3*A2+КОРЕНЬ(1+A2^2);ЕСЛИ(A2>1;2*SIN(3*A2);2*COS(A2)*EXP(A2)^-2))
```

	A	B
1	x	y
2	-2	-3,8
3	-1,5	-2,7
4	-1	-1,6
5	-0,5	-0,4
6	0	2,0
7	0,5	0,6
8	1	0,1
9	1,5	-2,0



5. Построение графиков

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1	$y=\begin{cases}\dfrac{1+x+x^2}{1+x^2}, x<0\\ \sqrt{1+\dfrac{2x}{1+x^2}}, x\in[0;1]\\ 2\lvert 0{,}5+\sin(x), x\ge 1\rvert\end{cases}$ При x∈[–1,7;1,5]	6	$y=\begin{cases}\sqrt{1+\dfrac{x^2}{1+x^2}}, x<0\\ 2\cos^2(x), x\in[0;1]\\ \sqrt{1+\lvert 2\sin(3x)\rvert^{1/3}}, x>1\end{cases}$ При x∈[–1,5;1,5]
2	$y=\begin{cases}\dfrac{1+\lvert x\rvert}{1+x+x^2}, x\le -1\\ 2\ln(1+x^2)+\dfrac{1+\cos^4(x)}{2+x}, x\in[-1;0]\\ \left(1+x^{\frac{3}{5}}\right)+b, x\ge 0\end{cases}$ При x∈[–2;2], b=1,2	7	$y=\begin{cases}\left\lvert x^{1/3}\right\rvert, x<0\\ -2x+\dfrac{x}{1+x}, x\in[0;1]\\ \dfrac{\lvert 3-x\rvert}{1+x}, x\ge 1\end{cases}$ При x∈[–1,8;1,8]
3	$y=\begin{cases}\dfrac{a+1+\lvert x\rvert}{1+x+x^2}, x<-1\\ 2\ln(1+x^2)+\dfrac{1+\cos^4(x)}{2+x}, x\in[-1;0]\\ \left(1+x^{\frac{3}{5}}\right)+b, x>0\end{cases}$ При x∈[–2;2], a=1,5	8	$y=\begin{cases}\dfrac{1+x}{1+x^2}, x<0\\ \sqrt{1+\dfrac{x}{1+x}}, x\in[0;1]\\ 2\lvert\sin(3x)\rvert, x\ge 1\end{cases}$ При x∈[–2;1,8]
4	$y=\begin{cases}3x+\sqrt{1+x^2}, x<0\\ 2\cos(x)e^{-2x}, x\in[0;1]\\ 2\sin(3x), x>1\end{cases}$ При x∈[–2;1.5]	9	$y=\begin{cases}\dfrac{1+x+a}{1+x^2}, x<0\\ \sqrt{1+\dfrac{x}{1+x}}, x\in[0;1]\\ 2\lvert\sin(3x)\rvert, x\ge 1\end{cases}$ При x∈[–2;1,8], Δx=0,1; a=2
5	$y=\begin{cases}3x+\sqrt{1+x^2}, x<0\\ 2\cos(x)e^{-2x}, x\in[-2;-1]\\ 2\sin(3x)+a, x>1\end{cases}$ При x∈[–2;1,5], a=2	10	$y=\begin{cases}ax+\sqrt{1+x^2}, x<0\\ \sin(x)e^{-3x}, x\in[-2;0]\\ 3\cos(2x)+a, x>1\end{cases}$ При x∈[–2;1,5], a=2

Работа 5.3. Графическая интерпретация данных.

ЗАДАНИЕ

Часто по результатам экспериментальных работ или по результатам расчетов требуется построить графики для данных, которые графически несопоставимы (например: числа 1000 и 0,001). Для того, чтобы совместить несопоставимые данные на одном графике в Excel есть тип графика с двумя осями (т.е. для чисел порядка 1000 будет одна ось, а для чисел порядка 0,001 – другая)

Используя, мастер диаграмм постройте графики типа точечный. При построении графиков установите все возможные параметры в диалоговом окне 3 шага «Параметры диаграммы»: Заголовки; Оси; Линии сетки; Легенду; Подписи данных; таблицу данных.

1. Рассчитайте значение функции $У_1=X^2$, $У_2=X^3$, $У_3=X^4$, для изменения аргумента **X** от –1 до 1, с шагом 0,1.
2. Рассчитайте значение функции $У_4=X_2^2$, для изменения аргумента $\mathbf{X_2}$ от –5 до 5 с шаг. 1.
3. Рассчитайте значение функции $У_5=X_3^2$ для изменения аргумента $\mathbf{X_3}$ от 1 до 10, с шаг. 1.
4. Построить совмещенные графики $У_1$, $У_2$, $У_3 = F(x)$ на отдельном листе, добавьте на него графики $У_4$, $У_5 = F(x)$, используя две оси для значений Y и X.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. При расчете значений аргументов **X, $\mathbf{X_2}$,$\mathbf{X_3}$** используйте **автозаполнение**: введите в 1 ячейку начальное значение и во 2 ячейку следующее значения аргумента, выделите эти две ячейки и пртяните за маркер заполнения до конечного значения.

2. Для создания диаграммы: **МАСТЕР ДИАГРАММ** вкладка **Нестандартные** – **Графики** (**2 оси**).

3. Добавить на существующий график новый (по одному новому графику): выделить график, в меню **ДИАГРАММА (**или **Контекстное Меню) – Исходные данные –** вкладка **Ряд – Добавить – (**перейти на таблицу) и последовательно указать адреса ячеек: имя ряда; диапозон аргумента Х и диапозон функции У.

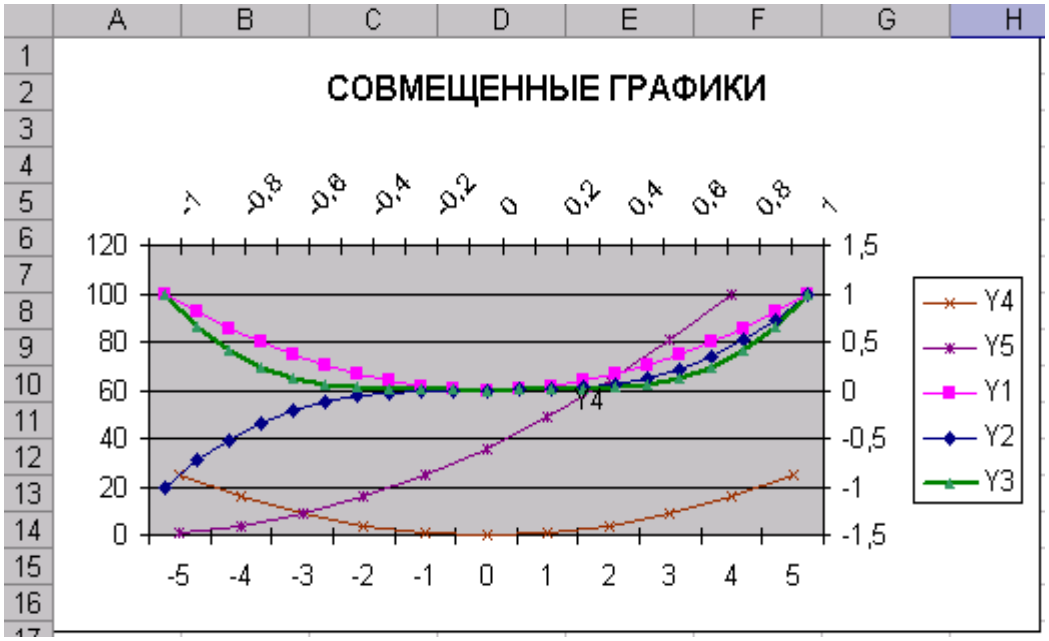
4. Для создания второй оси: в меню **ДИАГРАММА (**или **Контекстное Меню) –Параметры диаграммы** – вкладка **Оси** – **Вспомогательные оси** .

5. Подписи второй оси создаются: в меню **ДИАГРАММА (**или **Контекстное Меню) – Исходные данные –** вкладка **Ряд – Добавить –** указать адреса соответствующих ячеек.

Расчетная таблица

5. Построение графиков

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**X**	**Y1**	**Y2**	**Y3**	**X2**	**Y4**	**X3**	**Y5**
2	-1	1	-1	1	-5	25	1	1
3	-0,9	0,81	-0,729	0,6561	-4	16	2	4
4	-0,8	0,64	-0,512	0,4096	-3	9	3	9
5	-0,7	0,49	-0,343	0,2401	-2	4	4	16
6	-0,6	0,36	-0,216	0,1296	-1	1	5	25
7	-0,5	0,25	-0,125	0,0625	0	0	6	36
8	-0,4	0,16	-0,064	0,0256	1	1	7	49
9	-0,3	0,09	-0,027	0,0081	2	4	8	64
10	-0,2	0,04	-0,008	0,0016	3	9	9	81
11	-0,1	0,01	-0,001	0,0001	4	16	10	100
12	0	0	0	0	5	25		
13	0,1	0,01	0,001	0,0001				
14	0,2	0,04	0,008	0,0016				
15	0,3	0,09	0,027	0,0081				
16	0,4	0,16	0,064	0,0256				
17	0,5	0,25	0,125	0,0625				
18	0,6	0,36	0,216	0,1296				
19	0,7	0,49	0,343	0,2401				
20	0,8	0,64	0,512	0,4096				
21	0,9	0,81	0,729	0,6561				
22	1	1	1	1				



Работа 5. 4. Построение функции заданной уравнением в полярных координатах. (Трехлепестковая роза).

ЗАДАНИЕ.

Построить график функции, заданный уравнением в полярных координатах: $\rho = a \sin(3\varphi)$.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Рассчитать координаты точек графика в декартовых координатах.

Формулы для расчета:

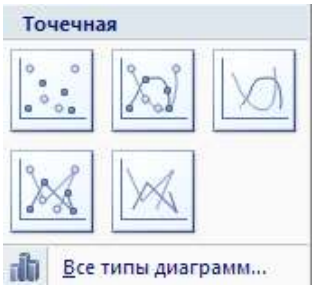
Дать пояснения к вычислению X и У

Координата	Ячейка	Значение
фи	**A2**	От 0 до 70 с шагом 0,05
ро	**B2**	=6*SIN(3*A2)
X	**D2**	=B2*COS(A2)
Y	**E2**	=B2*SIN(A2)

Рассчитанные значения:

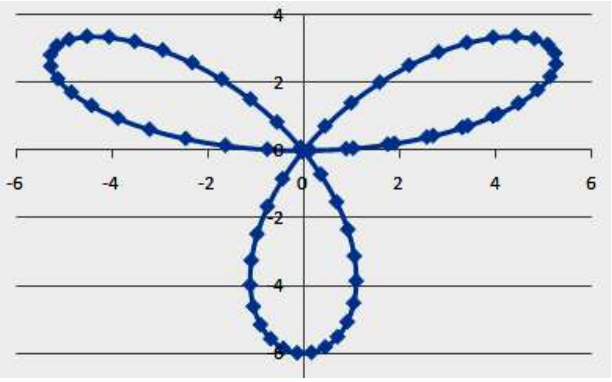
	A	B	C	D	E
1	фи	ро		X	Y
2	0	0		0	0
3	0,05	0,896629		0,895508	0,044813
4	0,1	1,773121		1,764263	0,177017
5	0,15	2,609793		2,580488	0,390003
6	0,2	3,387855		3,320323	0,673063
7	0,25	4,089833		3,96269	1,011841
8	0,3	4,699961		4,490045	1,388934
9	0,35	5,204539		4,889002	1,784625
10	0,4	5,592235		5,150789	2,177719
11	0,45	5,85434		5,271524	2,546436
12	0,5	5,98497		5,252305	2,869347
13	0,55	5,98119		5,099111	3,126292
14	0,6	5,843086		4,822507	3,299254
15	0,65	5,573758		4,437179	3,373163
16	0,7	5,179256		3,961314	3,336568
17	0,75	4,668439		3,415845	3,182189
18	0,8	4,052779		2,823598	2,907286
19	0,85	3,346102		2,208371	2,513861
20	0,9	2,564279		1,593982	2,008669

2 По значениям X и У построить график. Тип графика **точечный.**



5. Построение графиков

Построенный график:



Работа 5.5. Построение поверхности

Общие указания

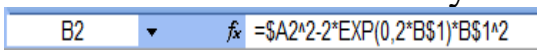
Работа по построению поверхности второго порядка предполагает использование следующей методики:

1. Подготовить диапазон изменения значений функции по двум координатам, расположив изменения одной координаты вдоль некоторого столбца вниз, а другой – вдоль прилегающей строки вправо.
2. Ввести на пересечении строки и столбца координат необходимую формулу для построения поверхности воспользоваться маркером автозаполнения для ее копирования на всю область построения поверхности.

ЗАДАНИЕ

Построить поверхность, заданную функцией Z=X2 – 2e0,2У У2 ,
при изменении X на интервале [–1;1] с шагом 0,1

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Задать изменение аргумента X в столбце A от –1 с шагом 0,1 до значения 1 автозаполнением.
2. Задать изменение аргумента У в строке (в примере это строка 1) от 1 с шагом 0,1 до значения 1 автозаполнением.
3. Ввести в ячейку B2 (в примере) формулу функции 

На ячейки аргументов X и У задаются смешанные ссылки: для X ($A2) фиксируется столбец A(клавишей F4 добавляется знак $ к букве A), для У (B$1) фиксируется строка 1 (клавишей F4 добавляется знак $ к цифре 1).
4. Скопировать формулу на весь диапозон ячеек изменения X и У.

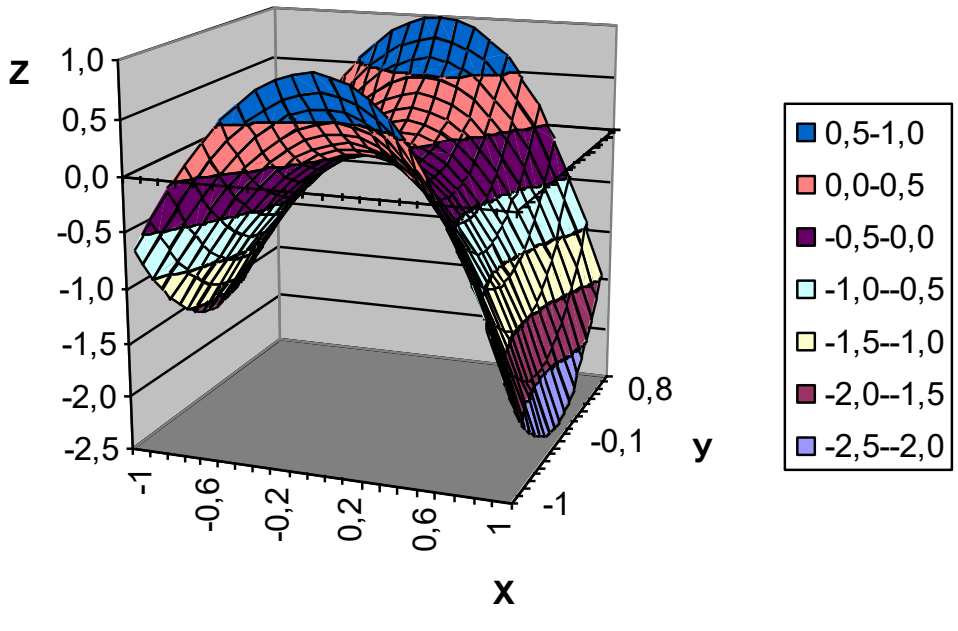
5. Построение графиков

B2 fx =$A2^2-2^EXP(0,2*B$1)*B$1^2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1		-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
2	-1	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,4	0,2	-0,1	-0,5	-0,9	-1,4
3	-0,9	-0,8	-0,5	-0,3	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0	-0,3	-0,7	-1,1	-1,6
4	-0,8	-1,0	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,1	-0,2	-0,5	-0,9	-1,3	-1,8
5	-0,7	-1,1	-0,9	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-1,0	-1,4	-2,0
6	-0,6	-1,3	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,6	-2,1
7	-0,5	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9	-1,3	-1,7	-2,2
8	-0,4	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,7	-1,0	-1,3	-1,8	-2,3
9	-0,3	-1,5	-1,3	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,0	-1,4	-1,8	-2,4
10	-0,2	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
11	-0,1	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
12	0	-1,6	-1,4	-1,1	-0,9	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
13	0,1	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
14	0,2	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
15	0,3	-1,5	-1,3	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,0	-1,4	-1,8	-2,4
16	0,4	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,7	-1,0	-1,3	-1,8	-2,3
17	0,5	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9	-1,3	-1,7	-2,2
18	0,6	-1,3	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,6	-2,1
19	0,7	-1,1	-0,9	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-1,0	-1,4	-2,0
20	0,8	-1,0	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,1	-0,2	-0,5	-0,9	-1,3	-1,8
21	0,9	-0,8	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0	-0,3	-0,7	-1,1	-1,6
22	1	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,4	0,2	-0,1	-0,5	-0,9	-1,4
23																						

5. Построить график поверхности. Выделить подготовленные данные, обратится к **МАСТЕРУ ДИАГРАММ – Тип графика – Поверхность**.

6. Постройте поверхность, соответствующую Вашему варианту.



5. Построение графиков

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№ вари–анта	Уравнение
1	$Z = X^2 – Y^2$ при X, Y є [–1;1]
2	$Z = 3X^2 – 2\sin^2(Y)\ Y^2$ при X, Y є [–1;1]
3	$Z = 5X^2\cos^2(Y) – 2Y^2\ e^Y$ при X, Y є [–1;1]
4	$Z = 2X^2\cos^2(X) – 2Y^2$ при X, Y є [–1;1]
5	$Z = 2e^{2X}X^2 – 2Y^4$ при X, Y є [–1;1]
6	$Z=X^2 – 2e^{0,2}\,У^2$ при X, Y є [–1;1]

Работа 5.6. Построение сферы.

Общие указания

Работа по построению поверхности второго порядка (случай, когда третья координата входит в уравнение поверхности в квадрате) предполагает использование следующей методики:

1. Подготовить диапазон изменения функции по двум координатам, расположив изменения одной координаты вдоль некоторого столбца вниз, а другой – вдоль прилегающей строки вправо.
2. Ввести на пересечении координат необходимую формулу для построения поверхности воспользоваться маркером автозаполнения для ее копирования на всю область построения поверхности.
3. В формуле следует учесть поправку на положительные и отрицательные значения квадратного корня на данной области определения.
4. Выделить подготовленные данные и воспользоваться МАСТЕРОМ ДИАГРАММ (тип диаграммы – **Поверхность**).
5. Отформатировать полученную поверхность.

ВНИМАНИЕ!

Требуется учесть следующую особенность – в диапазоне изменения функции необходимо дублировать значения координат.

ЗАДАНИЕ

1. Построить сферу: $X^2 + Y^2 + Z^2 = 1$

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Преобразовать уравнение к виду: $Z = \pm\sqrt{1 - X^2 - Y^2}$
2. Подготовьте диапазон области определения функции в соответствии с таблицей. В диапазон B5:B46 вводятся значения X от –1 до 1 с шагом 0,1, причем каждое значение дублируется последовательно дважды. Аналогично вводятся значения У в диапазон ячеек C4:AR4 от –1 до 1 с шагом 0,1.
3. В диапазон A6:A47 добавить повторяющиеся числа 2 и 3 (для использования в формуле).
4. Формула для вычисления функции Z в ячейке C5:
5. =КОРЕНЬ(1–$B5*$B5–C$4*C$4)*ЕСЛИ(ОСТАТ($A5;2)=0;1;–1)

5. Построение графиков

(Пояснить вторую часть формулы)

6. Воспользоваться маркером автозаполнения для копирования формулы на всю область построения поверхности.

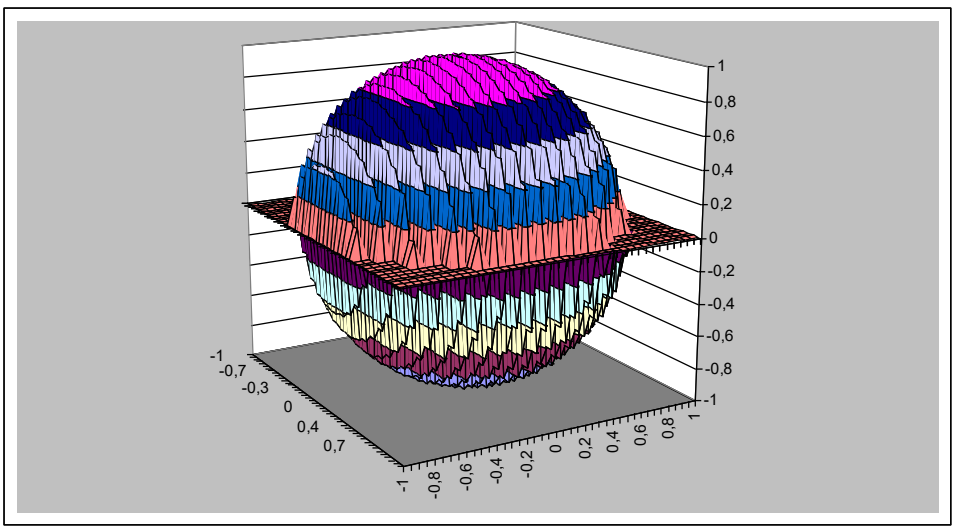
7. Выделить диапазон ячеек B4:AR46, обратится к **МАСТЕРУ ДИАГРАММ – Тип графика – Поверхность.**

8. Отформатировать полученную сферу.

Расчетная таблица.

ЕСЛИ | =КОРЕНЬ(1-$B5*$B5-C$4*C$4)*ЕСЛИ(ОСТАТ($A5;2)=0;1;-1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4			-1	-1	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6
5	2	-1	=0;1;-1)	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
6	3	-1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
7	2	-0,9	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
8	3	-0,9	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
9	2	-0,8	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
10	3	-0,8	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
11	2	-0,7	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,141421	0,141421	0,387298	0,387298
12	3	-0,7	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,14142	-0,14142	-0,3873	-0,3873
13	2	-0,6	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,387298	0,387298	0,52915	0,52915
14	3	-0,6	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,3873	-0,3873	-0,52915	-0,52915
15	2	-0,5	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,331662	0,331662	0,509902	0,509902	0,6245	0,6245
16	3	-0,5	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,33166	-0,33166	-0,5099	-0,5099	-0,6245	-0,6245
17	2	-0,4	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,173205	0,173205	0,447214	0,447214	0,591608	0,591608	0,69282	0,69282
18	3	-0,4	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,17321	-0,17321	-0,44721	-0,44721	-0,59161	-0,59161	-0,69282	-0,69282
19	2	-0,3	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,316228	0,316228	0,519615	0,519615	0,648074	0,648074	0,74162	0,74162
20	3	-0,3	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,31623	-0,31623	-0,51962	-0,51962	-0,64807	-0,64807	-0,74162	-0,74162
21	2	-0,2	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,387298	0,387298	0,565685	0,565685	0,685565	0,685565	0,774597	0,774597
22	3	-0,2	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,3873	-0,3873	-0,56569	-0,56569	-0,68557	-0,68557	-0,7746	-0,7746
23	2	-0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,424264	0,424264	0,591608	0,591608	0,707107	0,707107	0,793725	0,793725
24	3	-0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,42426	-0,42426	-0,59161	-0,59161	-0,70711	-0,70711	-0,79373	-0,79373
25	2	0	0	0	0,43589	0,43589	0,6	0,6	0,714143	0,714143	0,8	0,8
26	3	0	0	0	-0,43589	-0,43589	-0,6	-0,6	-0,71414	-0,71414	-0,8	-0,8
27	2	0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,424264	0,424264	0,591608	0,591608	0,707107	0,707107	0,793725	0,793725
28	3	0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,42426	-0,42426	-0,59161	-0,59161	-0,70711	-0,70711	-0,79373	-0,79373
29	2	0,2	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,387298	0,387298	0,565685	0,565685	0,685565	0,685565	0,774597	0,774597



5. Построение графиков

6. МАКРОСЫ В EXCEL

Работа 6.1. Создание макросов

Макросы – средства, позволяющие создавать код программ на VBA (Visual Basic for Application) без программирования, записывая в макрос любые действия, которые можно выполнить в EXCEL.

ЗАДАНИЕ.

1. Создайте семь макросов:

Макрос1 – Создайте новый рабочий лист, переименуйте его, присвоив имя «**Новый**»
Макрос2 – Создайте столбец значений **X** в диапазоне чисел от –3 до 3 с шагом 0,5
Макрос3 – Создайте столбец значений **Y**, вычислив по формуле $\mathbf{Y=5X^3+2}$
Макрос4 – Постройте **график** функции
Макрос5 – Найдите **корень** уравнения
Макрос6 – Удалите лист
Макрос7 – Закрыть

2. Создайте форму, расположив на ней семь кнопок.



3. Подключите к кнопкам ранее созданные макросы. Запустите программу на выполнение.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Выполните первое задание без записи макросов.
2. Создание Макросов: **СЕРВИС–Макрос–Начать запись – введите имя макроса,** выполните нужные для построения макроса команды, **Остановите запись макроса.** Имена макросам назначаются произвольно, но лучше, если имя макроса будет отражать его действие, например для нашего задания: Новый, Х,У, График, Корни, Удалить.
3. Просмотреть коды Макросов: **СЕРВИС–Макрос–Макрос–** выберите имя макроса – **ВОЙТИ** просмотреть Макрос можно, перейдя в редактор VBA–Alt+F11 или **СЕРВИС–Макрос–Редактор VBA –** откройте папку Модулей, выберите нужный макрос.
4. Создание Формы: Перейдите в редактор VBA, выполните команду **INSERT–UserForm**

4.1. На панели инструментов «Элементы Управления» выберите «Кнопку», курсор переместите в область формы и отрисуйте мышью кнопку.

4.2. Введите для кнопки название, изменив её свойство Caption(надпись).

4.3. Аналогично создайте все семь кнопок. Кнопки можно скопировать: выделите кнопку, нажмите клавишу Ctrl, удерживая её перетащите кнопку столько раз сколько нужно копий.

4.4. Отредактируйте текст на каждой кнопке, изменив свойство Caption для каждой кнопки.

5. Подключение макроса к кнопке Формы: Дважды щелкните мышью по кнопке. Система переведет Вас в среду редактора кода, куда автоматически поместит две строки процедуры обработки данной кнопки.

```
Private Sub CommandButton1_Click()

End Sub
```

Поместите между этими строками имя вызываемого Макроса. Например.

```
Private Sub CommandButton1_Click()
X' Вызов Макроса X, который создает столбец X.
End Sub
```

Таким образом подключите все Макросы к кнопкам.

5. Макрос **Новый** при каждом выполнении добавляет рабочий лист с новым, следующем номером.

```
Sub Новый()
' Новый Макрос
' Макрос записан 27.07.2008
    Sheets("Лист1").Select’ Лист1 выделить
    Sheets.Add’ Добавить лист
    Sheets("Лист4").Select’Этот лист выделить
    Sheets("Лист4").Name = "Новый"’ Добавленному листу присвоить имя «Новый»
    Range("A1").Select’Выделить ячейку А1, для дальнейших действий.
End Sub
```

В Макросе добавляется лист 4, но при повторном применении Макроса добавится лист с другим номером и это вызовет ошибку выполнения Макроса, поэтому его нужно отредактировать так, чтобы не указывать конкретный номер листа.

```
Sub Новый()
    Sheets("Лист1").Select
    Sheets.Add
    ActiveSheet.Name = "Новый" Активному листу присвоить имя «Новый»
End Sub
```

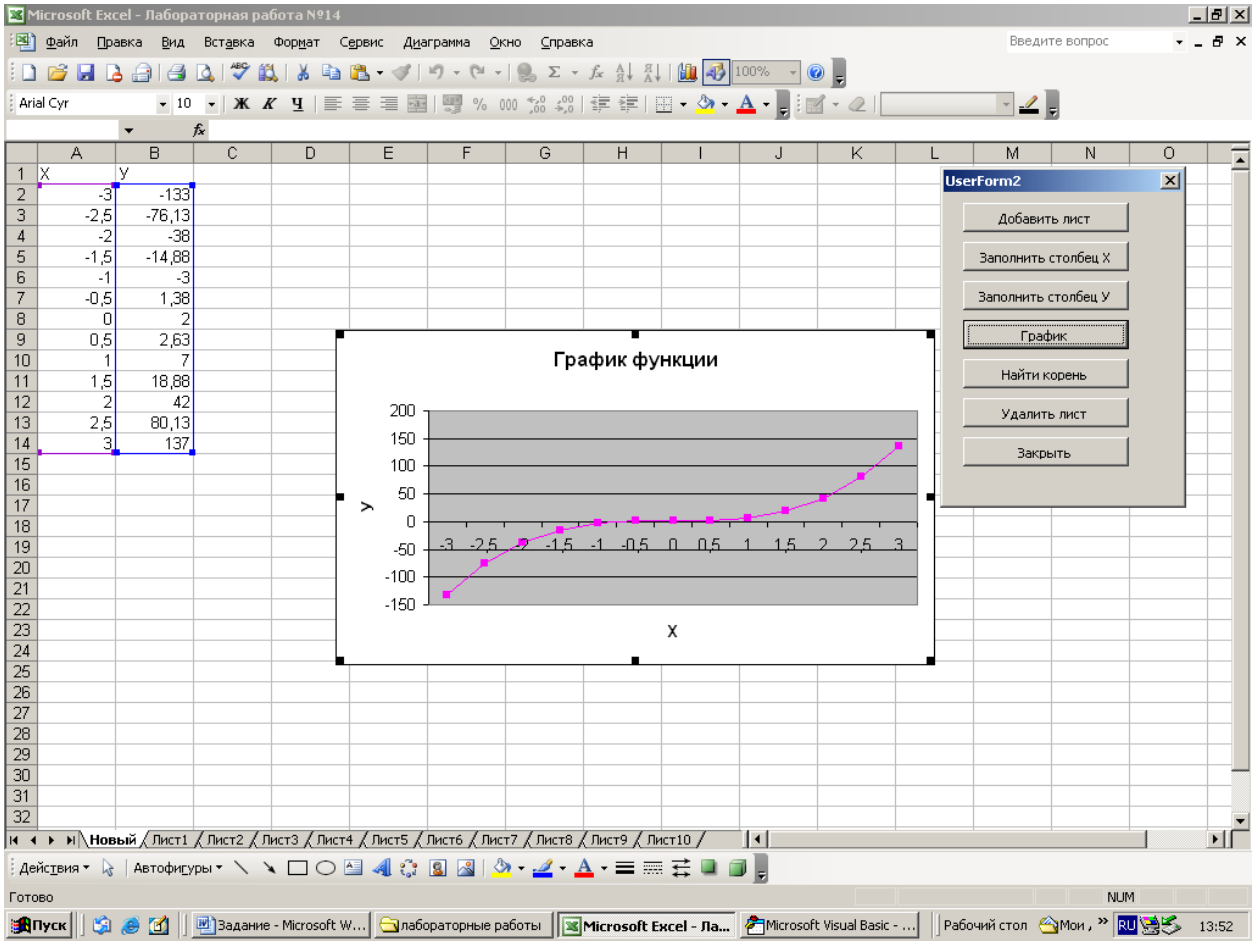
6. Для закрытия Формы применить метод **UserForm1.Hide**

7. Для вызова формы на выполнение: выполните команду RUN–**Run Sub/User Form (F5).**

Нажимая последовательно на соответствующие кнопки, проверьте работу макросов.

Результат выполнения задания

6. Макросы в Excel



7. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

Задача оптимизации состоит в выборе из некоторого множества допустимых решений, то, которое удовлетворяют целевой функции. Целевая функция это зависимость показателя эффективности от значений искомых параметров. В качестве показателя эффективности используются такие величины как прибыль, затраты и т.д. При этом на параметры допустимого решения накладываются ограничения, связанные с реальной технологией. Они выражаются в виде математических ограничений, чаще имеющих вид неравенства.

Решение задачи оптимизации состоит из нескольких этапов:

1.Формализация задачи – математическая постановка задачи.

- Целевая функция:

$Z=F(X1, X2,\ldots\ Xn)\rightarrow\min$ (max, заданной величине) – это минимум потерь или максимум прибыли.

X1, X2,…… Xn– искомые параметры влияющие на целевую функцию.

- Ограничения для X1, X2,…… Xn обычно условия неравенства

2. Для решения используются методы: линейного программирования; симплекс метод. Эти методы реализованы в Excel в виде инструмента – **Поиск решения**.

Работа 7.1. Задача о планировании производства

ЗАДАНИЕ

Фирма производит изделия, назовём их A, B, C. Для их производства используются три типа комплектующих изделий: компл.1, компл.2, компл.3.

Известно: Расход каждого типа комплектующего для каждого вида изделия, цена каждого вида изделия, запасы каждого типа комплектующих (приведены в таблице).

Комплектующие	Нормы расхода комплектующих на изделия, ед.			Запасы комплектующих, ед.
	A	B	C	
Компл.1	20	50	10	5000
Компл.2	20		40	4000
Компл.3	20	10	10	4000
Цена изделия, руб	500	700	550	

7. Решение задач оптимизации

Определить сколько нужно произвести изделий различного вида, чтобы получить максимальную прибыль, если использовать весь запас комплектующих

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Математическая постановка задачи.

Пусть X1, X2, X3 количество выпускаемых изделий A, B, C.

- Целевая функция – доход от продажи изделий

$$Z=500\ X1+ 700\ X2+ 550\ X3 \rightarrow max$$

- Ограничения:

  По расходу комплектующих. Их расход должен быть меньше или равен запасам.

  $20\ X1+50\ X2+10\ X3 \leq 5000$ – ограничение по компл.1.

  $20\ X1+40\ X3 \leq 4000$ – ограничение по компл.2.

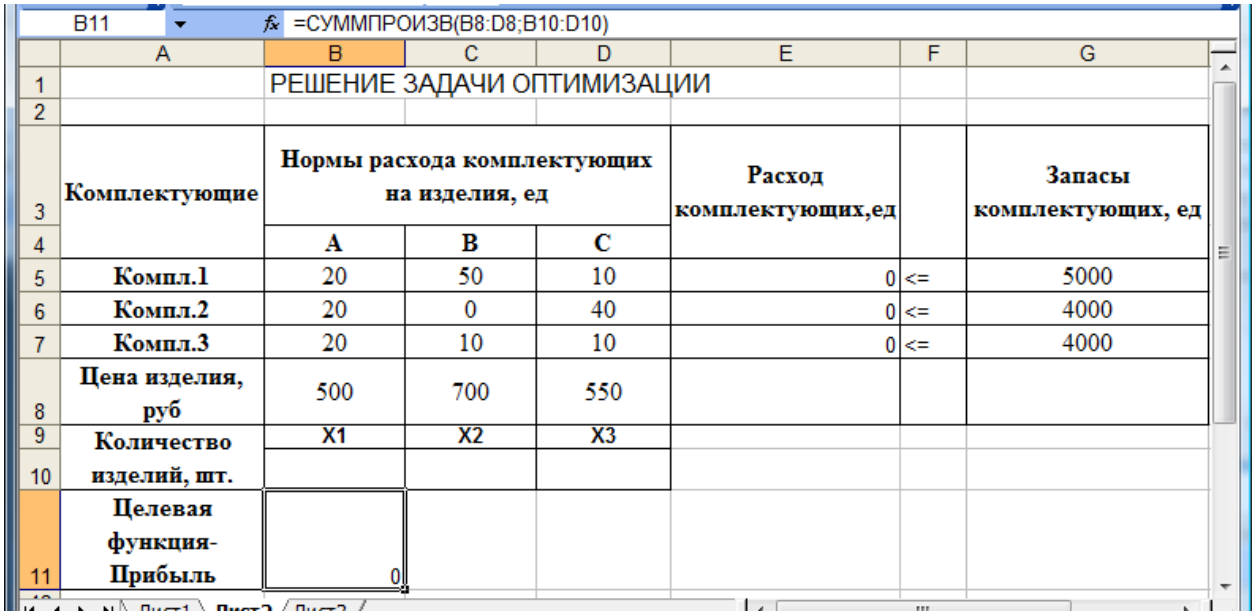
  $20\ X1+10\ X2+10\ X3 \leq 4000$ – ограничение по компл.3.

  По количеству выпускаемой продукции.

  $X1 \geq 0;\ X2 \geq 0;\ X3 \geq 0$ –количество выпускаемых изделий не может быть отрицательным.

  X1; X2; X3 – целое – выпускаемые изделия неделимые (целые).

2. По исходным данным и математической постановке задачи создается таблица для решения.



	A	B	C	D	E	F	G
1		РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ					
2							
3	**Комплектующие**	**Нормы расхода комплектующих на изделия, ед**			**Расход комплектующих,ед**		**Запасы комплектующих, ед**
4		**A**	**B**	**C**			
5	**Компл.1**	20	50	10	0	<=	5000
6	**Компл.2**	20	0	40	0	<=	4000
7	**Компл.3**	20	10	10	0	<=	4000
8	**Цена изделия, руб**	500	700	550			
9	**Количество**	**X1**	**X2**	**X3**			
10	**изделий, шт.**						
11	**Целевая функция-Прибыль**	0					

В ячейки B10:D10 Excel выведит найденные количества изделий A, B, C.

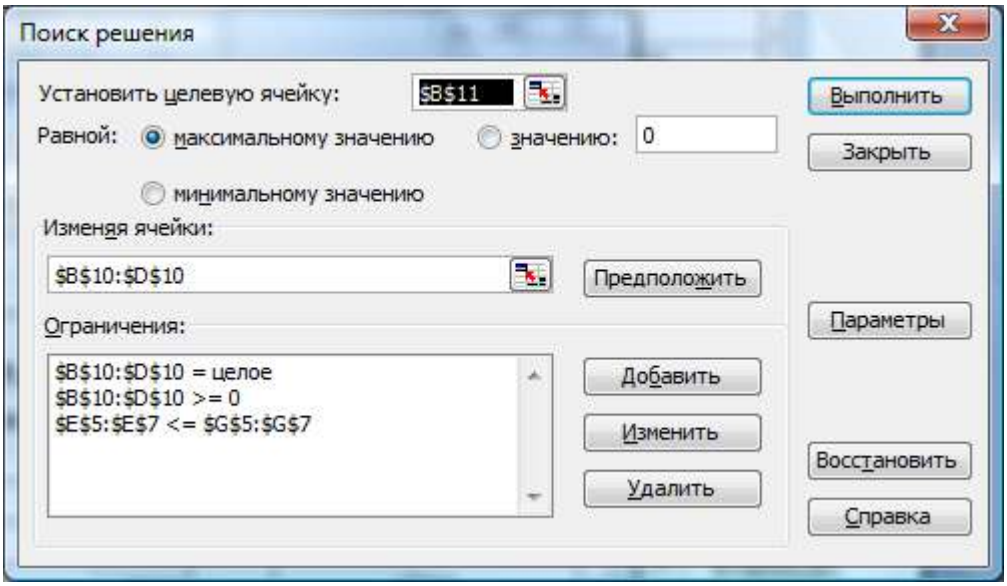
Целевая функция – это сумма произведений *Количества изделий и Цены изделий*, т.е. в ячейке B11 формула =СУММПРОИЗВ(B8:D8;B10:D10).

Правая часть ограничения по расходу комплектующих записана в ячейках E5:E7. Формула, например, в ячейке E5 имеет вид =СУММПРОИЗВ(B5:D5;$B$10:$D$10). Эту формулу скопировать в ячейки E6:E7.

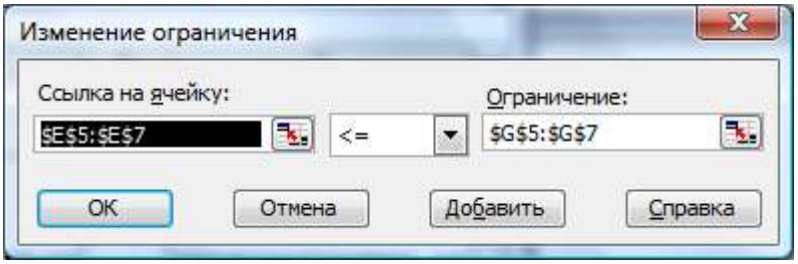
3. Решение задачи средствами Excel.

Установите курсор в ячейку B11 и выполните команду **СЕРВИС – Поиск решения**.

В диалоговом окне «Поиск решения»:



- В поле «Установить целевую ячейку» адрес ячейки B11.
- В поле «Равной» установить на максимальное значение.
- В поле «Изменяя ячейки» дать ссылку на ячейки с искомыми X1, X2, X3, то есть на ячейки B10:D10.
- В поле «Ограничения» добавим ограничения нажав на кнопку ДОБАВИТЬ. В появившемся диалоговом окне указать, например, для ограничения по комплектующим в левом поле адреса ячеек с расходами комплектующих, в правом поле адреса ячеек с запасами комплектующими, в средем поле из списка выбрать соответствующий знак логического отношения – ДОБАВИТЬ.



Таким образом задать все ограничения. Далее в окне «Поиск решения» нажать на кнопку ПАРАМЕТРЫ и установить флажок на опции Линейная модель. Затем **Выполнить.**

В итоге получим результат оптимизации.

	A	B	C	D	E	F	G
1		РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ					
2							
3	**Комплектующие**	**Нормы расхода комплектующих на изделия, ед**			**Расход комплектующих,ед**		**Запасы комплектующих, ед**
4		**A**	**B**	**C**			
5	**Компл.1**	20	50	10	5000	<=	5000
6	**Компл.2**	20	0	40	4000	<=	4000
7	**Компл.3**	20	10	10	3960	<=	4000
8	**Цена изделия, руб**	500	700	550			
9	**Количество**	X1	X2	X3			
10	**изделий, шт.**	180	26	10			
11	**Целевая функция-Доход**	113700					

Выводы: Из данного запаса комплектующих можно изготовить изделий вида А – 180 шт., изделий типа В – 26 шт., изделий типа С – 10 шт. Комплектующие 1 и 2 типов будут израсходованы полностью, 3 комплектующего останется 40 ед. При этом при реализации изделий будет получен максимально возможный доход 113700 рублей.

Работа 7.2. Задачи для самостоятельного решения

Решить ниже приведенные задачи, используя **Поиск решения.**

ЗАДАЧА 1

В одной из туристических фирм, на Черноморском побережье в каждом заезде запланирован пеший поход в горное селение, находящееся на высоте 2,5 км от моря. В селение ведут три тропы, две из которых имеют вторую категорию сложности, а третья – четвертую катего-

рию. Для четвертой категории сложности требуется специальное медицинское заключение и, таким образом, сужается круг участников похода. Для похода по второй категории сложности требуется 1 сопровождающий на 10 отдыхающих; для похода по четвертой категории сложности требуется 1 сопровождающий на 5 отдыхающих. Стоимость похода для каждого отдыхающего по второй категории сложности равен 200 руб. в день, а по четвертой – 350 руб. Для похода по первому маршруту требуется 6 дней, по второму – 5; а для похода по четвертой категории сложности – 2 дня. В одном из заездов в поход пожелало пойти 54 человека. После мед. проверки, в случае выхода похода по четвертой категории сложности остался 21 человек. Определите выбор маршрутов при условии максимальной финансовой выгоды для туристической фирмы, если фирма имеет пять туристических имнструкторов.

ЗАДАЧА 2

Озеро можно заселить двумя видами рыб: А и В. Средняя масса рыбы вида А равна 2 кг, а вида В – 1 кг. В озере имеется два вида пищи P1 и P2. Средние потребности одной рыбы вида А составляют 1 ед. корма P1 и 3 ед. корма P2 в день. Аналогичные потребности для рыбы вида В составляют 2 ед. и 1 ед. Ежедневный запас пищи поддерживается на уровне 500 ед. P1 и 900 ед. P2. Как следует заселить озеро рыбами, чтобы максимизировать общую массу рыб?

ЗАДАЧА 3

Имеется четыре типа железорудных концентратов с содержанием железа Fe_i (i = 1, 2, 3, 4) и содержанием серы S_i (i=1, 2, 3, 4). Необходимо составить шихту для окомкования так, чтобы содержание в ней серы было минимальным, а содержание железа $Fe_{min} \le Fe \le Fe_{max}$.

Исходные данные:

Плановое задание: Fe_{max} =63%; Fe_{min} =61%.

Содержание железа в концентратах Fe_1 = 62%; Fe_2 = 60%; Fe_3 = 63%; Fe_4 = 64%.

Содержание серы в концентратах S_1 =0,3%; S_2 =0,2%; S_3 =0,4%; S_4 =0,2%;

Дополнительные ограничения X1 = 0,1; X2 ≥ 0,2.

Указание: количество каждого типа концентрата в шихте определять в долях единицы.

7. Решение задач оптимизации

8. РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ OFFICE

Работа 8.1. Документ «Обогатительная задача».

ЗАДАНИЕ

1. Загрузите WORD. **Пуск – Программы – Microsoft Office – Microsoft Word**.
2. Выведите на экран Панели Инструментов (ПИ) «**Стандартная**», «**Форматирования**» (если их нет). Добавьте на ПИ «Форматирования» кнопки «**нижний и верхний индекс**».
3. Кнопками ПИ «Форматирования» установите: шрифт – 

, выравнивание **по ширине**, межстрочный интервал 1,5.
4. Установите размеры полей: верхнее и нижнее – 2 см, левое 3 см, правое 1,5 см.
5. Наберите 1–4 абзацы приведенного текста «Обогатительная задача».
6. Вставьте **Надпись**, наберите внутри его текст, с параметрами форматирования: высота 16; жирный курсив, с выравниванием по центру, граница с тенью.
7. Наберите последующий текст с формулами. Однострочные формулы набирайте символами, остальные, используя редактор формул.
8. Поместите курсор в месте расположения рисунка и создайте рисунок схемы.

Обогатительная задача.

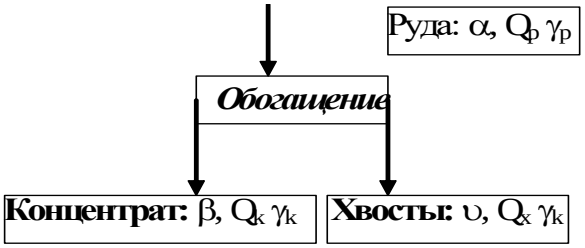
На обогатительную фабрику поступает руда, характеризуемая количеством Q_p и качеством – массовой долей полезного компонента в руде. В результате обогащения руда разделяется на два продукта концентрат и отходы (или на несколько продуктов в зависимости от типа руды, например полиметаллические руды, содержат несколько извлекаемых компонентов, поэтому в результате обогащения получается несколько концентратов).

Концентрат характеризуется количеством Q_K и качеством β– массовой долей полезного компонента в концентрате.

Отходы (на технологическом жаргоне отходы называются «хвосты») характеризуется количеством Q_x и качеством υ–массовой долей полезного компонента в отходах.

Процессы обогащения подчиняются законам *материального баланса*, суть которого заключается в следующем:

Сколько продукта вошло в операцию обогащения,
Столько же должно выйти из операции обогащения.



Закон материального баланса можно пояснить на примере простой схемы:

γ_p γ_k γ_x – выход соответственно руды (он всегда равен 100%), концентрата и хвостов.

Уравнения материального баланса:

$100 = \gamma_к + \gamma_x$; (1)

$$100\alpha = \gamma_к \beta + (100 - \gamma_к)\upsilon \quad (2)$$

Из уравнений материального баланса определяется выход хвостов $\gamma_x = 100 - \gamma_к$ выход концентрата $\gamma_к = \frac{\alpha - \upsilon}{\beta - \upsilon} * 100$ (3) и извлечение $\varepsilon = \gamma_к \frac{\beta}{\alpha}$ (4)

Количество концентрата $Q_k = Q_p \gamma_k$, количество отходов $Q_x = Q_p(100 - \gamma_k)$

Обычно результаты расчета технологического баланса сводятся в таблицу.

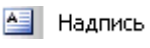
9. В этом же документе создайте таблицу, заполните её информацией и отформатируйте: установите соответствующие шрифты, обрамление и заливку. В «шапке» выравнивание по центру. Обрамление и заливку осуществите кнопками ПИ «Границы и заливка».

Результат технологического баланса

Наименование продукта	Выход	Количество продукта	Массовая доля полезного компонента
Концентрат	γ_k	Q_k	β
Отходы (хвосты)	$100-\gamma_k$	Q_x	υ
Руда	100	Q_p	α

10. Предъявите работу преподавателю и оформите отчет.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Вывод на экран ПИ. Подключить панели инструментов – **ВИД – Панели Инструментов –**отметьте нужные панели, для добавления кнопок на ПИ выполните далее **Настройка –** вкладка **Команды –** категория **Формат** – найдите нужную кнопку и мышью перетащите на ПИ.
2. Установить размеры полей **ФАЙЛ – Параметры страницы –** вкладка **Поля –…**
3. Ввод символов, отсутствующих на клавиатуре **ВСТАВКА – Символ …**мышью выбираете символ, затем кнопка ЗАКРЫТЬ.
4. Ввод индексовь – «нажимаете» мышью кнопку «**индекс**»  на ПИ и вводите нужный символ, затем кнопку «отжимаете».
5. Вставить **Надпись – ВСТАВКА – Надпись** или кнопка 

6. Обвести границу – выделить объект **– ФОРМАТ – Границы и заливка –** вкладка **Границы – Тень – Тип линии – Цвет** и др.
7. Ввод формул **ВСТАВКА – Объект – Microsoft Equation** и далее используя ПИ редактора формул, выбираете соответствующие кнопки со структурами формул или символов. Формула создается как единое целое. Выйти из редактора – (1ЩЛЧК) вне окна формулы, вернуться к набору или исправлению формулы (2ЩЛЧК) на формуле.
8. Создать рисунок **ВСТАВКА – Объект – Рисунок Microsoft** и затем, используйте инструменты ПИ Рисования: линия; толщина линий, вид стрелок; надпись; цвет и др. Текст набирается только в **Надпись**. Завершите рисунок командами **Восстановить границы рисунок, Обтекать текстом, Закрыть**.
9. Создание таблицы – кнопка «**Нарисовать таблицу**» или команду **ТАБЛИЦА – Добавить таблицу…,** укажите число строк и столбцов.

Заполнение таблицы – обычный ввод текста. Перемещение по таблице – (ЩЛЧК) мышью или клавиша **Tab**.

Работа 8.2. Расчет материального баланса при обогащении с использованием EXCEL.

ЗАДАНИЕ 1

1. Создайте таблицу «**1. Исходные данные**». В «шапке» таблицы ячейки «**№ секции**», «**Руда**», «**Концентрат**», «**Отходы**» объедините. Текст в них выровняйте по центру. Введите числовые данные в столбец «**№ смены**» Автозаполнением, в столбцы «**Мас.доля, %**» и «**Количество, т/час**» как приведено в таблице.
2. Обрамите таблицу и залейте по приведенному образцу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		***1. Исходные данные***									
3		**Руда**		**Концентрат**				**Отходы**			
4	№	**Количество, т/ч**	**Мас. доля, %**	**Количество, т/ч**	**Мас. доля, %**	**Выход, %**	**Извлечение, %**	**Количество, т/ч**	**Мас. доля, %**	**Выход, %**	**Потери, %**
5	1	100	16,5		60,5				5		
6	2	150	16,2		67,9				5,3		
7	3	170	15,9		54,9				4,4		
8	4	200	14,8		61,4				6,2		
9	5	180	16,8		54,9				7,9		
10	6	150	17,6		56,9				4,2		
11	7	140	18		60,3				5,1		
12	8	170	17,5		62,5				4,3		

3. Скопируйте таблицу «**1. Исходные данные**», назовите копию «**2. Результаты расчета**».
4. В ячейки D17, F17, G17, H17, J17, K17 введите формулы (по правилам Excel), начиная с ячейки F17 «Выход» концентрата $\gamma_к = \frac{\alpha - \upsilon}{\beta - \upsilon} * 100$, G17 «Извлечение» концентрата $\varepsilon = \gamma_к \frac{\beta}{\alpha}$, J17 «Выход» отходов $\gamma_x = 100 - \gamma_к$, K17 «Потери» с отходами $\varepsilon_x = 100 - \varepsilon_k$, D17 «Количество концентрата» $Q_k = Q_p \gamma_k$, H17 «Количество отходов» $Q_{отх} = Q_p - Q_k$, где

α– количество руды, т/ч; Q_p– масс. доля руды, %; Q_k– количество концентрата, т/ч; β– масс. доля концентрата, %; γ_k– выход концентрата, %; ε_k– извлечение концентрата, %; Q_k– количество отходов, т/ч; ν– масс. доля отходов руды, %; γ_x– выход отходов, %; ε_x– потери с отходами, %;

6. Скопируйте формулы из ячеек D17, F17:H17, J17:K17 в нижележащие до строки 24

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
14	*2. Результаты расчета*										
15		Руда		Концентрат				Отходы			
16	№	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Извлече-ние, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Потери, %
17	1	100	16,5	21	60,5	20,72	75,98	79	5	79,28	24,02
18	2	150	16,2	26	67,9	17,41	72,98	124	5,3	82,59	27,02
19	3	170	15,9	39	54,9	22,77	78,63	131	4,4	77,23	21,37
20	4	200	14,8	31	61,4	15,58	64,63	169	6,2	84,42	35,37
21	5	180	16,8	34	54,9	18,94	61,88	146	7,9	81,06	38,12
22	6	150	17,6	38	56,9	25,43	82,20	112	4,2	74,57	17,80
23	7	140	18	33	60,3	23,37	78,29	107	5,1	76,63	21,71
24	8	170	17,5	39	62,5	22,68	81,00	131	4,3	77,32	19,00
25	**Итого**	1260	16,59	260	59,53	20,65	74,11	1000	5,41	79,35	25,89

9. Оформите строку **Итоги**. В ячейку B25 – введите формулу $Q_{cp} = \sum Q_i$, используя функцию СУММ(B17:B24), затем скопируйте её в ячейки D25, H25. В ячейку C25 введите формулу $\alpha_{cp} = \sum(Q_i \cdot \alpha_i) / \sum Q_i$, используя функцию СУММПРОИЗВ(B17:B24;C17:C24) и СУММ(B17:B24), затем скопируйте формулу в ячейки E25, I25. В ячейки F25:G25, J25, K25 скопируйте формулы из вышестоящих ячеек.

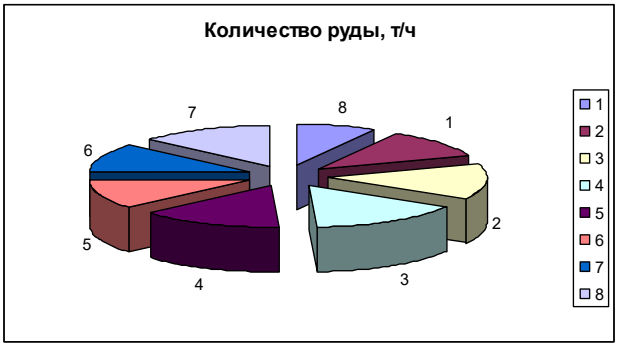
10. Постройте круговую диаграмму и график, с двумя осями ординат, оформите её соответствующими надписями.

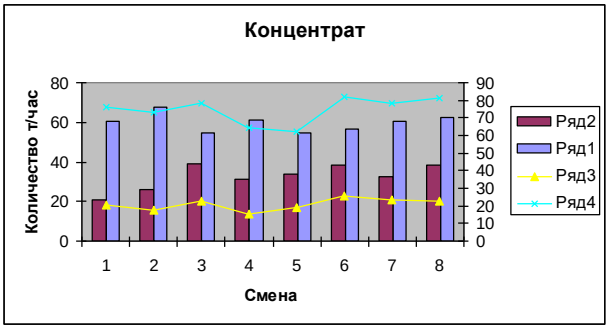
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

- Объединить ячейки: **ФОРМАТ – Ячейки** – вкладка **Выравнивание – Объединить ячейки – Выравнивание по центру**;
- Обрамление и заливка: **ФОРМАТ – Ячейки** – вкладка **Граница, вкл. Вид**;
- Копирование: **ПРАВКА – Копировать**, курсор в ячейку A15, **ПРАВКА – Вставить**;
- **Ввод формул**: наберите =, мышью указывайте адреса нужных ячеек, вводите знаки арифметических действий, скобки и функции, используя МАСТЕР ФУНКЦИЙ.
- **Копирование формул**: выделите фрагмент, мышью зацепите Маркер заполнения и переместите до нужной ячейки.
- **Построение графиков**. Выделите диапазон ячеек с исходными данными с шапкой таблицы, включите **Мастер Диаграмм**  ,

на вкл. **Параметры** введите название диаграммы, выберите место размещения.

- Построение графика с двумя осями. Выделите диапазон ячеек с данными для построения первого графика (диаграммы) (D17:D24), – **МАСТЕР ДИАГРАММ – Тип Диаграмм – Гистограмма – Далее –** вкладка **Ряды – Добавить** (переключитесь на таблицу) –в поле **Имя** установите ссылку на ячейку E16 , в поле **Значения** – укажите диапазон ячеек E17:E24. Нажмите кнопку **НАЗАД –** вкладка **Нестандартные,** выберите **График Гистограмм 2**, вновь перейдите на вкладку ряды и добавьте аналогично данные для построения других графиков – **ДАЛЕЕ –** вкладка **Параметры –**введите название графика и Осей – **ДАЛЕЕ** –Выберите место расположения.
- Для редактирования и форматирования диаграммы или её фрагментов выделите её, а затем используйте команды меню **ДИАГРАММА** или команды **Контекстного меню (КМ).**





ЗАДАНИЕ 2

1. Загрузить файл с таблицы «обогатительная задача»
2. Изменить значение в таблице «массовая доля в руде», посмотрите как изменился результат
3. Переместите графики на отдельные листы; переименуйте рабочие листы с графиками.
4. Таблицу «Результаты расчета» скопировать на другой рабочий лист, присвоив имя этому рабочему листу «Сортированный»
5. Добавте в начало таблицы столбцы «Дата», «Смена».
6. Отделите заголовок от таблицы пустой строкой.
7. Добавьте перед Итоговой строкой 10 пустых строк.
8. Добавте 7 новых записей в таблицу используя встроенную Форму.
9. Скопируйте новую таблицу с листа «Сортированный» на новый рабочий лист, присвоив ему имя «Фильтрованный».
10. На листе «Сортированный» отсортируйте таблицу, выбрав первым параметром сортировки «количество руды» по возрастанию и вторым параметром «массовую долю в руде» по убыванию.
11. На листе «Фильтрованный» отфильтруйте таблицу, вводя только записи для тех смен, в которые «извлечение» больше 65% и меньше 80%; окрасте записи одним цветом; отмените автофильтр.
12. На листе «Сортированный» подведите промежуточные итоги для каждой смены: 1, 2 и 3, подсчитав суммы для полей: количество руды, концентрата и отходов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

- Для перемещения графика на отдельный лист, выделите график и используйте **Контекстное меню–Рамещение–Отдельный лист**
- Для переименования листа **Контекстное меню** ярлыка рабочего листа**–Переименовать**
- Для вставки строк/столбцов **ВСТАВИТЬ – Строки/Столбцы.**
- Для добавления новой записи. Поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполнить **ДАННЫЕ–Форма–Добавить –** ввести данные в соответствующие поля, аналогичные тем, что в таблице.

- Сортировка данных в таблице. Поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполните **ДАННЫЕ – Сортировать –** по возрастанию/по убыванию
- При фильтровании таблицы поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполнить **ДАННЫЕ –Фильтрация** – задать условие фильтрации.
- При подведение промежуточных итогов таблица должна быть отсортирована по соответствующему полю. Поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполнить **ДАННЫЕ– Итоги,** укажите поле при изменении которого нужно подводить итоги, расположение итоговой строки, математическое действие (сумма) и выбрать имена полей: «количество руды», «количество концентрата», «количество отходов».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1				Руда		Концентрат				Отходы			
2	№	Дата	Смена	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Извлече ние, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Поте-ри, %
3			**Общий итог**	2468		508				1960			
4			**1 Итог**	785		155				630			
5	1	01.09.2007	1	100	16,5	21	60,5	20,72	75,98	79	5	79,28	24,02
6	7	03.09.2007	1	140	18	33	60,3	23,37	78,29	107	5,1	76,63	21,71
7	10	04.09.2007	1	155	17,3	33	63,5	21,03	77,18	122	5	78,97	22,82
8	13	05.09.2007	1	190	15,8	38	59,6	19,78	74,61	152	5	80,22	25,39
9	4	02.09.2007	1	200	14,8	31	61,4	15,58	64,63	169	6,2	84,42	35,37
10			**2 Итог**	850		172				678			
11	2	01.09.2007	2	150	16,2	26	67,9	17,41	72,98	124	5,3	82,59	27,02
12	8	03.09.2007	2	170	17,5	39	62,5	22,68	81,00	131	4,3	77,32	19,00
13	11	04.09.2007	2	170	17,5	38	58	22,41	74,29	132	5,8	77,59	25,71
14	14	05.09.2007	2	180	17,0	35	63	19,30	71,52	145	6	80,70	28,48
15	5	02.09.2007	2	180	16,8	34	54,9	18,94	61,88	146	7,9	81,06	38,12
16			**3 Итог**	833		181				652			
17	6	02.09.2007	3	150	17,6	38	56,9	25,43	82,20	112	4,2	74,57	17,80
18	9	03.09.2007	3	160	16,0	34	60	21,43	80,36	126	4	78,57	19,64
19	12	04.09.2007	3	163	14,9	26	62,3	16,11	67,34	137	5,8	83,89	32,66
20	3	01.09.2007	3	170	15,9	39	54,9	22,77	78,63	131	4,4	77,23	21,37
21	15	05.09.2007	3	190	16,0	44	56	23,08	80,77	146	4	76,92	19,23
22													
23													
24													
25	**Итого**			4151	9,97	429	36,92	20,20	74,75	1696	3,16	79,80	25,25

Таблица рабочего листа «Сортированный» с промежуточными итогами.

Итоговая строка над данными.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1				Руда		Концентрат				Отходы			
2	№	Дата	Смена	Количество, т/	Мас. доля,	Количество, т/	Мас. доля,	Выход, %	Извлечение, %	Количество, т/	Мас. доля,	Выход, %	Потери, %
3	1	01.09.2007	1	100	16,5	21	60,5	20,72	75,98	79	5	79,28	24,02
4	2	01.09.2007	2	150	16,2	26	67,9	17,41	72,98	124	5,3	82,59	27,02
5	3	01.09.2007	3	170	15,9	39	54,9	22,77	78,63	131	4,4	77,23	21,37
6	4	02.09.2007	1	200	14,8	31	61,4	15,58	64,63	169	6,2	84,42	35,37
7	5	02.09.2007	2	180	16,8	34	54,9	18,94	61,88	146	7,9	81,06	38,12
8	6	02.09.2007	3	150	17,6	38	56,9	25,43	82,20	112	4,2	74,57	17,80
9	7	03.09.2007	1	140	18	33	60,3	23,37	78,29	107	5,1	76,63	21,71
10	8	03.09.2007	2	170	17,5	39	62,5	22,68	81,00	131	4,3	77,32	19,00
11	9	03.09.2007	3	160	16,0	34	60	21,43	80,36	126	4	78,57	19,64
12	10	04.09.2007	1	155	17,3	33	63,5	21,03	77,18	122	5	78,97	22,82
13	11	04.09.2007	2	170	17,5	38	58	22,41	74,29	132	5,8	77,59	25,71
14	12	04.09.2007	3	163	14,9	26	62,3	16,11	67,34	137	5,8	83,89	32,66
15	13	05.09.2007	1	190	15,8	38	59,6	19,78	74,61	152	5	80,22	25,39
16	14	05.09.2007	2	180	17,0	35	63	19,30	71,52	145	6	80,70	28,48
17	15	05.09.2007	3	190	16,0	44	56	23,08	80,77	146	4	76,92	19,23
18													
19													
20													
21	Итого			2468	16,59	260	59,53	20,65	74,11	1000	5,41	79,35	25,89

Таблица рабочего листа «Фильтрованный».
Цветом выделены строки, удовлетворяющие условию.

Работа 8.3. Рабочая книга расчета заработной платы.

ЗАДАНИЕ

Разработать рабочую книгу расчета Заработной Платы.
Она должна включать следующие Рабочие листы:
Лист1 – **Общий**, Лист2 – **Январь**, Лист3 – **Февраль**, Лист4 –**Март**
Лист Общий содержит таблицы: «Исходные данные» и «Итоговые данные» – информацию об итоговых показателях за расчитанные месяцы.
Листы Январь, Февраль и Март содержат расчетную информацию о Заработной плате коллектива сотрудников.
Порядок выполнения работы:

1. Переименуйте лист1, присвоив ему имя Общий. Для этого щелкните ярлык Лист1 и в Контекстном меню (КМ) выберите команду **Переименовать**, введите новое имя «Общий».
2. Создайте табличку, приведенную ниже. Заполните столбец Месяц Автозаполнением: введитев ячейку Январь и потяните за маркер заполнения
3. Обрамите таблицу и залейте первые строку и столбец, используя кнопки ПИ или команды **ФОРМАТ – Ячейки…–Рамка (Вид)**. При редактировании таблицы используйте команды меню **Правка, Вставка**.
4. Перейдите на Рабочий Лист2, переименуйте его в Январь и выполните на нем расчеты в соответствии с последующими указаниями. Проверьте результаты расчетов по заданию.
5. Скопируйте рабочий лист Январь, переименуйте копию в Февраль и выполните на нем действия (редактирование) в соответствии с последующими указаниями. Проверьте результаты расчетов по заданию.
6. Скопируйте рабочий лист Февраль, переименуйте копию в Март и выполните на нем действия (редактирование) в соответствии с последующими указаниями. Проверьте результаты расчетов по заданию.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Исходные данные**				**Итоговые данные**			
2	год	2002						
3	Месяц	Кол.раб.дней в месяце	Мин.ЗП.		Месяц	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог
4	Январь	21	100		Январь	3423	3423	445
5	Февраль	21	110		Февраль	4066	7489	529
6	Март	22	110		Март	3558	11047	463
7	Апрель	22			Апрель			
8	Май	21			Май			
9	Июнь	22			Июнь			
10	Июль	22			Июль			
11	Август	23			Август			
12	Сентябрь	22			Сентябрь			
13	Октябрь	23			Октябрь			
14	Ноябрь	22			Ноябрь			
15	Декабрь	23			Декабрь			

7. На листе «Общий» создайте таблицу «Итоговые данные». Заполните столбец Месяц автозаполнением. Названия 2,3,4 столбцов заполняйте как формулы, беря соответствующие значения из таблиц Листов Январь, Февраль, Март

8. Измените в листах Февраль, Март данные в столбце Кол.отработанных дней. Посмотрите результат в Итоговой таблице.
9. Измените размер Мин.зарплаты, посмотрите результат в Итоговой таблице.
10. Исследуйте различные ячейки с помощью инструментов панели **Зависимости:**

Влияющие ячейки, Зависимые ячейки, Окно информации, в котором выведите все сведения о ячейке.

Рабочий лист «Январь». Порядок выполнения работы.

1. Создайте таблицу. Приведенную ниже. Для этого:
   столбец «№» заполните автозаполнением как арифметическую прогрессию – через КМ или **Правка – Заполнить – Прогрессия** или используя маркер заполнения.
   столбец «ФИО» заполните автозаполнением, предварительно создав Список Пользователя **СЕРВИС – Параметры – Списки,** кнопка **Добавить**, в окно Элементы списка ввести Фамилии. Вставить список в таблицу – набрать первое ФИО и потянуть маркер вниз.

столбцы «Разряд», «Тариф.коэф», «Раб.дни» – данные относящиеся к конкретному работнику заполняются числами приведенными в таблице.

При заполнении столбца **«Тариф.коэф»** проверьте установку **СЕРВИС – Параметры – Првка – Фиксированный десятичный формат при вводе –** разрядов **–2**

Значение других столбцов и строки **«Итого»** вычисляются.

2. Вычислить значения полей для первой строки: «Зар.пл.»– заработанная плата; «Зар.пл. с РК» – Зарплата с районным коэффициентом; «Зар.пл. итогом» – это зарплат наращенным итогом с начала года; «Налог», «Начислено» – это «Зар.пл. с РК» минус «Налог».

   «Зар. пл.» = (Тариф.коэф. * Раб.дни * Мин.Зар.пл) / Кол.рабочих дней в месяце; например в ячейке F3 формула **=D3*E3*Общий!$C$4/Общий!$B$4.**

   «Зар. пл. с РК» = 1,15 * Зар.пл.; формула в G3 **=1,15*F3.**

   «Зар. пл. итогом» за Январь = Зар. пл. с РК; формула в H3 **=G3.**

   «**Налог**» **=** Если Зар. пл. итогом <12000, то Налог = 0,13 * Зар. пл. с РК, иначе Налог = 0,2 * Зар. пл. с РК; формула в I3 **=ЕСЛИ(H3<12000;0,13*G3;0,2*H3).**

   «Начислено» = Зар. пл. с РК – Налог; формула в J3 **=G3–I3.**

3. Скопировать формулы из интервала ячеек первой строки таблицы в интервалы второй – пятой строк таблицы используя Маркер заполнения.
4. Вычислить итоговые показатели, используя кнопку **Автосуммирования** Σ или **МАСТЕР ФУНКЦИЙ.**

Рабочий лист Январь

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Расчет заработной платы за январь 2002г.**									
2	№	ФИО	Разряд	Тариф.коэф.	Раб.дни	Зар.пл.	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог	Начислено
3	1	Ивнов И.И.	10	5,84	21	584,00	671,60	671,60	87,31	584,29
4	2	Петров П.П.	12	6,25	21	625,00	718,75	718,75	93,44	625,31
5	3	Сидоров С.С.	15	7,36	15	525,71	604,57	604,57	78,59	525,98
6	4	Егоров Е.Е.	9	5,67	20	540,00	621,00	621,00	80,73	540,27
7	5	Афанасьеф А.А.	14	7,02	21	702,00	807,30	807,30	104,95	702,35
8		Итого				2976,71	3423,22	3423,22	445,02	2978,20

5. Подготовьте рабочий лист **Февраль**.

Рабочий лист «Февраль». Порядок выполнения работы.

1. Проверьте значения в поле «Раб. Дни» для каждого работника.
2. Скорректируйте формулы в столбцах: «**Зар. пл.**» и «**Зар. пл. итогом**» = Зар. пл. с РК за январь + Зар. пл. с РК за февраль;

Зар. пл. =D3*E3*Общий!$C$5/Общий!$B$5

Зар. пл. итогом =G3+Январь!G3

3. Скопируйте скорректированные формулы вниз по соответствующему столбцу.

В остальных столбцах формулы остаются неизменными. Проверьте это, активизируя различные ячейки и анализируя вид формулы.

4. Подготовьте рабочий лист **Март.**

Рабочий лист Февраль

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Расчет заработной платы за февраль 2002г.**									
2	№	ФИО	Разряд	Тариф.коэф.	Раб.дни	Зар.пл.	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог	Начислено
3	1	Ивнов И.И.	10	5,84	21	642,40	738,76	1410,36	96,04	642,72
4	2	Петров П.П.	12	6,25	21	687,50	790,63	1509,38	102,78	687,84
5	3	Сидоров С.С.	15	7,36	21	809,60	931,04	1535,61	121,04	810,00
6	4	Егоров Е.Е.	9	5,67	21	623,70	717,26	1338,26	93,24	624,01
7	5	Афанасьеф А.А.	14	7,02	21	772,20	888,03	1695,33	115,44	772,59
8		Итого				3535,40	4065,71	7488,93	528,54	3537,17

Рабочий лист Март. Порядок выполнения работы.

1. Откорректируйте формулы в ячейках «**Зар. пл.**» и «**Зар. пл. итогом**». К последней прибавьте Зар. пл. с РК за январь и февраль;

Зар. пл. =D3*E3*Общий!$C$6/Общий!$B$6

Зар. пл. итогом =G3+Январь!G3+Февраль!G3

Рабочий лист Март

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Расчет заработной платы за март 2002г.**									
2	№	ФИО	Разряд	Тариф.коэф.	Раб.дни	Зар.пл.	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог	Начислено
3	1	Ивнов И.И.	10	5,84	22	642,40	738,76	2149,12	96,04	642,72
4	2	Петров П.П.	12	6,25	22	687,50	790,63	2300,00	102,78	687,84
5	3	Сидоров С.С.	15	7,36	10	368,00	423,20	1958,81	55,02	368,18
6	4	Егоров Е.Е.	9	5,67	22	623,70	717,26	2055,51	93,24	624,01
7	5	Афанасьеф А.А.	14	7,02	22	772,20	888,03	2583,36	115,44	772,59
8		Итого				3093,80	3557,87	11046,80	462,52	3095,35

Вероника Всеволодовна Тимухина, доц, канд. техн. наук,
Алексей Владимирович Дружинин, доц, канд. техн. наук,
Тамара Григорьевна Завражина, доц, канд. техн. наук,
Раиса Александровна Мезенцева, инженер,
Тамара Александровна Самакаева, инженер,
Светлана Михайловна Колмогорова, инженер.

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине «Прикладное программное обеспечение»
для студентов технологических специальностей
очной и заочной форм обучения

Корректура кафедры информатики.
Подписано к печати
Формат бумаги 60 х 84 1/16
Печ. л. 7,18 Тираж 200 экз.

Издательство ГОУ ВПО УГГУ
Екатеринбург, ул. Куйбышева 30
Уральский государственный горный университет
лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.04 ОСНОВЫ ВОЕННОЙ ПОДГОТОВКИ

Направление подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Профиль
Урбоэкология и природоохранное обустройство территорий горных и нефтегазовых предприятий

форма обучения: очная, заочная, очно-заочная
год набора: 2024

Одобрена на заседании кафедры
Геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Стороженко Л.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 11.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
Горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

Данные методические материалы подготовлены для дисциплины ФТД.04 ОСНОВЫ ВОЕННОЙ ПОДГОТОВКИ для всех направлений подготовки и специальностей на основе учебного пособия "ОБЩЕВОЕННАЯ ПОДГОТОВКА" авторов Борисова А. Г., Анистратенко К. В., Лубашева Е. Ю., Оголь И. Н., Ященко О. В. из Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (Ростов-на-Дону – Таганрог. Издательство Южного федерального университета, 2022).

Ссылка на источник:

Борисов А. Г., Анистратенко К. В., Лубашев Е. Ю., Оголь И. Н., Ященко О. В., Общевоенная подготовка : учебное пособие / под общ. ред. кандидата военных наук, доцента А. Г. Борисова : Юж-ный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Из-дательство Южного федерального университета, 2022.

ISBN 978-5-9275- 4191-1
Ч. 1. – 2022. – 414 с. – ил. – 177, табл. – 17.
ISBN 978-5-9275-4192-8 (Ч. 1)

Оглавление

Введение.....9

Раздел 1
УПРАВЛЕНИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ В МИРНОЕ ВРЕМЯ

1. Безопасность военной службы.....15
1.1. Общие положения.....15
1.2. Требования безопасности.....20
1.2.1. Общие требования безопасности при работе с вооружением и военной техникой.....21
1.2.2. Требования безопасности при обращении со стрелковым оружием, проведении стрельб и метании гранат.....25
1.2.3. Требования безопасности при организации купания.....28
1.2.4. Общие требования безопасности при выполнении ремонтно-строительных работ.....29
1.2.5. Общие требования электробезопасности.....34
1.2.6. Требования пожарной безопасности.....36
1.3. Защита государственной тайны.....37

Раздел 2
ОБЩЕВОИНСКИЕ УСТАВЫ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

2. Военнослужащие и взаимоотношения между ними.....46
2.1. Права, обязанности и ответственность военнослужащих.....46
2.1.1. Общие положения общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации.....46
2.1.2. Права и обязанности военнослужащих.....50
2.1.3. Ответственность военнослужащих.....55
2.2. Взаимоотношения между военнослужащими.....57
2.2.1. Единоначалие. Командиры (начальники) и подчиненные.....57

2.2.2. Приказ (приказание), порядок его отдачи и выполнения ... 59
2.2.3. О воинской вежливости и поведении военнослужащих ... 61
Вопросы для контроля и самопроверки ... 64

3. Внутренний порядок ... 66

3.1. Размещение военнослужащих ... 67
3.2. Распределение времени и внутренний порядок в повседневной деятельности военнослужащих ... 72
3.3. Суточный наряд ... 78
3.3.1. Подготовка и развод суточного наряда ... 80
3.3.2. Обязанности лиц суточного наряда подразделения ... 82
Вопросы для контроля и самопроверки: ... 87

4. Воинская дисциплина ... 89

4.1. Сущность воинской дисциплины. ... 89
4.2. Поощрения и их виды, права командиров (начальников) по применению поощрений к подчиненным ... 97
4.3. Порядок применения поощрений ... 104
4.4. Дисциплинарная ответственность военнослужащих ... 107
4.5. Дисциплинарные взыскания, применяемые к военнослужащим. Права командиров (начальников) по применению дисциплинарных взысканий ... 112
4.6. Порядок применения и исполнения дисциплинарных взысканий. ... 118
Вопросы для контроля и самопроверки: ... 127

Раздел 3
СТРОЕВАЯ ПОДГОТОВКА

5. Общие положения Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации ... 133

5.1. Строи и управление ими ... 133
5.2. Сигналы для управления строем и сигналы для управления машиной ... 140
5.3. Обязанности командиров и военнослужащих перед построением и в строю ... 147
Вопросы для контроля и самопроверки: ... 148

6. Строевые приемы и движение без оружия 149
6.1. Строевая стойка 149
6.2. Выполнение команд «РАВНЯЙСЬ», «СМИРНО», «ВОЛЬНО», «ЗАПРАВИТЬСЯ», «Головные уборы – СНЯТЬ (НАДЕТЬ)» 153
6.3. Повороты на месте 157
6.4. Движение шагом и бегом. Строевой и походный шаг 160
6.5. Повороты в движении 169
Вопросы для контроля и самопроверки 174

7. Выполнение воинского приветствия без оружия. Подход к начальнику и отход от него 175
7.1. Выполнение воинского приветствия на месте и в движении 175
7.2. Выход из строя, подход к начальнику, отход от него и возвращение в строй 180
Вопросы для контроля и самопроверки 187

8. Строевые приемы и движение с оружием 188
8.1. Выполнение строевой стойки с оружием 188
8.2. Выполнение приемов с автоматом на месте: «Ремень – ОТПУСТИТЬ (ПОДТЯНУТЬ)», «Положить – ОРУЖИЕ», «К ОРУЖИЮ», «В РУЖЬЕ» 189
8.3. Выполнение приемов с автоматом на месте: «Автомат на – ГРУДЬ», «На ре-МЕНЬ», «Оружие – ЗА СПИНУ» 194
8.4. Повороты и движение с оружием 199
8.5. Выполнение воинского приветствия с оружием на месте и в движении 200
8.6. Выход из строя и возвращение в строй. Подход к начальнику и отход от него 202
Вопросы для контроля и самопроверки 202

9. Строй взвода 204
9.1. Выполнение строевых приемов взводом в развернутом и походном строях (построение, выравнивание, размыкание и смыкание, перестроение) 204
9.2. Выполнение воинского приветствия взводом в строю 215
Вопросы для контроля и самопроверки 216

Раздел 4
ОГНЕВАЯ ПОДГОТОВКА

10.Сведения из внутренней и внешней баллистики 219
10.1. Сведения из внутренней баллистики 219
10.1.1. Выстрел и его периоды 220
10.1.2. Начальная скорость пули. Отдача и угол вылета 224
10.1.3. Прочность ствола. Действия пороховых газов на ствол и меры по его сбережению 229
10.2. Сведения из внешней баллистики 237
10.2.1. Траектория и ее элементы. Форма траектории и ее практическое значение. Виды траекторий 238
10.2.2. Прямой выстрел. Поражаемое, прикрытое и мертвое пространства 250
10.2.3. Влияние условий стрельбы на полет пули 254
Вопросы для контроля и самопроверки 257

11. Пистолет Макарова 258
11.1. Назначение и боевые свойства 260
11.2. Устройство 261
11.3. Назначение частей и механизмов. 262
11.4. Работа автоматики пистолета 268
11.5. Работа частей и механизмов 269
11.5.1. Работа частей и механизмов при заряжании 270
11.5.2. Работа частей и механизмов заряженного пистолета при включении предохранителя 272
11.5.3. Работа частей и механизмов пистолета при выстреле 273
11.6. Задержки при стрельбе из пистолета и способы их устранения 275
11.7. Разборка и сборка пистолета 277
11.7.1. Порядок неполной разборки 278
11.7.2. Сборка пистолета после неполной разборки 279
11.8. Осмотр и подготовка к стрельбе пистолета и патронов, уход и сбережение 281
Вопросы для контроля и самопроверки: 286

12. Автомат (ручной пулемет) Калашникова 288
12.1. Назначение и боевые свойства 291

12.2. Устройство 294
12.3. Назначение частей и механизмов 295
12.4. Работа автоматики....306
12.5. Работа частей и механизмов. 307
12.5.1. Работа частей и механизмов при заряжании 308
12.5.2. Работа частей и механизмов при автоматической стрельбе 310
12.5.3. Работа частей и механизмов при стрельбе одиночными выстрелами....312
12.6. Задержки при стрельбе из автомата (ручного пулемета) и способы их устранения 314
12.7. Разборка и сборка автомата (ручного пулемета) 316
12.7.1. Порядок неполной разборки....317
12.7.2. Порядок сборки после неполной разборки 321
12.8. Уход за автоматом (ручным пулеметом) 322
Вопросы для контроля и самопроверки....323

13. Ручные осколочные гранаты 325

13.1. Назначение и устройство 325
13.1.1. Назначение и устройство гранаты РГД-5 326
13.1.2. Назначение и устройство гранаты Ф-1 328
13.1.3. Назначение и устройство запала УЗРГМ 329
13.1.4. Назначение и устройство гранаты РГН....331
13.1.5. Назначение и устройство гранаты РГО....333
13.1.6. Назначение и устройство запала УДЗ....334
13.2. Работа частей и механизмов гранат 336
13.2.1. Работа частей и механизмов гранат, оснащенных запалом УЗРГМ....336
13.2.2. Работа частей и механизмов гранат, оснащенных запалом УДЗ 338
13.3. Меры безопасности при обращении с гранатами....339
Вопросы для контроля и самопроверки 341

14. Боеприпасы для стрелкового оружия....342

14.1. Назначение патронов и их классификация 343
14.2. Устройство и принцип действия патронов 348
14.2.1. Назначение, классификация и устройство пуль 349
14.2.2. Назначение и устройство гильз....358

14.2.3. Метательные заряды 361
14.2.4. Капсюли-воспламенители 366
Вопросы для контроля и самопроверки 367

15. Правила стрельбы из стрелкового оружия 369

15.1. Общие положения 369
15.2. Измерение углов и определение расстояний. 381
15.3. Установка прицела 391
15.4. Поправки стрельбы 393
15.5. Выбор вида, способа и момента открытия огня. Ведение огня, наблюдение за его результатами и его корректирование 397
15.6. Правила стрельбы из автомата, ручного пулемета Калашникова 402
Вопросы для контроля и самопроверки: 410

Заключение 412

Литература 413

Введение

Для подготовки к вооруженной защите и вооруженной защиты Российской Федерации, целостности и неприкосновенности ее территории организуется оборона страны, целями которой являются создание условий для мирного социально-экономического развития Российской Федерации и обеспечение ее военной безопасности. При этом особое внимание уделяется подготовке Вооруженных Сил к обеспечению защиты государства от вооруженного нападения.

Одним из основных видов подготовки Вооруженных Сил Российской Федерации является боевая подготовка, представляющая собой целенаправленный, организованный процесс воинского обучения и воспитания личного состава, слаживания подразделений, воинских частей, соединений и их органов управления для выполнения боевых и других задач в соответствии с их предназначением. Боевая подготовка является основным содержанием повседневной деятельности командиров, органов управления и войск. Она проводится как в мирное, так и в военное время и обусловлена потребностями государства, в первую очередь, в качественно подготовленных военнослужащих, способных успешно выполнять возложенные на них задачи.

Среди основных задач боевой подготовки следует выделить задачи, непосредственно выполняемые в военном учебном центре:

обучение на требуемом уровне к военно-профессиональной подготовке граждан по военно-учетным специальностям в соответствии с программами военной подготовки офицеров, сержантов и солдат запаса;

разработка средств и приемов совершенствования методических систем обучения и воспитания, отдельных методов с учетом специфики войск, особенностей подготовки военных специалистов по военно-учетным специальностям;

дальнейшая разработка и конкретизация содержания обучения и воспитания в соответствии с происходящими изменениями в жизни общества и его Вооруженных Сил, с учетом совершенствования

вооружения и военной техники, способов боевых действий, необходимости постоянного повышения боеготовности.

В военном учебном центре при организации и проведении обучения граждан по военно-учетным специальностям соблюдаются следующие принципы:

соответствие направленности обучения государственной идеологии, положениям Военной доктрины Российской Федерации;

научность, систематичность и последовательность обучения;

коллективный и индивидуальный подход к обучению;

учить войска тому, что необходимо на войне;

обучение от простого – к сложному;

сознательность, активность и самостоятельность обучаемых;

единство обучения и воинского воспитания.

Методическое направление обучения по учебному модулю «Общевоенная подготовка» представляет собой последовательное формирование у обучаемых военно-профессиональных компетенций, результатами которых являются знания, умения и навыки. При этом знания передаются в форме лекций, бесед, рассказов, показов кино- и видеофильмов, показов практических действий войск. Умения формируются в ходе проведения групповых занятий, тренировок и тренажей. Навыки формируются преимущественно в тех формах обучения, где основным методом является практическая работа. Это прежде всего относится к групповым упражнениям и практическим занятиям, а также к тактическим и тактико-специальным учениям, проводимым, как правило, в форме ротных тактических учений на заключительном этапе обучения учебных сборов.

Венцом методического направления обучения по учебному модулю «Общевоенная подготовка» является учебное пособие «Общевоенная подготовка», которое состоит из двух частей, включающих разделы:

Раздел 1. Управление подразделениями в мирное время.

Раздел 2. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации.

Раздел 3. Строевая подготовка.

Раздел 4. Огневая подготовка.

Раздел 5. Военно-политическая подготовка.

Учебное пособие «Общевоенная подготовка: Часть 1» предназначено для изучения учебного модуля «Общевоенная подготовка» студентами, обучающимися по программам военной подготовки солдат, сержантов и офицеров запаса. Учебное пособие целесообразно использовать на первом этапе обучения, по окончании которого каждый обучающийся должен:

Знать: положения Общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации; требования Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации; основы и правила стрельбы из стрелкового оружия; материальную часть стрелкового оружия и ручных гранат;

Уметь: применять положения Общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации при организации повседневной деятельности подразделения; выполнять строевые приемы с оружием и без оружия; управлять строями подразделения; применять стрелковое оружие и ручные гранаты по предназначению;

Владеть: навыками применения положений Общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации при организации повседневной деятельности подразделения; командами и способами управления строями подразделения.

Учебное пособие «Общевоенная подготовка: Часть 2» предназначено для изучения учебного модуля «Общевоенная подготовка» студентами, обучающимися по программам военной подготовки сержантов и офицеров запаса. Учебное пособие целесообразно использовать на втором этапе обучения.

По окончании второго этапа обучения каждый обучающийся должен:

Знать: государственную политику в области обороны и военной безопасности, решения Президента и Министра обороны Российской Федерации по вопросам строительства и совершенствования Вооруженных Сил; военно-исторические события для воспитания подчиненного личного состава на примерах отечественной военной истории, воинских традиций российской армии; правовые положения законодательства Российской Федерации, регламентирующие обеспечение законности, правопорядка и воинской дисциплины в подразделении; основы организации боевой подготовки в подразделении; организацию режима секретности и несекретного делопроизводства.

Уметь: разрабатывать основные документы по боевой подготовке в подразделении;

Владеть: навыками разработки основных документов по боевой подготовке в подразделении.

Учебное пособие «Общевоенная подготовка» будет способствовать расширению кругозора студентов, обучающихся в военном учебном центре, систематизации их знаний в отрасли науки «Военная наука». Учебное пособие может быть использовано преподавателями военного учебного центра при подготовке к проведению занятий и проведении занятий по учебному модулю «Общевоенная подготовка», а также в системе профессионально-должностной подготовки.

В учебном пособии «Общевоенная подготовка: Часть 1» на основе положений Общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации, научных положений внешней баллистики и внутренней баллистики, теории стрельбы раскрыты содержание актуальных тем учебного модуля «Общевоенная подготовка». Учебное пособие написано под общей редакцией кандидата военных наук, доцента Борисова А.Г. При написании учебного пособия усилия авторов распределились следующим образом: Борисов А.Г. – введение; раздел 1; пункт 3 раздела 2, пункты 6 – 8 раздела 3; подпункт 10.2 пункта 10 раздела 4; заключение; Анистратенко К.В. – пункты 2 и 4 раздела 2; Лубашев Е.Ю. – пункт 13 раздела 4; Оголь И.Н. – пункт 9 раздела 3; Ященко О.В. – пункт 5 раздела 3; подпункт 10.1 пункта 10, пункты 11, 12, 14 и 15 раздела 4.

Раздел 1

УПРАВЛЕНИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ В МИРНОЕ ВРЕМЯ

1. Безопасность военной службы

1.1. Общие положения

Военный учебный центр проводит обучение граждан по программам военной подготовки офицеров, сержантов и солдат запаса.

Распорядком дня военного учебного центра определены проводимые мероприятия, время и продолжительность их проведения:

№	Проводимые мероприятия	Время проведения	Продолжительность
1.	Утренний осмотр	7.30-7.45	15
2.	Подъем государственного флага Российской Федерации	7.45-7.50	5
3.	Развод и следование на учебные занятия	7.50-8.00	10
4.	Учебные занятия: 1 час	8.00-8.45	45
	2 час	8.50-9.35	45
	3 час	9.50-10.35	45
	4 час	10.40-11.25	45
	5 час	11.55-12.40	45
	6 час	12.45-13.30	45
5.	Обед: для сотрудников	12.00-13.00	60
	для студентов	11.25-11.55	30
6.	Самостоятельная работа 1 час	13.40-14.25	45
	Самостоятельная работа 2 час	14.30-15.15	45
	Самостоятельная работа 3 час	15.25-16.10	45
	Военно-политическая работа, тренировки, информирование, подведение итогов	16.20-16.45	25
7.	Окончание рабочего дня	16.45	

При проведении мероприятий распорядка дня особое внимание уделяется безопасности военной службы [9].

Безопасность военной службы заключается в поддержании в военном учебном центре условий военной службы и порядка ее несения, обеспечивающих защищенность личного состава и каждого военнослужащего в отдельности, а также местного населения, его имущества и окружающей среды от воздействия опасных факторов военной службы, возникающих в ходе повседневной деятельности военного учебного центра.

Общими условиями обеспечения безопасности военной службы в военном учебном центре являются:

поддержание воинской дисциплины;

обеспечение удовлетворительного морально-психологического состояния и состояния здоровья военнослужащих;

обеспечение пожарной безопасности;

соблюдение внутреннего порядка;

обеспечение социальной защиты военнослужащих в соответствии с требованиями федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации;

обеспечение удовлетворительного санитарно-эпидемического состояния военного учебного центра.

Каждый военнослужащий должен строго соблюдать требования безопасности военной службы. В этих целях он **обязан:**

изучать безопасные методы и приемы исполнения своих должностных и специальных обязанностей, инструктироваться по требованиям безопасности военной службы, стажироваться на месте исполнения указанных обязанностей, а также проходить проверки теоретических знаний и практических навыков по выполнению требований безопасности;

правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты, а в необходимых случаях уметь использовать лечебно-профилактические средства и оказывать первую помощь;

немедленно докладывать своему непосредственному командиру (начальнику) о любой сложившейся по вине военнослужащих ситуации, угрожающей жизни и здоровью военнослужащих, жизни, здоровью и имуществу местного населения либо причинением вре-

да окружающей среде, а также о каждом факте получения им или другим военнослужащим увечий (ранений, травм, контузий) при выполнении мероприятий повседневной деятельности или об ухудшении состояния своего здоровья;

проходить в установленные сроки медицинские осмотры (обследования).

Все военнослужащие обязаны знать и соблюдать требования пожарной безопасности на объектах военного учебного центра и уметь обращаться со средствами пожаротушения. Военнослужащий при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) обязан незамедлительно принять меры по вызову пожарной команды и тушению пожара всеми имеющимися средствами, а также по спасению людей, сохранению вооружения, военной техники и другого военного имущества.

Основными мероприятиями по обеспечению безопасности военной службы, проводимыми в военном учебном центре являются:

обеспечение психологической устойчивости личного состава на основе анализа его морально-психологического состояния, поддержания удовлетворительной морально-психологической обстановки в воинских коллективах, создания условий для психологической совместимости и предупреждения нарушений уставных правил взаимоотношений между военнослужащими, профилактики правонарушений;

регулярная подготовка личного состава к выполнению мероприятий повседневной деятельности с изучением перед их проведением необходимых требований безопасности военной службы;

контроль за выполнением личным составом требований безопасности военной службы;

предупреждение гибели (смерти) и увечий (ранений, травм, контузий) среди военнослужащих (периодические проверки их теоретических знаний и практических навыков по выполнению требований безопасности военной службы при исполнении должностных обязанностей, обязательные медицинские осмотры (освидетельствования), в том числе с привлечением врача-психиатра);

проведение санитарно-противоэпидемических (профилактических) и иных мероприятий по охране здоровья военнослужащих;

поддержание у личного состава высокой бдительности, обеспечение точного выполнения правил несения службы суточным нарядом, другие меры, направленные на противодействие терроризму;

обеспечение пожарной безопасности и спасательных работ;

своевременное и в полном объеме обеспечение военным имуществом, ресурсами и оказываемыми услугами;

бытовое обеспечение личного состава в соответствии с установленными нормативами;

взаимодействие с органами государственной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления по вопросам реализации социальных гарантий и компенсаций, установленных законодательством Российской Федерации для военнослужащих;

другие мероприятия по предупреждению причинения вреда жизни и здоровью военнослужащих с учетом особенностей их деятельности.

При организации подготовки и проведения занятий и учений командир (начальник) обязан:

проверить исправность и подготовку обмундирования, снаряжения и средств индивидуальной защиты личного состава с учетом времени года, местности и условий проведения занятий и учений;

определить маршруты движения машин и порядок перевозки личного состава к местам занятий, через железнодорожные переезды и мосты;

организовать предрейсовую подготовку боевых машин и транспортных средств;

провести целевые инструктажи водителей транспортных средств и старших машин по требованиям безопасности при перевозке личного состава, а также специальные занятия по требованиям безопасности со всем личным составом (перед учениями);

на занятиях и учениях использовать только технически исправные вооружение и военную технику;

провести оформление всей установленной документации;

перед непосредственным выполнением каждой из задач (работ) устанавливать и доводить до личного состава требования безопасности, организовать контроль их строгого соблюдения на всех этапах занятий и учений.

При организации и проведении занятий (учений) ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

использовать для перевозки личного состава не оборудованные транспортные средства, допускать к их управлению водителей, не прошедших дополнительную подготовку, отстраненных ранее от управления;

проводить занятия вблизи электростанций, высоковольтных линий электропередач, газо- и нефтепроводов, железных дорог, обвалов, оползней и других опасных мест;

производить на маршрутах следования остановку транспортных средств на осевой линии проезжей части и на левой обочине;

отклоняться от маршрута движения;

использовать непроверенные или имеющие повреждения боеприпасы и имитационные средства.

При проведении тактических учений необходимо:

организовать выдачу установленным порядком личному составу только исправных боеприпасов и имитационных средств и контроль за их правильным применением;

провести проверку технического состояния вооружения и военной техники, привлекаемой для проведения учений;

указать личному составу порядок обозначения участков полей имитации и других опасных средств;

указать сигналы прекращения огня и порядок их подачи;

организовать в местах проведения учений патрулирование для предотвращения проникновения в районы учений посторонних людей, животных и техники.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

перевозить личный состав, вооружение и военную технику (ВВТ) на необорудованных автомобилях, платформах, вагонах и судах, а боеприпасы, взрывчатые вещества и другое имущество, опасное в обращении – в общих с личным составом колоннах подразделений;

преодолевать опасные препятствия танками, БМП и БТР с десантом на броне, наезжать на поля имитации, окопы и другие сооружения, занимаемые личным составом;

двигаться через железнодорожные переезды с поднятыми антеннами радиостанций;

на привалах личному составу выходить на левую сторону дороги, находиться между машинами и отдыхать под ними, запускать двигатели и трогаться с места без тщательного осмотра машин и прилегающей местности, курить и пользоваться открытым огнем у машин с боеприпасами, горючим и взрывчатыми веществами;

вести огонь из танков и БМП при открытых люках, а из танков – при нахождении на них десанта;

вести огонь по личному составу холостыми патронами из стрелкового оружия ближе 100 метров, а холостыми выстрелами орудий – ближе 200 метров;

бросать взрывпакеты, осветительные и сигнальные патроны в расположение подразделений, на ВВТ, а также в направлении легковоспламеняющихся предметов;

становиться на буксирные тросы и сцепки, держаться за них руками, находиться в зоне их опасного действия во время трогания и движения машин;

разворачивать радио- и радиорелейные станции ближе 100 метров от высоковольтных линий электропередачи;

производить имитацию ядерного взрыва табельными имитаторами на расстоянии ближе 250 метров от личного состава, а артиллерийского огня взрывчатыми веществами – ближе 100 метров;

сжигать имитационные дымовые гранаты и подрывать имитационные гранаты ближе 50 метров от личного состава и легковоспламеняющихся материалов;

пользоваться неисправными имитационными средствами;

подавать высокое напряжение на передатчики радиолокационных станций при нахождении личного состава в непосредственной близости от раскрыва передающих антенн;

прокладывать электровзрывные сети ближе 300 метров от электрифицированных железных дорог и мощных радиостанций.

1.2. Требования безопасности

Требования безопасности при работе с вооружением и военной техникой, обращении со стрелковым оружием, проведении стрельб и метании гранат, организации купания, выполнении ремонтно-стро-

ительных работ, а также требования электробезопасности и пожарной безопасности изложены в [1] и приведены ниже по тексту.

1.2.1. Общие требования безопасности при работе с вооружением и военной техникой

Безопасность личного состава при эксплуатации вооружения и военной техники (ВВТ) обеспечивается строгим выполнением требований уставных, распорядительных и эксплуатационных документов с учетом наличия опасных и вредных эксплуатационных факторов.

К эксплуатации ВВТ допускается личный состав, прошедший теоретическую подготовку по специальности, имеющий твердые практические навыки в работе на ВВТ в объеме функциональных обязанностей, прошедший проверку теоретических знаний и практических навыков по требованиям безопасности, медицинское обследование (освидетельствование военно-врачебной комиссией для специалистов по отдельному перечню) и признанный по состоянию здоровья годным к работе по своей специальности, а также сдавший в квалификационной комиссии соединения (части) зачеты по знанию ВВТ и правил их эксплуатации.

При эксплуатации, ремонте и обслуживании ВВТ используются штатные средства защиты, инструмент, оборудование и приспособления, предотвращающие воздействие на личный состав опасных и вредных факторов. Для поддержания их в готовности к использованию необходимо проводить: подготовку к работе; испытания и обслуживание; своевременное устранение неисправностей; своевременную проверку должностными лицами.

Перед началом работ командир (руководитель работ, контролирующее лицо) обязан лично убедится, что для их производства созданы и обеспечены безопасные условия. ***С этой целью командир (руководитель работ, контролирующее лицо):***

проверяет укомплектованность расчетов и наличие контролирующих лиц;

ставит задачу подразделениям, расчетам, номерам расчетов на проведение работ;

доводит установленным порядком требования безопасности и проверяет качество их усвоения путем контрольного опроса воен-

нослужащих (при выполнении работ с повышенной опасностью и работ на опасных объектах, проводит целевой инструктаж);

проверяет наличие у личного состава удостоверений на право самостоятельной работы;

проверяет наличие индивидуальных средств защиты;

устанавливает (контролирует) порядок и продолжительность работы в индивидуальных средствах защиты;

проверяет медицинское обеспечение работ;

ставит задачу начальнику аварийно-спасательной группы и проверяет ее готовность;

проверяет готовность к работе ВВТ по наличию в журналах учета технического состояния и формулярах записей о проведении технического обслуживания, освидетельствования объектов гостехнадзора, поверки средств измерений и диэлектрических средств защиты;

проверяет готовность и исправность систем связи, освещения, вентиляции, пожаротушения, нейтрализации, газового контроля, лифтов, а также наличия на местах плакатов и знаков безопасности, предписанных эксплуатационной документацией;

принимает (контролирует) доклады от должностных лиц о готовности личного состава и ВВТ к проведению работ.

В целях строгого выполнения требований безопасности командир (руководитель работ, контролирующее лицо):

А) во время работ:

находится на месте проведения работ, руководит ими до полного окончания и приведения ВВТ в исходное положение;

обеспечивает действенную систему контроля за выполнением операций, контролирует выполнение личным составом и представителями промышленности установленных требований безопасности;

лично контролирует выполнение операций, определенных эксплуатационной документацией, и требует их полного и качественного выполнения;

организует операционный контроль всего технологического цикла работ, в том числе строгий контроль наиболее ответственных и сложных операций;

решительно пресекает любые несанкционированные действия личного состава и нарушения требований безопасности;

в случае возникновения аварийной ситуации или неисправности подает команду «Стоп», немедленно докладывает по команде и принимает меры в соответствии с инструкциями и эксплуатационной документацией;

руководит личным составом при ликвидации последствий аварий, катастроф, пожаров;

Б) после окончания работ:

проверяет приведение агрегатов и систем в исходное положение;

проверяет наличие личного состава, выполнявшего работы;

проверяет приведение рабочих мест в безопасное состояние;

проверяет наличие записей в эксплуатационных документах о проведенных работах и подписей лиц, руководивших работами, исполнявших и контролировавших их;

подводит итоги работ, обращает внимание на имевшиеся нарушения требований безопасности;

докладывает по команде об итогах проведения работ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

проводить работы на ВВТ без руководства и постоянного наблюдения должностных лиц или руководителей работ;

изменять объем, технологию и последовательность операций, предусмотренных эксплуатационной документацией;

отключать технические средства блокировки и предупреждения об опасности;

применять при работах на ВВТ не табельное оборудование, аппаратуру и инструмент;

работать с помощью неисправного оборудования, аппаратуры, инструмента;

применять приборы, сосуды, работающие под давлениебм, и грузоподъемные средства, не прошедшие положенного переосвидетельствования;

пользоваться переносными электролампами с напряжением выше 36 В.

Образец ВВТ (агрегат, система) не отвечает условиям безопасности, если:

имеются дефекты, выходящие за нормы браковки;

на вращающихся (подвижных) и токоведущих частях узлов и механизмов отсутствуют (или неисправны) штатные ограждения и защитные устройства;

неисправны приборы безопасности, предохранительные и заземляющие устройства;

не укомплектован пригодными и испытанными в срок средствами защиты;

эксплуатируется с истекшими сроками технического освидетельствования узлов, частей и приборов гостехнадзора и энергонадзора;

хранение применяемых ядовитых технических жидкостей не отвечает требованиям руководящих документов;

неисправны блокировки, световая и звуковая сигнализация;

имеются другие технические нарушения и отступления от эксплуатационной документации для конкретного образца (системы, узла), представляющие угрозу для жизни и здоровья людей.

Основными мероприятиями по предупреждению аварий и катастроф с ВВТ являются:

проведение всесторонних проверок водительского состава боевых машин и базовых шасси, отстранение от управления машинами недисциплинированных и плохо подготовленных водителей (механиков-водителей), а также по медицинским противопоказаниям;

систематическое изучение личным составом опасных факторов на образцах ВВТ, механизма и условий их воздействия на организм человека;

поддержание ВВТ и элементов паркового оборудования в исправном состоянии;

оборудование рабочих мест, постов средствами диагностики, пожаротушения и медицинскими средствами;

тщательная организация маршей, подготовка и оборудование маршрутов с учетом особенностей движения в ночное время и трудных погодных условиях;

постоянное совершенствование навыков вождения у водительского состава;

организация работы контрольно-технических пунктов и укомплектование их технически грамотными и требовательными специалистами;

ограничение скорости и четкая организация движения в парках, при постановке (заезде) машин на места стоянки (в сооружения);

подготовка водительского и личного состава подразделений для действий в аварийных (нештатных) ситуациях.

1.2.2. Требования безопасности при обращении со стрелковым оружием, проведении стрельб и метании гранат

Безопасность личного состава при обращении со стрелковым оружием, проведении стрельб и метании гранат обеспечивается четкой организацией занятий, строгим соблюдением требований Курса стрельб, установленных требований безопасности, высокой дисциплинированностью военнослужащих.

Личный состав, не усвоивший требований безопасности при обращении со стрелковым оружием и боеприпасами, к проведению занятий не допускается.

Заряжать оружие разрешается только после сигнала «Огонь» на огневом рубеже или после прохождения рубежа открытия огня, а при стрельбе из БМП и БТР, кроме того, когда дульная часть ствола оружия находится в бойнице или за бортом БМП (БТР). Перед каждым заряжанием оружия нужно убедиться в отсутствии в стволе посторонних предметов (грязи).

На рубеже прекращения огня оружие разряжается, производится контрольный спуск, после чего стреляющий докладывает, что оружие разряжено. Затем производится осмотр оружия. Разряжание и осмотр оружия при стрельбе из БМП (БТР) производится без отвода дульной части ствола из бойницы или с борта.

При стрельбе ночью в пешем порядке стреляющие должны иметь на спине сигнальный фонарь; на боевых стрельбах и тактических учениях с боевой стрельбой гранатометчики обозначаются фонарями, флагами отделений (взводов), на БМП (БТР) фонари устанавливаются на башне.

Выход экипажей из боевых машин при возникновении неисправностей осуществляется с разрешения руководителя учений (занятий) после того, как оружие разряжено и ему придан максимальный угол возвышения.

Стрельба боевыми противотанковыми гранатами по бронированным целям должна вестись гранатометчиками из окна незамкнутого укрытия, личный состав должен находиться не ближе 300 метров от цели.

При стрельбе из РПГ следует защищать уши подручными средствами (ватой и т.п.), а зимой опускать клапаны шапки-ушанки.

По окончании стрельб проверяется расход боеприпасов, у личного состава изымаются неизрасходованные боеприпасы, осматривается оружие, проверяются магазины, коробки и ленты. Специалисты службы РАВ осматривают вооружение, установленное на бронеобъектах.

ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРЕЛЬБ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВЕСТИ ОГОНЬ:

за пределы направлений стрельбы или по укрытию (блиндажу), над которым поднят флаг (фонарь);

противотанковыми управляемыми ракетами (реактивными гранатами) поверх подразделений и в непосредственной близости от них, а также из всех видов оружия по фонарям красного света;

до выхода на рубеж открытия огня;

после сигнала «Отбой» (команды «Прекратить огонь») и после поднятия белого флага (фонаря) на укрытии (блиндаже), командном пункте;

из неисправного оружия или неисправными боеприпасами.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

заряжать оружие до команды руководителя и сигнала «Огонь»;

направлять оружие независимо от того, заряжено оно или нет на людей, в сторону от направления ведения огня, в тыл стрельбища;

оставлять заряженное оружие или передавать его другим лицам;

находиться людям или оставлять боеприпасы в секторе распространения реактивной струи гранатомета ближе 30 метров, упирать казенный срез ствола гранатомета в какие-либо предметы или грунт;

применять гранаты, имеющие наружные повреждения, снимать предохранительные колпачки с головных частей взрывателей боевых гранат при стрельбе в дождь, град или сильный снег;

вести огонь из гранатомета через кустарник или высокую траву;

выдавать стреляющему гранаты к РПГ-7 с ненадетыми на оперение кольцами;

стрелять из РПГ-7 с левого плеча, а из СПГ-9 без шлема;

при стрельбе из окопа казенный срез ствола РПГ-7 располагать ближе 2 метров, а СПГ-9 ближе 9 метров от задней стенки окопа;

стрелять из автомата с приборами бесшумной и беспламенной стрельбы (ПБС), непредназначенными для этих целей боеприпасами.

Ведение огня стреляющим прекращается самостоятельно немедленно при:

появлении людей, машин и животных в районах целей;

появлении самолетов, вертолетов в плоскости стрельбы;

поднятии белого флага (фонаря) на командном пункте (блиндаже);

возникновении пожара на мишенном поле;

потере ориентиров стреляющим;

отставании от соседних БМП (БТР) более, чем на 100 метров.

К метанию боевых гранат допускается личный состав, успешно выполнивший упражнения по метанию учебных и учебно-имитационных гранат и усвоивший требования безопасности при обращении с боевыми гранатами.

При метании боевых гранат должны соблюдаться следующие требования:

весь личный состав должен быть в стальных шлемах;

перед заряжанием производится осмотр гранат и запалов, в случае обнаружения неисправностей следует немедленный доклад руководителю занятий;

вставлять запал разрешается только перед метанием гранаты по команде руководителя;

метание осколочных, оборонительных и противотанковых гранат осуществляется только из окопа или из-за укрытия, непробиваемого осколками, под руководством офицера;

выходить из окопа (из-за укрытия) разрешается по истечении 10 с после взрыва оборонительной и противотанковой гранаты;

при метании нескольких гранат подряд каждую последующую гранату бросать по истечении 5 с после взрыва предыдущей;

разряжание неиспользованных гранат производится только по команде и под непосредственным контролем руководителя;

руководитель занятия организует ведение учета неразорвавшихся гранат, обозначение мест их падения красными флажками и их

уничтожение по окончании метания гранат подрывом на месте согласно правилам, изложенным в Руководстве по хранению и сбережению артиллерийского вооружения и боеприпасов в войсках;

район метания гранат оцепляется в радиусе не менее 300 метров;

личный состав, не занятый метанием гранат, отводится в укрытие или на безопасное удаление от огневого рубежа (не ближе 350 метров);

исходное положение для метания гранат обозначается белыми флажками, огневой рубеж – красными;

пункт выдачи гранат и запалов оборудуется в укрытии (блиндаже) не ближе 25 метров от исходного положения.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

разбирать боевые гранаты и устранять в них неисправности;

переносить гранаты вне сумок (подвешенными за кольцо, предохранительные чеки);

приближаться без команды и трогать неразорвавшиеся гранаты.

1.2.3. Требования безопасности при организации купания

Командиром части определяются продолжительность купального сезона, место, время и порядок купания и занятий на воде. Одиночное купание солдат и сержантов категорически запрещается.

Место для купания и занятий на воде должно быть тщательно подготовлено, хорошо обозначено и иметь ограничительные знаки.

При необходимости организуется дежурство в районе водоема и патрулирование в целях недопущения одиночного и неорганизованного купания личного состава.

Для поддержания порядка во время купания и занятий на воде назначается дежурный из числа офицеров или прапорщиков, один или несколько дневальных и выделяется дежурный фельдшер для оказания медицинской помощи. Места купания должны быть обеспечены необходимыми средствами спасания, в зависимости от типа и величины водоема. Во время купания дежурный и дневальные ведут наблюдение за купающимися с берега, а при необходимости – с лодки.

Во время купания подразделения из его состава выделяется команда подготовленных пловцов, умеющих оказывать помощь на воде и обученных приемам спасания.

При организации и проведении занятий на воде необходимо:

выявить не умеющих плавать военнослужащих и организовать для них специальные занятия по обучению;

проверять количество военнослужащих, участвующих в занятии, перед заходом в воду и после выхода из воды;

прекращать занятия на воде при появлении у занимающихся признаков переохлаждения (озноб, посинение губ и др.);

запрещать во время прыжков в воду с вышки плавание возле нее.

Занятия по обучению плаванию проводятся в специально отведенных местах, где глубина водоемов и скорость течения обеспечивают безопасность военнослужащих.

Ныряние и прыжки в воду разрешаются только с мостиков и вышек в специально отведенных местах, где глубина водоемов обеспечивает безопасность личного состава.

Командир подразделения обязан:

перед началом купального сезона провести со всеми категориями военнослужащих целевой инструктаж по требованиям безопасности при купании;

в течение летнего сезона систематически проводить разъяснительную работу о порядке купания, соблюдения требований безопасности и строгой дисциплины при проведении занятий на воде.

1.2.4. Общие требования безопасности при выполнении ремонтно-строительных работ

В целях обеспечения безопасности личного состава при выполнении ремонтно-строительных работ должны разрабатываться общие и специальные нормы, правила, инструкции и указания по технике безопасности на основе соответствующих ГОСТов и СниПов, приказов и директив Министра обороны и других начальников.

При проведении ремонтных и строительных работ целесообразно назначать приказом непосредственного руководителя – начальника строительства, а при необходимости его заместителя по

материально-техническому обеспечению, на которых возлагается обеспечение и контроль соблюдения требований безопасности всеми военнослужащими, привлекаемыми для работ на данном объекте, а также правил безопасной эксплуатации машин и механизмов, задействованных в производственном процессе.

На начальника строительства возлагается организация взаимодействия с органами КЭЧ района, гостех- и энергонадзора в вопросах установления и поддержания безопасных условий труда и санитарии, выполнения требований допуска личного состава к работам и организации эксплуатации машин и механизмов.

Перед началом работ необходимо:

провести первичный инструктаж по утвержденной программе, установить порядок доведения до личного состава требований безопасности перед каждым выполнением работ (проведения целевых инструктажей перед выполнением работ с повышенной опасностью и работ на опасных объектах) и контроля за их проведением;

обеспечить личный состав необходимой спецодеждой, обувью, предохранительными приспособлениями;

проверить техническое состояние и определить порядок эксплуатации машин и механизмов;

провести специальное занятие по обучению личного состава требованиям безопасности непосредственно на рабочих местах (по необходимости);

организовать систему контроля за соблюдением технологических процессов, поддержанием рабочих мест в безопасном состоянии.

При организации строительной площадки следует установить опасные для людей зоны, в пределах которых на них кратковременно могут воздействовать опасные производственные факторы.

Границы опасных зон вблизи движущихся частей и рабочих органов машин и механизмов устанавливаются на расстоянии, исключающем воздействие опасных факторов за их пределами, но не ближе 5 метров от машин и механизмов.

Строительная площадка на территории жилого городка, административно-хозяйственной зоны или на территории действующих предприятий должна ограждаться.

Ограждение, примыкающее к местам массового прохода людей, оборудуется сплошным защитным козырьком.

Строительная площадка, участки работ, рабочие места, проезды и проходы к ним в темное время суток должны быть освещены. Производство работ в неосвещенных местах не допускается.

Скорость движения автотранспорта вблизи мест производства работ не должна превышать 10 км/час на прямых участках и 5 км/час на поворотах.

Ширина проходов к рабочим местам и на рабочих местах должна быть не менее 0,6 метра, высота проходов – не менее 1,8 метра.

Переносные лестницы перед эксплуатацией необходимо испытывать статической нагрузкой (120 кгс), приложенной к одной из ступеней в середине пролета лестницы.

Складировать материалы и оборудование на рабочих местах следует так, чтобы они не создавали опасность при выполнении работ и не загромождали проходы.

Не допускается пользоваться открытым огнем в радиусе 50 метров от места складирования материалов, содержащих легковоспламеняющиеся, взрывчатые или вредные вещества.

Лакокрасочные, изоляционные, отделочные и другие материалы, выделяющие взрывоопасные или вредные вещества, разрешается хранить на рабочих местах в количествах, не превышающих сменной потребности.

Сбрасывать мусор без желобов разрешается с высоты не более 3 метров. Места, на которые сбрасывается мусор, следует со всех сторон огородить или установить надзор для предупреждения опасности.

Не допускается разбирать строения одновременно в нескольких ярусах по одной вертикали, а также обрушивать разбираемые конструкции на перекрытия.

Уровень кладки после каждого перемещения средств подмащивания должен быть не менее, чем на 0,7 метра выше уровня рабочего настила или перекрытия.

В случае необходимости производства кладки ниже этого уровня кладку надлежит выполнять, применяя предохранительные пояса или специальные сетчатые защитные ограждения.

Не допускается кладка наружных стен толщиной до 0,75 метров в положении стоя на стене.

Не допускается кладка стен зданий последующего этажа без установки несущих конструкций междуэтажного перекрытия, а также площадок и маршей в лестничных клетках.

Обрабатывать естественные камни в пределах территории строительной площадки следует в специально выделенных местах, где не допускается нахождение лиц, не участвующих в данной работе.

При установке элементов опалубки в несколько ярусов каждый последующий ярус следует устанавливать только после закрепления нижнего яруса.

Размещение на опалубке оборудования и материалов, не предусмотренных проектом производства работ, а также пребывание людей, непосредственно не участвующих в производстве работ, на настиле опалубки не допускается.

Разборка опалубки должна производится (после достижения бетоном заданной прочности) с разрешения производителя работ.

Заготовка и обработка арматуры должны выполняться в специально предназначенных и оборудованных местах.

Складирование заготовленной арматуры производится в специально подготовленных местах.

Торцевые части стержней арматуры в местах общих проходов, имеющих ширину менее 1 метра, закрываются щитами.

Состояние тары, опалубки и средств подмащивания проверяется ежедневно перед началом укладки бетона.

При уплотнении бетонной смеси электровибраторами не допускается перемещение вибратора за токоведущие шланги, а при перерывах в работе и при переходе с одного места на другое электровибраторы выключаются.

Средства подмащивания, применяемые для штукатурных или малярных работ, в местах, под которыми ведутся работы или есть проход, должны иметь настил без зазоров.

Для просушивания помещений строящихся зданий при невозможности использования систем отопления следует применять воздухонагнетатели (электрические или работающие на жидком топли-

ве), при установке которых следует выполнять требования Правил пожарной безопасности при производстве строительно-монтажных работ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

обогревать и сушить помещения жаровнями и другими устройствами, выделяющими продукты сгорания топлива;

в местах применения нитрокрасок и других лакокрасочных материалов и составов производить действия с применением огня или искровызывающим оборудованием. Электропроводка в этих местах должна быть выполнена во взрывобезопасном исполнении.

При выполнении малярных работ с применением составов, содержащих вредные вещества, следует соблюдать санитарные правила при окрасочных работах с применением ручных распылителей.

Места, над которыми производятся стекольные работы, необходимо огораживать.

До начала стекольных работ надлежит визуально проверить прочность и исправность оконных переплетов.

Допуск личного состава к выполнению кровельных работ производится после осмотра мастером совместно с бригадиром исправности и надежности конструкции крыши и ограждения.

При выполнении работы на крыше с уклоном более 20 градусов личный состав должен применять страховочные пояса, места закрепления которых указываются руководителем работ.

Элементы и детали кровель, звенья водосточных труб, сливы, свесы и т.д. следует подавать на рабочие места в заготовленном виде. Заготовка указанных элементов и деталей непосредственно на крыше не допускается.

Если вес груза превышает 60 кг или подъем его осуществляется на высоту более 3 метров, то погрузочно-разгрузочные работы в обязательном порядке механизируются.

Площадки для таких работ должны быть спланированы и иметь уклон не более 5 % с указателями въезда, разворота и выезда транспорта.

Перед погрузкой или разгрузкой железобетонных конструкций монтажные петли должны быть осмотрены и при необходимости выправлены без повреждения конструкции.

При загрузке (разгрузке) автомобилей кранами водителю и другим лицам запрещается находиться в кабине автомобиля, не защищенного козырьком.

Переноска грузов на носилках допускается только по горизонтальному пути на расстояние не более 50 метров.

Если вес груза превышает 50 кг, то подъем его га спину грузчика и съем со спины должны производить два человека.

Погрузку и разгрузку пылевидных материалов (цемента, гипса, извести и т.п.) следует обязательно механизировать. Если эти грузы небольшие по объему и работы ведутся вручную, то необходимо обеспечить личный состав спецодеждой и респираторами с полноценными фильтрами, которые должны меняться не реже одного раза в смену. К работе в качестве такелажников-стропальщиков допускается личный состав, прошедший специальное обучение и получивший соответствующее удостоверение.

При необходимости перемещения горячего битума на рабочих местах вручную следует применять металлические бачки, имеющие форму усеченного конуса, обращенного широкой частью вниз, с плотно закрывающимися крышками. Не допускается использовать в работе битумные мастики температурой выше 180 градусов С.

При выполнении работ с применением горячего битума несколькими рабочими звеньями расстояние между ними должно быть не менее 10 метров.

Стекловату и шлаковату следует подавать к месту работы в контейнерах или пакетах, соблюдая условия, исключающие их распыление.

При приготовлении грунтовки, состоящей из растворителя битума, следует расплавленный битум вливать в растворитель. Не допускается вливание растворителя в расплавленный битум.

При выполнении изоляционных работ на всех рабочих местах необходимо строго выполнять требования пожарной безопасности.

1.2.5. Общие требования электробезопасности

Все имеющиеся части электроустановки должны систематически проверяться должностными лицами в сроки, определяемые их должностными обязанностями, требованиями правил электробезопасности.

При поступлении электроустановки в часть для ее приемки приказом по части назначается комиссия, в состав которой должно входить лицо, ответственное за электрохозяйство части. Приемка электроустановки оформляется актом технического состояния, о вводе ее в строй объявляется приказом по части.

К эксплуатации и обслуживанию электроустановок допускается личный состав, прошедший подготовку по устройству и безопасной эксплуатации электроустановок, имеющий необходимую квалификационную группу по электробезопасности и удовлетворяющий по состоянию здоровья соответствующим требованиям.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

допускать к эксплуатации электроустановок личный состав, не имеющий соответствующую квалификационную группу;

оставлять без наблюдения работающую электроустановку;

подсоединять и отсоединять кабели, находящиеся под напряжением, заменять предохранители под нагрузкой;

при исчезновении напряжения приступать к работам на данном оборудовании, проникать в заграждения, касаться токоведущих частей, не отключив соответствующий участок или всю электроустановку;

работать под напряжением с применением ножовок, напильников, металлических метров и. т. п.;

оставлять оголенными концы проводов, даже не находящихся под напряжением;

при обнаружении замыкания на землю приближаться к месту замыкания ближе 4 метров в закрытых и 8 метров в открытых распределительных устройствах;

при осмотре снимать предупредительные плакаты, ограждения, проникать за них, касаться токоведущих частей и их изоляции, производить их обтирку, чистку, устранять обнаруженные неисправности;

использовать для работы в электроустановках длинномерные лестницы, ящики, табуретки и другие посторонние предметы;

при работе под напряжением использовать неисправные и непроверенные (срок действия, которых истек) изолированный инструмент и защитные средства.

Работы в осветительных и силовых сетях следует производить только после отключения питающих трансформаторов и вывешива-

ния соответствующих указателей и предупредительных знаков. Подключение к сетям вспомогательного оборудования (трансформаторов, преобразователей частоты, защитно-отключающих устройств и т. п.) и его отключение производятся электротехническим персоналом с квалификационной группой по электробезопасности не ниже третьей. Подключение электросварочного трансформатора к питающей сети необходимо производить после проверки его исправности, схемы подключения проводов и надежного заземления. Длина питающего кабеля не должна превышать 10 метров. **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** подключать трансформатор к питающей сети без рубильника, автомата и других коммутационных аппаратов. Проверять наличие напряжения в сети разрешается только специальными приборами (переносной вольтметр, указатель напряжения). Аварийные работы под напряжением не выше 380 В разрешается проводить в присутствии наблюдающего, имеющего квалификационную группу по электробезопасности не ниже четвертой, с обязательным использованием установленных средств защиты и инструмента.

1.2.6. Требования пожарной безопасности

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

пользоваться неисправными печами, применять для растопки горючие жидкости, оставлять, сушить одежду на печах, дымоходах, топить печи в часы отдыха личного состава;

отогревать замерзшие трубы в зданиях открытым огнем;

устраивать в подвальных помещениях зданий мастерские и склады, связанные с обработкой или хранением горючих жидкостей и материалов;

преграждать доступ к средствам пожаротушения, электрощитам и электрорубильникам;

хранить на чердаках, лестничных клетках и в коридорах горючие материалы и имущество;

делать перегородки;

использовать не по назначению средства пожаротушения;

пользоваться неисправными электропроводкой и оборудованием;

применять электронагреваемые приборы без несгораемых подставок, заменять перегоревшие предохранители проволокой;

обертывать электролампы бумагой и материей;

заклеивать или закрывать провода обоями, плакатами;

применять в сети телефонные провода;

забивать запасные выходы и облицовывать сгораемыми материалами стены и потолки лестничных клеток и коридоров;

входные двери должны открываться наружу.

1.3. Защита государственной тайны

Закон Российской Федерации «О государственной тайне» [4] регулирует отношения, возникающие в связи с отнесением сведений к государственной тайне, их засекречиванием или рассекречиванием и защитой в интересах обеспечения безопасности Российской Федерации.

В Законе используются следующие основные понятия:

государственная тайна – защищаемые государством сведения в области его военной, внешнеполитической, экономической, разведывательной, контрразведывательной и оперативно-розыскной деятельности, распространение которых может нанести ущерб безопасности Российской Федерации;

носители сведений, составляющих государственную тайну, – материальные объекты, в том числе физические поля, в которых сведения, составляющие государственную тайну, находят свое отображение в виде символов, образов, сигналов, технических решений и процессов;

система защиты государственной тайны – совокупность органов защиты государственной тайны, используемых ими средств и методов защиты сведений, составляющих государственную тайну, и их носителей, а также мероприятий, проводимых в этих целях;

допуск к государственной тайне – процедура оформления права граждан на доступ к сведениям, составляющим государственную тайну, а предприятий, учреждений и организаций – на проведение работ с использованием таких сведений;

доступ к сведениям, составляющим государственную тайну, – санкционированное полномочным должностным лицом ознакомление конкретного лица со сведениями, составляющими государственную тайну;

гриф секретности – реквизиты, свидетельствующие о степени секретности сведений, содержащихся в их носителе, проставляемые на самом носителе и (или) в сопроводительной документации на него;

средства защиты информации – технические, криптографические, программные и другие средства, предназначенные для защиты сведений, составляющих государственную тайну, средства, в которых они реализованы, а также средства контроля эффективности защиты информации;

перечень сведений, составляющих государственную тайну, – совокупность категорий сведений, в соответствии с которыми сведения относятся к государственной тайне и засекречиваются на основаниях и в порядке, установленных федеральным законодательством.

Законодательство Российской Федерации о государственной тайне основывается на Конституции Российской Федерации, Законе Российской Федерации «О безопасности» и включает настоящий Закон, а также положения других актов законодательства, регулирующих отношения, связанные с защитой государственной тайны.

Государственную тайну составляют сведения в военной области:

о содержании стратегических и оперативных планов, документов боевого управления по подготовке и проведению операций, стратегическому, оперативному и мобилизационному развертыванию Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов, предусмотренных Федеральным законом «Об обороне», об их боевой и мобилизационной готовности, о создании и об использовании мобилизационных ресурсов;

о планах строительства Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск Российской Федерации, о направлениях развития вооружения и военной техники, о содержании и результатах выполнения целевых программ, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию и модернизации образцов вооружения и военной техники;

о разработке, технологии, производстве, об объемах производства, о хранении, об утилизации ядерных боеприпасов, их составных частей, делящихся ядерных материалов, используемых в ядерных боеприпасах, о технических средствах и (или) методах защиты ядер-

ных боеприпасов от несанкционированного применения, а также о ядерных энергетических и специальных физических установках оборонного значения;

о тактико-технических характеристиках и возможностях боевого применения образцов вооружения и военной техники, о свойствах, рецептурах или технологиях производства новых видов ракетного топлива или взрывчатых веществ военного назначения;

о дислокации, назначении, степени готовности, защищенности режимных и особо важных объектов, об их проектировании, строительстве и эксплуатации, а также об отводе земель, недр и акваторий для этих объектов;

о дислокации, действительных наименованиях, об организационной структуре, о вооружении, численности войск и состоянии их боевого обеспечения, а также о военно-политической и (или) оперативной обстановке.

Отнесение сведений к государственной тайне и их **засекречивание** осуществляется в соответствии с принципами законности, обоснованности и своевременности.

Законность отнесения сведений к государственной тайне и их засекречивание заключается в соответствии засекречиваемых сведений положениям статей 5 и 7 настоящего Закона и законодательству Российской Федерации о государственной тайне.

Обоснованность отнесения сведений к государственной тайне и их засекречивание заключается в установлении путем экспертной оценки целесообразности засекречивания конкретных сведений, вероятных экономических и иных последствий этого акта исходя из баланса жизненно важных интересов государства, общества и граждан.

Своевременность отнесения сведений к государственной тайне и их засекречивание заключается в установлении ограничений на распространение этих сведений с момента их получения (разработки) или заблаговременно.

Не подлежат отнесению к государственной тайне и засекречиванию сведения:

о чрезвычайных происшествиях и катастрофах, угрожающих безопасности и здоровью граждан, и их последствиях, а также о стихийных бедствиях, их официальных прогнозах и последствиях;

о состоянии здравоохранения, санитарии, демографии, образования, культуры, сельского хозяйства, а также о состоянии преступности;

о привилегиях, компенсациях и социальных гарантиях, предоставляемых государством гражданам, должностным лицам, предприятиям, учреждениям и организациям;

о фактах нарушения прав и свобод человека и гражданина;

о размерах золотого запаса и государственных валютных резервах Российской Федерации;

о состоянии здоровья высших должностных лиц Российской Федерации;

о фактах нарушения законности органами государственной власти и их должностными лицами;

составляющие информацию о состоянии окружающей среды (экологическую информацию).

Должностные лица, принявшие решения о засекречивании перечисленных сведений либо о включении их в этих целях в носители сведений, составляющих государственную тайну, несут уголовную, административную или дисциплинарную ответственность в зависимости от причиненного обществу, государству и гражданам материального и морального ущерба. Граждане вправе обжаловать такие решения в суд.

Степень секретности сведений, составляющих государственную тайну, должна соответствовать степени тяжести ущерба, который может быть нанесен безопасности Российской Федерации вследствие распространения указанных сведений.

Устанавливаются три степени секретности сведений, составляющих государственную тайну, и соответствующие этим степеням грифы секретности для носителей указанных сведений: **«особой важности», «совершенно секретно» и «секретно».**

Использование перечисленных грифов секретности для засекречивания сведений, не отнесенных к государственной тайне, не допускается.

Отнесение сведений к государственной тайне осуществляется в соответствии с ***Перечнем сведений, составляющих государственную тайну,*** определяемым настоящим Законом, руководителями

органов государственной власти в соответствии с Перечнем должностных лиц, наделенных полномочиями по отнесению сведений к государственной тайне, утверждаемым Президентом Российской Федерации. Указанные лица несут персональную ответственность за принятые ими решения о целесообразности отнесения конкретных сведений к государственной тайне.

Допуск должностных лиц и граждан Российской Федерации к государственной тайне осуществляется в добровольном порядке.

Допуск лиц, *имеющих двойное гражданство, лиц без гражданства, а также лиц из числа иностранных граждан, эмигрантов и реэмигрантов* к государственной тайне осуществляется в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

Допуск должностных лиц и граждан к государственной тайне **предусматривает:**

принятие на себя обязательств перед государством по нераспространению доверенных им сведений, составляющих государственную тайну;

согласие на частичные, временные ограничения их прав в соответствии со статьей 24 настоящего Закона;

письменное согласие на проведение в отношении их полномочными органами проверочных мероприятий;

определение видов, размеров и порядка предоставления социальных гарантий, предусмотренных настоящим Законом;

ознакомление с нормами законодательства Российской Федерации о государственной тайне, предусматривающими ответственность за его нарушение;

принятие решения руководителем органа государственной власти, предприятия, учреждения или организации о допуске оформляемого лица к сведениям, составляющим государственную тайну.

Основаниями для отказа должностному лицу или гражданину в допуске к государственной тайне **могут являться:**

признание его недееспособным или ограниченно дееспособным на основании решения суда, вступившего в законную силу, наличие у него статуса обвиняемого (подсудимого) по уголовному делу о совершенном по неосторожности преступлении против государ-

ственной власти или об умышленном преступлении, наличие у него непогашенной или неснятой судимости за данные преступления, прекращение в отношении его уголовного дела (уголовного преследования) по нереабилитирующим основаниям, если со дня прекращения такого уголовного дела (уголовного преследования) не истек срок, равный сроку давности привлечения к уголовной ответственности за совершение этих преступлений;

наличие у него медицинских противопоказаний для работы с использованием сведений, составляющих государственную тайну, согласно перечню, утверждаемому федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области здравоохранения и социального развития;

постоянное проживание его самого и (или) его близких родственников за границей и (или) оформление указанными лицами документов для выезда на постоянное жительство в другие государства;

включение его в список физических лиц, выполняющих функции иностранного агента, либо выявление в результате проверочных мероприятий действий оформляемого лица, создающих угрозу безопасности Российской Федерации;

уклонение его от проверочных мероприятий и (или) сообщение им заведомо ложных анкетных данных.

Должностные лица и граждане, виновные в нарушении законодательства Российской Федерации о государственной тайне, **несут уголовную, административную, гражданско-правовую или дисциплинарную ответственность** в соответствии с действующим законодательством.

Раздел 2

ОБЩЕВОИНСКИЕ УСТАВЫ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Уставы Вооруженных Сил Российской Федерации – это свод законов воинской службы. Они служат законодательной основой решения задач по достижению высокой организованности, дисциплины и порядка, по совершенствованию боевой готовности армии и флота Российской Федерации.

Уставы Вооруженных Сил Российской Федерации подразделяются на боевые и общевоинские, которые представлены на рисунке 2.1.



Рис. 1. Уставы Вооруженных Сил Российской Федерации

Боевые уставы определяют основы действий соединений, частей и подразделений вида или рода Вооруженных Сил Российской Федерации при нанесении удара, в бою, боевых действиях (систематических боевых действиях), сражении, операции.

Общевоинские уставы представляют собой основополагающие документы, регламентирующие уклад жизни и деятельности личного состава Вооруженных Сил России. Положения этих уставов обязательны для всех военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации, поэтому их называют общевоинскими.

Законодательной основой общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации является Конституция Российской Федерации, Федеральный закон «Об Обороне» и другие Федеральные законы, регулирующие строительство Вооруженных Сил и прохождение военной службы в России, а также указы, приказы, и распоряжения Президента, нормативные акты Правительства Российской Федерации, и акты военного управления Центральных органов военного управления Вооруженными Силами Российской Федерации.

2. Военнослужащие и взаимоотношения между ними

2.1. Права, обязанности и ответственность военнослужащих

В жизни Вооруженных Сил Российской Федерации (сокращенно Вооруженных Сил России) общевоинские уставы занимают особое место. Их по праву считают сводом законов военной службы.

Знание положений общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации, умение командиров (начальников) и подчиненных руководствоваться ими в повседневной деятельности во многом определяют эффективность функционирования воинского коллектива.

На командира (начальника), как единоначальника в соответствии с требованиями общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации [6], возлагается ответственность за боевую и мобилизационную готовность вверенной ему воинской части (подразделения), за успешное выполнение боевых задач, за боевую подготовку, воспитание, воинскую дисциплину, морально-психологическое состояние личного состава и безопасность военной службы, за внутренний порядок, за состояние и сохранность вооружения, военной техники и другого военного имущества, за материальное, техническое, финансовое, бытовое обеспечение и медицинское обслуживание.

Выполняя должностные и специальные обязанности, командуя воинскими частями (подразделениями), командиры (начальники) обязаны знать и строго руководствоваться общевоинскими уставами Вооруженных Сил Российской Федерации и исполнять должностные и специальные обязанности только в интересах военной службы.

2.1.1. Общие положения общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации

К общевоинским уставам Вооруженных Сил Российской Федерации [6] относятся:

Устав внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации;

Дисциплинарный устав Вооруженных Сил Российской Федерации;

Устав гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации;

Строевой устав Вооруженных Сил Российской Федерации.

Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации представлены на рисунке 2.2.



Рис. 2.2. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации.

Устав внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации [11] определяет права и обязанности военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации и взаимоотношения между ними, обязанности основных должностных лиц полка и его подразделений, а также правила внутреннего порядка.

Повседневная жизнь и деятельность военнослужащих в воинской части осуществляются в соответствии с требованиями внутренней службы.

Внутренняя служба предназначена для поддержания в воинской части внутреннего порядка и воинской дисциплины, обеспечивающих ее постоянную боевую готовность, безопасность военной службы, учебу личного состава, организованное выполнение им других задач в повседневной деятельности и охрану здоровья военнослужащих. Она организуется в соответствии с законодательством Российской Федерации и настоящим Уставом.

Выполнение требований внутренней службы развивает у военнослужащих чувство ответственности, самостоятельность, аккурат-

ность и добросовестность. Взаимопонимание, доброжелательность и готовность помочь друг другу способствуют укреплению войскового товарищества и сплочению воинских коллективов, позволяют не только выполнять задачи в повседневной деятельности, но и выдерживать тяжелые испытания в боевой обстановке.

Требования внутренней службы обязан знать и добросовестно выполнять каждый военнослужащий.

Руководство внутренней службой в воинской части осуществляет командир воинской части, а в расположении подразделения – командир подразделения.

Непосредственным организатором внутренней службы в воинской части является начальник штаба, а в расположении роты – старшина роты.

Дисциплинарный устав Вооруженных Сил Российской Федерации [3] определяет сущность воинской дисциплины, обязанности военнослужащих по ее соблюдению, виды поощрений и дисциплинарных взысканий, права командиров (начальников) по их применению, а также порядок подачи и рассмотрения обращений (предложений, заявлений и жалоб).

Устав гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации [12] определяет предназначение, порядок организации и несения гарнизонной и караульной служб, права и обязанности должностных лиц гарнизона и военнослужащих, несущих эти службы, а также регламентирует проведение гарнизонных мероприятий с участием войск.

Воинские части, расположенные постоянно или временно в населенном пункте или вне его, составляют гарнизон. В состав крупного гарнизона, как правило, включаются все воинские части, расположенные в ближайших к нему населенных пунктах. В каждом гарнизоне организуются гарнизонная и караульная службы.

Гарнизонная служба имеет целью обеспечить согласованность действий войск гарнизона при переводе с мирного на военное время, необходимые условия для их повседневной деятельности и подготовки, а также проведение гарнизонных мероприятий с участием войск.

Караульная служба предназначена для надежной охраны и обороны боевых знамен, хранилищ (складов, парков) с вооружением,

военной техникой, другим военным имуществом, объектов Вооруженных Сил Российской Федерации и иных военных и государственных объектов, а также для охраны военнослужащих, содержащихся на гауптвахте и в дисциплинарной воинской части.

Руководство гарнизонной и караульной службами, за исключением охраны объектов Вооруженных Сил, военнослужащих, содержащихся на гауптвахтах и в дисциплинарных воинских частях, охраняемых военной полицией, в пределах военного округа осуществляет командующий войсками военного округа, а гарнизонной службой и службой гарнизонных караулов в границах территориального (местного) гарнизона – начальник соответствующего гарнизона.

Строевой устав Вооруженных Сил Российской Федерации [10] определяет строевые приемы и движение без оружия и с оружием; строи подразделений и воинских частей в пешем порядке и на машинах; порядок выполнения воинского приветствия, проведения строевого смотра; положение Боевого знамени воинской части в строю, порядок совместного выноса и относа Государственного флага Российской Федерации и Боевого знамени воинской части; обязанности военнослужащих перед построением и в строю и требования к их строевому обучению, а также способы передвижения военнослужащих на поле боя и действия при внезапном нападении противника.

На Вооруженные силы Российской Федерации возложена задача по обеспечению безопасности государства. Они призваны защищать свободу, независимость и конституционный строй России, народ и Отечество. Решение этой задачи немыслимо без постоянной боеготовности подразделений и частей.

Состояние боеготовности зависит от многих факторов, в числе которых состояние воинской дисциплины и регламентация всей повседневной деятельности военнослужащих и войск. Соответствующие правила, регламентирующие жизнь, быт и повседневную деятельность военнослужащих и войск, излагаются в общевоинских уставах.

Твердое знание всеми военнослужащими положений общевоинских уставов является одним из главных условий их выполнения. Поэтому организация изучения военнослужащими уставов должна быть предметом пристального внимания со стороны командиров всех степеней.

2.1.2. Права и обязанности военнослужащих

Прежде чем начать изучать права и обязанности военнослужащих, необходимо уяснить, что такое защита Отечества, что такое военная служба и кто имеет статус военнослужащего. Ответ на эти вопросы можно найти в части первой Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации [11]. Более подробно с вопросом можно ознакомиться в Конституции Российской Федерации и в Федеральном законе Российской Федерации «О статусе военнослужащих».

Защита Отечества является долгом и обязанностью гражданина Российской Федерации (ст. 59 Конституции Российской Федерации).

Военная служба – особый вид федеральной государственной службы, исполняемой гражданами в Вооруженных Силах Российской Федерации, других войсках, воинских (специальных) формированиях и органах, осуществляющих функции по обеспечению обороны и безопасности государства.

Важной особенностью военной службы является обязательное принятие военной присяги каждым гражданином, впервые зачисленным на службу. После ее принятия военнослужащий приобретает полный объем своих служебных прав и обязанностей. Нарушение военной присяги влечет за собой дисциплинарную или уголовную ответственность.

Военная служба связана с риском для жизни военнослужащего и ответственностью за жизнь других людей. Она требует от военнослужащих не просто исполнительности, как в других видах государственной службы, а беспрекословности подчинения требованиям командиров (начальников) в любых условиях.

Военнослужащий – лицо (человек), исполняющее должностные обязанности, связанные с прохождением военной службы, которая призвана решать задачи в сфере безопасности и обороны государства, и в связи с этим, обладающее специальным правовым статусом.

Федеральным законом Российской Федерации «О воинской обязанности и военной службе» установлены следующие составы военнослужащих:

солдаты, матросы, сержанты и старшины;

прапорщики и мичманы;

офицеры (младшие, старшие, высшие).

Для военнослужащих устанавливается военная форма одежды и знаки различия, которые утверждаются Президентом Российской Федерации.

Военная форма одежды носится строго в соответствии с «Правилами ношения военной формы одежды, знаков различия военнослужащих, ведомственных знаков отличия и иных геральдических знаков в Вооруженных Силах Российской Федерации», утвержденными Министром обороны Российской Федерации. Ношение военной формы одежды со знаками различия гражданами, не имеющими на это права, запрещено законом.

Военнослужащие при исполнении обязанностей военной службы, а при необходимости, и во внеслужебное время имеют право на хранение, ношение, применение и использование оружия.

К военнослужащим Вооруженных Сил Российской Федерации относятся:

офицеры, прапорщики и мичманы, курсанты военных профессиональных образовательных организаций, военных образовательных организаций высшего образования, сержанты и старшины, солдаты и матросы, проходящие военную службу по контракту (далее – военнослужащие, проходящие военную службу по контракту);

сержанты и старшины, солдаты и матросы, проходящие военную службу по призыву, курсанты военных профессиональных образовательных организаций, военных образовательных организаций высшего образования до заключения с ними контракта (далее – военнослужащие, проходящие военную службу по призыву).

Каждому военнослужащему присваиваются воинские звания. В Вооруженных Силах Российской Федерации они подразделяются на войсковые и корабельные; приведены в таблице 1.

Воинское звание может быть первым или очередным.

Первыми воинскими званиями считаются: для состава «офицеры» – младший лейтенант, лейтенант; для состава «прапорщики и мичманы» – прапорщик, мичман; для состава «солдаты, матросы; сержанты; старшины» – рядовой, матрос; младший сержант; старшина, старшина 2 статьи.

Очередное воинское звание присваивается военнослужащему в день истечения срока его военной службы в предыдущем воинском

Таблица 1

Состав и воинские звания военнослужащих

Состав военнослужащих	Воинские звания	
	войсковые	корабельные
Солдаты, матросы	Рядовой (курсант)	Матрос
	Ефрейтор	Старший матрос
Сержанты и старшины	Младший сержант	Старшина 2-й статьи
	Сержант	Старшина 1-й статьи
	Старший сержант	Главный старшина
	Старшина	Главный корабельный старшина
Прапорщики и мичманы	Прапорщик	Мичман
	Старший прапорщик	Старший мичман
Младшие офицеры	Младший лейтенант	Младший лейтенант
	Лейтенант	Лейтенант
	Старший лейтенант	Старший лейтенант
	Капитан	Капитан-лейтенант
Старшие офицеры	Майор	Капитан 3 ранга
	Подполковник	Капитан 2 ранга
	Полковник	Капитан 1 ранга
Высшие офицеры	Генерал-майор	Контр-адмирал
	Генерал-лейтенант	Вице-адмирал
	Генерал-полковник	Адмирал
	Генерал армии	Адмирал флота
	Маршал Российской Федерации	

звании, если он занимает воинскую должность (должность), для которой штатом предусмотрено воинское звание, равное или более высокое, чем воинское звание, присваиваемое военнослужащему.

Очередное воинское звание военнослужащему может быть присвоено досрочно за особые личные заслуги, по не выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой им воинской должности.

Права военнослужащих и порядок их реализации с учетом особенностей военной службы определяются законодательством Российской Федерации. Никто не вправе ограничивать военнослужащих в правах, гарантированных Конституцией и законодательством Рос-

сийской Федерации. Использование военнослужащими своих прав не должно наносить ущерба правам и законным интересам общества, государства, военной службе, правам других военнослужащих и иных граждан.

На граждан, обучающихся по программе военной подготовки и проходящих учебные сборы, распространяются права и обязанности военнослужащих. Общие положения и права военнослужащих изложены в ст. 5–15 Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации [11]. Их содержание сводится к следующему.

Государство гарантирует социальную и правовую защиту военнослужащих, осуществляет меры по созданию им достаточного и достойного жизненного уровня, улучшению условий службы и быта. Обеспечение и охрана прав военнослужащих возлагается на органы государственной власти и местного самоуправления, суды, правоохранительные органы, органы военного управления и командиров.

До приведения к Военной присяге военнослужащий не может назначаться на воинские должности, привлекаться к выполнению боевых задач (к участию в боевых действиях, несению боевого дежурства, боевой службы, караульной службы), **за военнослужащим не могут закрепляться вооружение и военная техника**.

Командиры (начальники), виновные в неисполнении обязанностей по реализации прав и законных интересов военнослужащих, несут за это установленную законодательством ответственность!

В соответствии с законодательством Российской Федерации содержание и объем прав, обязанностей и ответственности военнослужащих зависят от того, находятся ли они при исполнении обязанностей военной службы или нет.

Общие обязанности военнослужащих определены в ст. 16–23 Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации [11]. Их содержание сводится к следующему.

Военнослужащий Вооруженных Сил Российской Федерации в служебной деятельности руководствуется требованиями законов, воинских уставов и не должен быть связан с деятельностью общественных, иных организаций и объединений, преследующих политические цели.

Военнослужащий обязан:

быть верным Военной присяге, беззаветно служить своему народу, мужественно, умело, не щадя своей крови и самой жизни, защищать Российскую Федерацию, выполнять воинский долг, стойко переносить трудности военной службы;

строго соблюдать Конституцию и законы Российской Федерации, выполнять требования воинских уставов;

постоянно овладевать военными профессиональными знаниями, совершенствовать свою выучку и воинское мастерство;

знать и содержать в постоянной готовности к применению, вверенные ему вооружение и военную технику, беречь военное имущество;

быть честным, дисциплинированным, храбрым, при выполнении воинского долга проявлять разумную инициативу;

беспрекословно повиноваться командирам (начальникам) и защищать их в бою, оберегать Боевое Знамя воинской части;

дорожить войсковым товариществом, не щадя своей жизни, выручать товарищей из опасности, помогать им словом и делом, уважать честь и достоинство каждого, не допускать в отношении себя и других военнослужащих грубости и издевательств, удерживать их от недостойных поступков; соблюдать правила воинской вежливости, поведения и выполнения воинского приветствия, всегда быть по форме, чисто и аккуратно одетым;

быть бдительным, хранить государственную тайну.

Военнослужащие обязаны оказывать уважение друг к другу, содействовать командирам в поддержании порядка и дисциплины.

Военнослужащий должен соблюдать требования безопасности военной службы, меры предупреждения заболеваний, травм и поражений, повседневно повышать физическую закалку и тренированность, воздерживаться от вредных привычек (курения, употребления алкоголя).

Военнослужащий обязан знать и неукоснительно соблюдать международные правила ведения военных действий, обращения с ранеными, больными, лицами, потерпевшими кораблекрушение, и гражданским населением в районе боевых действий, а также с военнопленными.

Военнослужащий в ходе боевых действий обязан оказывать решительное сопротивление противнику, избегая захвата в плен. Он обязан до конца выполнить в бою свой воинский долг.

Каждый военнослужащий, назначенный на воинскую должность, имеет **должностные обязанности,** которые определяют его полномочия, а также объем выполняемых им в соответствии с занимаемой воинской должностью задач [11, ст. 24].

Должностные обязанности исполняются только в интересах военной службы. Должностные обязанности и порядок их исполнения определяются федеральными законами, общевоинскими уставами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также соответствующими руководствами, наставлениями, положениями, инструкциями или приказами командиров (начальников) применительно к требованиям Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации.

Военнослужащие, находящиеся на боевом дежурстве (боевой службе), **в суточном и гарнизонном нарядах, привлеченные для ликвидации последствий стихийных бедствий, а также при других чрезвычайных обстоятельствах** исполняют **специальные обязанности.** Эти обязанности и порядок их исполнения устанавливаются федеральными законами, общевоинскими уставами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации и носят, как правило, временный характер [11, ст. 25].

Для исполнения специальных обязанностей военнослужащие могут наделяться дополнительными правами (на применение оружия, специальных средств, физической силы, предъявление требований, обязательных для исполнения, подчинение строго определенным лицам и другими правами), которые определяются федеральными законами, общевоинскими уставами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

2.1.3. Ответственность военнослужащих

Ответственность военнослужащих определена ст. 26 – 32 Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации [11]. Их содержание сводится к следующему.

Военнослужащие независимо от воинского звания и воинской должности равны перед законом и могут привлекаться к дисциплинарной, административной, материальной, гражданско-правовой и уголовной ответственности в зависимости от характера и тяжести совершенного ими правонарушения.

К ***дисциплинарной ответственности*** военнослужащие привлекаются за дисциплинарные проступки, т.е. за противоправные, виновные действия (бездействие), выражающиеся в нарушении воинской дисциплины, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации не влекут за собой уголовной или административной ответственности.

За административные правонарушения военнослужащие несут дисциплинарную ответственность в соответствии с Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации, за исключением административных правонарушений, за которые они несут ответственность на общих основаниях. При этом к военнослужащим не могут быть применены административные наказания в виде административного ареста, исправительных работ, а к сержантам, старшинам, солдатам и матросам, проходящим военную службу по призыву, курсантам военных образовательных учреждений профессионального образования до заключения с ними контракта о прохождении военной службы – также в виде административного штрафа.

К ***материальной ответственности*** военнослужащие привлекаются за материальный ущерб, причиненный по их вине государству при исполнении обязанностей военной службы, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

К ***гражданско-правовой ответственности*** военнослужащие привлекаются за невыполнение или ненадлежащее исполнение предусмотренных федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации обязательств, за убытки и моральный вред, причиненные военнослужащими, не находящимися при исполнении обязанностей военной службы, государству, физическим и юридическим лицам, и в других случаях, предусмотренных федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

К ***уголовной ответственности*** военнослужащие привлекаются за совершение преступления, предусмотренного уголовным законодательством Российской Федерации.

Военнослужащие, подвергнутые дисциплинарному или административному взысканию в связи с совершением правонарушения, не освобождаются от уголовной ответственности за это правонарушение.

В случае совершения правонарушения, связанного с причинением государству материального ущерба, военнослужащие возмещают ущерб независимо от привлечения к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности за действия (бездействие), которыми причинен ущерб.

При привлечении военнослужащих к ответственности недопустимо ущемление их чести и достоинства.

2.2. Взаимоотношения между военнослужащими

Порядок взаимоотношений между военнослужащими определен ст. 33-74 Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации [11] и заключается в следующем.

2.2.1. Единоначалие. Командиры (начальники) и подчиненные

Одним из принципов строительства Вооруженных Сил Российской Федерации и руководства ими, взаимоотношений между военнослужащими является **единоначалие**. Оно заключается в наделении командира (начальника) всей полнотой распорядительной власти по отношению к подчиненным и возложении на него персональной ответственности перед государством за все стороны жизни и деятельности воинской части, подразделения и каждого военнослужащего.

Единоначалие выражается в праве командира (начальника), исходя из всесторонней оценки обстановки, единолично принимать решения, отдавать соответствующие приказы в строгом соответствии с требованиями законов и воинских уставов и обеспечивать их выполнение.

По своему служебному положению и воинскому званию одни военнослужащие по отношению к другим могут быть начальниками или подчиненными.

Начальник имеет право отдавать подчиненному приказы и требовать их исполнения. Начальник должен быть для подчиненного примером тактичности и выдержанности и не должен допускать как фамильярности, так и предвзятости. За действия, унижающие человеческое достоинство подчиненного, начальник несет ответственность.

Подчиненный обязан беспрекословно выполнять приказы начальника. Выполнив приказ, он может подать жалобу, если считает, что по отношению к нему поступили неправильно.

Лица гражданского персонала Вооруженных Сил Российской Федерации являются начальниками для подчиненных в соответствии с занимаемой штатной должностью.

Начальники, которым военнослужащие подчинены по службе, хотя бы и временно, являются ***прямыми начальниками***.

Ближайший к подчиненному прямой начальник называется ***непосредственным начальником***.

По своему воинскому званию начальниками являются состоящие на военной службе:

маршалы Российской Федерации, генералы армии, адмиралы флота – для старших и младших офицеров, прапорщиков, мичманов, сержантов, старшин, солдат и матросов;

генералы, адмиралы, полковники и капитаны 1 ранга – для младших офицеров, прапорщиков, мичманов, сержантов, старшин, солдат и матросов;

старшие офицеры в воинских званиях подполковник, капитан 2 ранга, майор, капитан 3 ранга – для прапорщиков, мичманов, сержантов, старшин, солдат и матросов;

младшие офицеры – для сержантов, старшин, солдат и матросов;

прапорщики и мичманы – для сержантов, старшин, солдат и матросов одной с ними воинской части;

сержанты и старшины – для солдат и матросов одной с ними воинской части.

Военнослужащие, которые по своему служебному положению и воинскому званию не являются по отношению к другим военнослужащим их начальниками или подчиненными, могут быть старшими или младшими.

Старшинство определяется воинскими званиями военнослужащих.

Старшие по воинскому званию в случае нарушения младшими воинской дисциплины, общественного порядка, правил поведения, ношения военной формы одежды и выполнения воинского приветствия должны требовать от них устранения этих нарушений. ***Младшие*** по воинскому званию обязаны беспрекословно выполнять эти требования старших.

При совместном выполнении обязанностей военнослужащими, не подчиненными друг другу, когда их служебные взаимоотношения не определены командиром (начальником), старший из них по должности, а при равных должностях старший по воинскому званию является начальником.

2.2.2. Приказ (приказание), порядок его отдачи и выполнения

Приказ – распоряжение командира (начальника), обращенное к подчиненным и требующее обязательного выполнения определенных действий, соблюдения тех или иных правил или устанавливающее какой-либо порядок, положение.

Приказ может быть отдан в письменном виде, устно или по техническим средствам связи одному или группе военнослужащих. Приказ, отданный в письменном виде, является основным распорядительным служебным документом (нормативным актом) военного управления, издаваемым на правах единоначалия командиром воинской части. Устные приказы имеют право отдавать подчиненным все командиры (начальники).

Обсуждение (критика) приказа недопустимо, а неисполнение приказа командира (начальника), отданного в установленном порядке, является преступлением против военной службы.

Приказание – форма доведения командиром (начальником) задач до подчиненных по частным вопросам. Приказание

отдается в письменном виде или устно. Приказание, отданное в письменном виде, является распорядительным служебным документом, издаваемым начальником штаба от имени командира воинской части или военным комендантом – от имени начальника гарнизона.

Приказ (приказание) должен соответствовать федеральным законам, общевоинским уставам и приказам вышестоящих командиров (начальников). Отдавая приказ (приказание), командир (начальник) не должен допускать злоупотребления должностными полномочиями или их превышения.

Командирам (начальникам) запрещается отдавать приказы (приказания), не имеющие отношения к исполнению обязанностей военной службы или направленные на нарушение законодательства Российской Федерации. Командиры (начальники), отдавшие такие приказы (приказания), привлекаются к ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Приказ формулируется ясно, кратко и четко без употребления формулировок, допускающих различные толкования.

Командир (начальник) перед отдачей приказа обязан всесторонне оценить обстановку и предусмотреть меры по обеспечению его выполнения.

Приказы отдаются в порядке подчиненности. При крайней необходимости старший начальник может отдать приказ подчиненному, минуя его непосредственного начальника. В таком случае он сообщает об этом непосредственному начальнику подчиненного или подчиненный сам докладывает о получении приказа своему непосредственному начальнику.

Приказ командира (начальника) должен быть выполнен беспрекословно, точно и в срок. Военнослужащий, получив приказ, отвечает: **«Есть»** – и затем выполняет его.

При необходимости убедиться в правильном понимании отданного им приказа командир (начальник) может потребовать его повторения, а военнослужащий, получивший приказ, – обратиться к командиру (начальнику) с просьбой повторить его.

Выполнив приказ, военнослужащий, несогласный с приказом, может его обжаловать.

О выполнении полученного приказа военнослужащий обязан доложить начальнику, отдавшему приказ, и своему непосредственному начальнику.

Подчиненный, не выполнивший приказ командира (начальника), отданный в установленном порядке, привлекается к уголовной ответственности по основаниям, предусмотренным законодательством Российской Федерации.

Командир (начальник) несет ответственность за отданный приказ (приказание) и его последствия, за соответствие содержания приказа (приказания) требованиям статьи 41 Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации и за непринятие мер по обеспечению его выполнения.

Отменить приказ (приказание) имеет право только командир (начальник), его отдавший, либо вышестоящий прямой начальник.

Если военнослужащий, выполняющий приказ, получит от старшего командира (начальника) новый приказ, который помешает выполнить первый, он докладывает об этом начальнику, отдавшему новый приказ, и в случае подтверждения нового приказа выполняет его.

Начальник, отдавший новый приказ, сообщает об этом начальнику, отдавшему первый приказ.

2.2.3. О воинской вежливости и поведении военнослужащих

Военнослужащие должны постоянно служить примером высокой культуры, скромности и выдержанности, свято блюсти воинскую честь, защищать свое достоинство и уважать достоинство других. Они должны помнить, что по их поведению судят не только о них, но и о чести Вооруженных Сил в целом.

Важную роль во взаимоотношениях между военнослужащими играет воинское приветствие, которое является воплощением товарищеской сплоченности военнослужащих, свидетельством взаимного уважения и проявлением вежливости и воспитанности.

Все военнослужащие обязаны при встрече (обгоне) приветствовать друг друга. Подчиненные и младшие по воинскому званию приветствуют первыми, а при равном положении первым приветствует тот, кто считает себя более вежливым и воспитанным.

Военнослужащие обязаны, кроме того, выполнять воинское приветствие, отдавая дань уважения:

Могиле Неизвестного Солдата;

братским могилам воинов, павших в боях за свободу и независимость Отечества;

Государственному флагу Российской Федерации, Боевому знамени воинской части, а также Военно-морскому флагу при каждом прибытии на корабль и убытии с корабля;

похоронным процессиям, сопровождаемым воинскими подразделениями.

При нахождении вне строя, как во время занятий, так и в свободное от занятий время военнослужащие воинских частей (подразделений) приветствуют начальников по команде «**Смирно**» или «**Встать. Смирно**».

При исполнении Государственного гимна Российской Федерации военнослужащие, находящиеся в строю, принимают строевую стойку без команды, а командиры подразделений от взвода и выше, кроме того, прикладывают руку к головному убору.

Военнослужащие, находящиеся вне строя, при исполнении Государственного гимна Российской Федерации принимают строевую стойку, а при надетом головном уборе прикладывают к нему руку.

При обращении начальника или старшего к отдельным военнослужащим они, за исключением больных, принимают строевую стойку и называют свою должность, воинское звание и фамилию. При рукопожатии старший подает руку первым. Если старший без перчаток, младший перед рукопожатием снимает перчатку с правой руки. Военнослужащие без головного убора сопровождают рукопожатие легким наклоном головы.

Взаимоотношения между военнослужащими строятся на основе взаимного уважения. По вопросам службы они должны обращаться друг к другу на «**вы**». При личном обращении воинское звание называется без указания рода войск или службы.

Начальники и старшие, обращаясь по службе к подчиненным и младшим, называют их по воинскому званию и фамилии или только по званию, добавляя в последнем случае перед званием слово «товарищ». Например: **«Рядовой Петров (Петрова)», «Товарищ рядо-**

вой», «Сержант Кольцов (Кольцова)», «Товарищ сержант», «Мичман Иванов (Иванова)» и т.п.

Курсантов военных образовательных учреждений профессионального образования, не имеющих воинских званий сержантского и старшинского состава, состава прапорщиков и мичманов, а также курсантов учебных воинских частей (подразделений) при обращении к ним называть: **«Курсант Иванов», «Товарищ курсант»**.

Подчиненные и младшие, обращаясь по службе к начальникам и старшим, называют их по воинскому званию, добавляя перед званием слово «товарищ». Например: **«Товарищ старший лейтенант», «Товарищ контр-адмирал»**.

При обращении к военнослужащим гвардейских соединений и воинских частей перед воинским званием добавляется слово «гвардии». Например: **«Товарищ гвардии старшина 1 статьи», «Товарищ гвардии полковник»**.

Во внеслужебное время и вне строя офицеры могут обращаться друг к другу не только по воинскому званию, но и по имени и отчеству. В повседневной жизни офицерам разрешается применять утвердительное выражение **«слово офицера»** и при прощании друг с другом допускается вместо **«до свидания»** говорить **«честь имею»**.

При обращении к лицам гражданского персонала Вооруженных Сил Российской Федерации военнослужащие называют их по воинской должности, добавляя перед названием должности слово **«товарищ»**.

Искажение воинских званий, употребление нецензурных слов, кличек и прозвищ, грубость и фамильярное обращение несовместимы, с понятием воинской чести и достоинством военнослужащих.

Вне строя, отдавая или получая приказ, военнослужащие обязаны принять строевую стойку, а при надетом головном уборе приложить к нему руку и опустить ее.

Докладывая или принимая доклад, военнослужащий опускает руку от головного убора по окончании доклада. Если перед докладом подавалась команда **«Смирно»**, то докладывающий по команде начальника **«Вольно»** повторяет ее и опускает руку от головного убора.

При обращении к другому военнослужащему в присутствии командира (начальника) или старшего у него необходимо спросить на

это разрешение. Например: **«Товарищ полковник. Разрешите обратиться к капитану Иванову»**.

В общественных местах, а также в трамвае, троллейбусе, автобусе, вагоне метро и пригородных поездах при отсутствии свободных мест военнослужащий обязан предложить свое место начальнику (старшему).

Если при встрече нельзя свободно разойтись с начальником (старшим), то подчиненный (младший) обязан уступить дорогу и, приветствуя, пропустить его, при необходимости обогнать начальника (старшего) подчиненный (младший) должен спросить на то разрешение.

Военнослужащие должны соблюдать вежливость по отношению к гражданскому населению проявлять особое внимание к пожилым людям, женщинам и детям, способствовать защите чести и достоинства граждан, а также оказывать им помощь при несчастных случаях, пожарах и стихийных бедствиях.

Военнослужащим запрещается держать руки в карманах одежды, сидеть или курить в присутствии начальника (старшего) без его разрешения, а также курить на улицах на ходу и в местах, не отведенных для этой цели!

Трезвый образ жизни должен быть повседневной нормой поведения всех военнослужащих. Появление в нетрезвом виде на службе и в общественных местах является **грубым дисциплинарным проступком**, позорящим честь и достоинство военнослужащего.

Правила воинской вежливости, поведения и выполнения воинского приветствия обязательны также для граждан, пребывающих в запасе или находящихся в отставке, при ношении ими военной формы одежды. Они должны строго соблюдать установленные правила ношения военной формы одежды.

Вопросы для контроля и самопроверки

1. Перечислите, какие уставы Вооруженных Сил Российской Федерации относятся к общевоинским уставам Вооруженных Сил Российской Федерации?

2. Что определяет Устав внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации?

3. Что определяет Дисциплинарный устав Вооруженных Сил Российской Федерации?

4. Что определяет Устав гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации?

5. Что определяет Строевой устав Вооруженных Сил Российской Федерации?

6. Кто является военнослужащим в Российской Федерации?

7. На какие составы подразделяются все военнослужащие Вооруженных Сил Российской Федерации?

8. Какие обязанности относятся к общим обязанностям военнослужащих?

9. Какими документами определяются должностные обязанности военнослужащих?

10. К каким видам ответственности могут привлекаться военнослужащие?

11. По каким основаниям могут привлекаться к ответственности военнослужащие?

12. Какое существует соотношение между военнослужащими по служебному положению и воинскому званию?

13. Кто является для военнослужащего прямым (непосредственным) начальником?

14. Кто является прямым начальником для солдат по служебному положению (воинскому званию)?

15. Чем определяется старшинство среди военнослужащих?

16. Какими правами пользуются старшие по воинскому званию в отношении младших?

17. Что такое приказ (приказание) начальника?

18. Чем является приказ для подчиненных?

19. Как отдается приказ (приказание) подчиненным военнослужащим в устной форме?

20. Как подчиненный военнослужащий принимает устный приказ (приказание)?

21. Чем является воинское приветствие для военнослужащих?

22. Какие обязанности по воинскому приветствию должны выполнять военнослужащие?

23. Что можете сказать о существующих правилах поведения военнослужащих?

24. Что можете сказать о правилах обращения военнослужащих между собой?

3. Внутренний порядок

Повседневная жизнь и деятельность военнослужащих в воинской части осуществляются в соответствии с требованиями внутренней службы, которые изложены в части второй Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации [11] и заключаются в следующем.

Внутренняя служба предназначена для поддержания в воинской части ***внутреннего порядка и воинской дисциплины,*** обеспечивающих ее постоянную боевую готовность, безопасность военной службы, учебу личного состава, организованное выполнение им других задач в повседневной деятельности и охрану здоровья военнослужащих. Она организуется в соответствии с законодательством Российской Федерации и Уставом внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации.

Внутренний порядок – это строгое соблюдение военнослужащими определенных федеральными законами, общевоинскими уставами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации правил размещения, быта в воинской части (подразделении), несения службы суточным нарядом и выполнение других мероприятий повседневной деятельности [11, ст. 163].

Воинская дисциплина есть строгое и точное соблюдение всеми военнослужащими порядка и правил, установленных федеральными конституционными законами, федеральными законами, общевоинскими уставами Вооруженных Сил Российской Федерации, иными нормативными правовыми актами Российской Федерации и приказами (приказаниями) командиров (начальников) [3, ст. 1].

Внутренний порядок достигается:

знанием, пониманием, сознательным и точным исполнением всеми военнослужащими обязанностей, определенных федеральными законами, общевоинскими уставами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации;

целенаправленным воспитанием военнослужащих, сочетанием высокой требовательности командиров (начальников) с постоянной заботой о подчиненных и об охране их здоровья;

организацией боевой подготовки;

образцовым несением боевого дежурства (боевой службы) и службы в суточном наряде;

точным выполнением распорядка дня и регламента служебного времени;

соблюдением правил эксплуатации вооружения, военной техники и другого военного имущества;

созданием в местах расположения военнослужащих условий для их повседневной деятельности, жизни и быта, отвечающих требованиям общевоинских уставов;

соблюдением безопасных условий военной службы, обеспечивающих защищенность военнослужащих, местного населения и окружающей среды от опасностей, возникающих в ходе выполнения мероприятий повседневной деятельности воинской части (подразделения).

3.1. Размещение военнослужащих

Военнослужащие, проходящие военную службу по призыву, кроме находящихся на кораблях, размещаются в казармах.

Для размещения каждой роты должны быть предусмотрены следующие помещения:

спальное помещение (жилые комнаты);

комната информирования и досуга (психологической разгрузки) военнослужащих;

канцелярия роты;

комната для хранения оружия;

комната (место) для чистки оружия;

комната (место) для спортивных занятий;

комната бытового обслуживания;

кладовая для хранения имущества роты и личных вещей военнослужащих;

место для чистки обуви;

сушилка для обмундирования;

комната для умывания;

душевая;

туалет.

Размещение военнослужащих, проходящих военную службу по призыву (кроме находящихся на кораблях), в **спальных помещениях (жилых комнатах)** производится из расчета не менее 12 куб. м объема воздуха на одного человека.

Кровати в спальных помещениях устанавливаются так, чтобы около каждой из них или около двух сдвинутых вместе оставались места для прикроватных тумбочек, а между рядами кроватей было свободное место, необходимое для построения личного состава, как показано на рис. 3.1; кровати располагаются не ближе 50 см от наружных стен с соблюдением равнения.

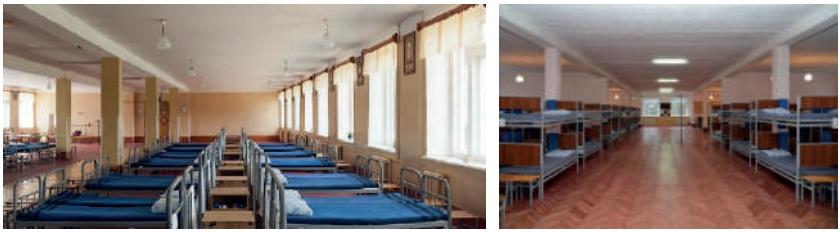


Рис. 3.1. Спальное помещение

Кровати в жилых комнатах роты должны располагаться в один ярус, а в спальных помещениях допускается два яруса.

В прикроватной тумбочке хранятся туалетные и бритвенные принадлежности, носовые платки, подворотнички, принадлежности для чистки одежды и обуви, банные принадлежности и другие мелкие предметы личного пользования, а также книги, уставы, фотоальбомы, тетради и другие письменные принадлежности.

Постели военнослужащих, размещенных в казарме, состоят из одеял, простынь, подушек с наволочками, матрацев и подстилок. Постели однообразно заправляются. Запрещается садиться и ложиться на постель в обмундировании (кроме дежурного по роте при отдыхе).

Порядок хранения обмундирования, других предметов вещевого имущества личного пользования военнослужащих, проходящих военную службу по призыву, а также средств индивидуальной защиты, кроме противогазов, определяется министром обороны Российской Федерации.

Порядок хранения фотоаппаратов, магнитофонов, радиоприемников и другой бытовой радиоэлектронной техники и порядок пользования ими в расположении полка определяется командиром полка.

Стрелковое оружие и боеприпасы, в том числе учебные, в подразделениях хранятся в **комнате для хранения оружия** – отдельной комнате с металлическими решетками на окнах, находящейся под постоянной охраной лиц суточного наряда и оборудованной техническими средствами охраны, оснащенными основными и резервными источниками питания, с выводом информации (звуковой и световой) к дежурному по полку. Комната для хранения оружия представлена на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Комната для хранения оружия

Пулеметы, автоматы, карабины, винтовки, приборы учебных стрельб и ручные гранатометы, а также штыки-ножи (штыки) хранятся в пирамидах, а пистолеты и боеприпасы – в металлических, закрывающихся на замок шкафах (сейфах) или ящиках.

Пирамиды с оружием, шкафы (сейфы) и ящики с пистолетами и боеприпасами, а также комната для хранения оружия должны закрываться на замки и опечатываться мастичными печатями: пирамиды и комната – печатью дежурного по роте, шкафы (сейфы) и ящики с пистолетами и боеприпасами – печатью старшины роты.

Ключи от комнаты для хранения оружия и пирамид должны быть в отдельной связке и постоянно находиться у дежурного по роте, а ключи от шкафов (сейфов), ящиков с пистолетами и боеприпасами – у старшины роты. Передавать ключи кому бы то ни было, в том числе во время отдыха, запрещается.

Комната (место) для спортивных занятий оборудуется, как показано на рис. 3.3, спортивным инвентарем.



Рис. 3.3. Комната (место) для спортивных занятий

В роте оборудуются, как показано на рис. 3.4**:**

душевая – из расчета 3–5 душевых сеток на этажную казарменную секцию (при оборудовании жилыми ячейками с блоком санитарно-бытовых помещений – душевая на 3–4 человека);

комната для умывания – из расчета один умывальник на 5–7 человек (при оборудовании жилыми ячейками с блоком санитарно-бытовых помещений – умывальник на 3–4 человека);

туалет – из расчета один унитаз и один писсуар на 10–12 человек (при оборудовании жилыми ячейками с блоком санитарно-бытовых помещений – туалет на 3–4 человека);

ножная ванна с проточной водой (в комнате для умывания) – на 30-35 человек;

мойка на этажную казарменную секцию для стирки обмундирования военнослужащими.



Рис. 3.4. Душевая комната, умывальник и туалет

Для чистки обмундирования и обуви отводятся отдельные, специально оборудованные помещения или места.

Одежда, белье и обувь военнослужащих при необходимости просушиваются в сушилках.

Комната бытового обслуживания оборудуется, как показано на рис. 3.5, столами для утюжки обмундирования, плакатами с правилами ношения военной формы одежды и знаков различия, ремонта обмундирования, зеркалами и обеспечивается стульями (табуретами), необходимым количеством утюгов, а также инвентарем и инструментом для стрижки волос, производства текущего ремонта обмундирования ремонтными материалами и принадлежностями.



Рис. 3.5. Комната бытового обслуживания.

В спальных помещениях или в других помещениях для личного состава на видном месте вывешиваются на специальных щитах распорядок дня, регламент служебного времени, расписание занятий, листы нарядов, схема размещения личного состава, опись имущества и необходимые инструкции, а также могут быть установлены телевизоры, радиоаппаратура, холодильники и другая бытовая техника.

Все здания и помещения, а также территория содержатся в чистоте и порядке.

Все помещения обеспечиваются достаточным количеством урн для мусора, а места для курения – урнами с водой (обеззараживающей жидкостью).

У наружных входов в помещения устанавливаются приспособления для очистки обуви от грязи и урны для мусора.

Ежедневная уборка помещений производится очередными уборщиками под непосредственным руководством дежурного по роте.

Поддержание чистоты в помещениях во время занятий возлагается на дневальных.

Кроме ежедневной уборки один раз в неделю производится общая уборка всех помещений под руководством старшины роты. Во время общей уборки постельные принадлежности (матрацы, подушки, одеяла) выносятся во двор для проветривания.

Зимой в жилых помещениях поддерживается температура воздуха не ниже +18°С, а в медицинских учреждениях – не ниже +20°С, в остальных помещениях – согласно установленным нормам. Термометры вывешиваются в помещениях на внутренних стенах, вдали от печей и нагревательных приборов, на высоте 1,5 м от пола.

Проветривание помещений в казармах производится дневальными под наблюдением дежурного по роте: в спальных комнатах – перед сном и после сна, в классах – перед занятиями и в перерывах между ними.

У входа в казармы, в комнатах для хранения оружия, коридорах, на лестницах и в туалетах с наступлением темноты и до рассвета поддерживается полное освещение, в спальных помещениях казармы в часы, предусмотренные для сна, – дежурное освещение. Наблюдение за режимом освещения возлагается на дежурных и дневальных.

3.2. Распределение времени и внутренний порядок в повседневной деятельности военнослужащих

Распределение времени в воинской части осуществляется так, чтобы обеспечивалась ее постоянная боевая готовность и создавались условия для проведения организованной боевой учебы личного состава, поддержания порядка, воинской дисциплины и внутреннего порядка, воспитания военнослужащих, повышения их культурного уровня, всестороннего бытового обслуживания, своевременного отдыха и приема пищи.

Военнослужащим, проходящим военную службу по призыву, предоставляется не менее одних суток отдыха еженедельно.

Распределение времени в воинской части в течение суток, а по некоторым положениям и в течение недели осуществляется распорядком дня и регламентом служебного времени.

Распорядок дня воинской части определяет по времени выполнение основных мероприятий повседневной деятельности, учебы и быта личного состава подразделений и штаба воинской части.

Регламентом служебного времени военнослужащих, проходящих военную службу по контракту, в дополнение к распорядку дня устанавливаются сроки и продолжительность выполнения этими военнослужащими мероприятий повседневной деятельности, вытекающих из обязанностей военной службы.

Регламентом служебного времени военнослужащих, проходящих военную службу по контракту, должно предусматриваться время их прибытия на службу и убытия с нее, время перерыва для приема пищи (обеда), самостоятельной подготовки (не менее четырех часов), ежедневной подготовки к проведению занятий и время на физическую подготовку (общей продолжительностью не менее трех часов в неделю). При определении регламента служебного времени учитывается необходимость исполнения военнослужащими должностных обязанностей в соответствии с распорядком дня, а также выполнения мероприятий, направленных на поддержание воинской части (подразделения) в постоянной боевой готовности.

Регламент служебного времени при несении службы в суточном наряде определяется общевоинскими уставами и соответствующими инструкциями.

Распорядок дня и регламент служебного времени устанавливает командир воинской части или соединения с учетом вида и рода войск Вооруженных Сил, задач, стоящих перед воинской частью, времени года, местных и климатических условий. Они разрабатываются на период обучения и могут уточняться командиром воинской части (соединения) на время боевых стрельб, полевых выходов, проведения учений, маневров, походов кораблей, несения боевого дежурства (боевой службы), службы в суточном наряде и других мероприятий с учетом особенностей их выполнения.

Распорядок дня и регламент служебного времени находятся в документации суточного наряда, а также в штабе воинской части и в канцеляриях подразделений.

В распорядке дня должно быть предусмотрено время для проведения утренней физической зарядки, утреннего и вечернего туа-

лета, утреннего осмотра, учебных занятий и подготовки к ним, смены специальной (рабочей) одежды, чистки обуви и мытья рук перед приемом пищи, приема пищи, ухода за вооружением и военной техникой, воспитательной, культурно-досуговой и спортивно-массовой работы, информирования личного состава, прослушивания радио и просмотра телепрограмм, приема больных в медицинском пункте, личных потребностей военнослужащих (не менее 2 часов), вечерней прогулки, поверки и 8 часов для сна.

После подъема проводятся утренняя физическая зарядка, уборка помещений и территории, заправка постелей, утренний туалет и утренний осмотр.

На утренних осмотрах проверяются наличие личного состава, внешний вид военнослужащих и соблюдение ими правил личной гигиены.

Боевая подготовка является основным содержанием повседневной деятельности военнослужащих.

На занятиях и учениях должен присутствовать весь личный состав полка, за исключением военнослужащих, находящиеся в суточном наряде. Занятия начинаются и заканчиваются по сигналу в часы, установленные распорядком дня (регламентом служебного времени).

Перед выходом на занятия командиры отделений и заместители командиров взводов проверяют наличие подчиненных и осматривают, по форме ли они одеты, правильно ли пригнано снаряжение и не заряжено ли оружие.

По окончании занятий и учений командиры подразделений лично проверяют наличие и комплектность всего вооружения, военной техники и учебно-тренировочных средств, а также наличие стрелкового оружия, боеприпасов. Оружие и сумки для магазинов проверяются командирами отделений. Результаты проверки докладываются по команде. Неизрасходованные боеприпасы и гильзы сдаются в установленном порядке.

По окончании занятий и учений осуществляется уборка мест проведения занятий, чистка оружия и шанцевого инструмента, техническое обслуживание вооружения и военной техники.

Завтрак, обед и ужин проводятся, как показано на рис. 3.6, в столовой в соответствии с распорядком дня. Промежутки между приемами пищи не должны превышать 7 часов.



Рис. 3.6. Прием пищи в столовой

Солдаты и сержанты прибывают в столовую в вычищенной одежде и обуви, в строю под командой старшины роты или по его указанию одного из заместителей командиров взводов.

В столовой во время приема пищи должен соблюдаться порядок. Запрещается принимать пищу в головных уборах, шинелях (утепленных куртках) и в специальной (рабочей) форме одежды.

После обеда в течение не менее 30 минут не должны проводиться занятия или работы.

Собрания, заседания, а также спектакли, кинофильмы и другие общественные мероприятия должны заканчиваться до вечерней прогулки.

Перед вечерней поверкой военнослужащих, проходящих военную службу по призыву, под руководством старшины роты или одного из заместителей командиров взводов проводится **вечерняя прогулка**. Во время вечерней прогулки личный состав исполняет строевые песни в составе подразделений.

После прогулки проводится **вечерняя поверка**. По команде дежурного по роте **«Рота, на вечернюю поверку – СТАНОВИСЬ»** заместители командиров взводов (командиры отделений) выстраивают свои подразделения для поверки. Дежурный по роте, построив роту, докладывает старшине о построении роты на вечернюю поверку.

Старшина роты или лицо, его замещающее, подает команду «СМИРНО» и приступает, как показано на рис. 3.7, к вечерней поверке.

В начале вечерней поверки он называет воинские звания, фамилии военнослужащих, зачисленных за совершенные ими подвиги в список роты навечно или почетными солдатами. Услышав фамилию каждого из указанных военнослужащих, заместитель командира первого взвода докладывает: «Такой-то (воинское звание и фамилия) пал смертью храбрых в бою за свободу и независимость Оте-



Рис. 3.7. Вечерняя поверка

чества – Российской Федерации» или «Почетный солдат роты (воинское звание и фамилия) находится в запасе».

После этого старшина роты поверяет личный состав роты по именному списку. Услышав свою фамилию, каждый военнослужащий отвечает: «Я». За отсутствующих отвечают командиры отделений. Например: «В карауле», «В отпуске».

По окончании вечерней поверки старшина роты подает команду «ВОЛЬНО», объявляет приказы и приказания в части, касающейся всех военнослужащих, наряд на следующий день и производит (уточняет) боевой расчет на случай тревоги, при пожаре и возникновении других чрезвычайных ситуаций, а также при внезапном нападении на расположение воинской части (подразделения).

В установленный час подается сигнал «Отбой», включается дежурное освещение и соблюдается полная тишина.

Каждую неделю, как правило, в субботу, в полку проводится парково-хозяйственный день в целях обслуживания вооружения, военной техники и другого военного имущества, дооборудования и благоустройства парков и объектов учебно-материальной базы, приведения в порядок военных городков и производства других работ. В этот же день обычно производится общая уборка всех помещений, а также помывка личного состава в бане.

Воскресные и праздничные дни являются днями отдыха для всего личного состава, кроме несущего боевое дежурство (боевую службу) и службу в суточном и гарнизонном нарядах. В эти дни, а также в свободное от занятий время с личным составом проводятся культурно-досуговая работа, спортивные состязания и игры.

Накануне дней отдыха концерты, кинофильмы и другие мероприятия для военнослужащих, проходящих военную службу по призыву, разрешается оканчивать на 1 час позднее обычного, подъем в дни отдыха производить позднее обычного, в час, установленный командиром воинской части.

В дни отдыха утренняя физическая зарядка не проводится.

Военнослужащий, проходящий военную службу по призыву, если на него не наложено дисциплинарное взыскание «лишение очередного увольнения», имеет право на одно увольнение в неделю из расположения полка.

Военнослужащие, проходящие военную службу по призыву, увольняются из расположения полка командиром роты в назначенные командиром полка дни и часы. Одновременно из подразделения может быть уволено не более 30% военнослужащих. Солдаты первого года службы увольняются из расположения полка после приведения их к Военной присяге. В субботу и предпраздничные дни разрешается увольнение до 24 часов, а в воскресенье и праздничные дни – до вечерней поверки.

С разрешения командира батальона командир роты может предоставить военнослужащему увольнение по уважительной причине и в другие дни недели после учебных занятий до отбоя или до утра следующего дня (по не позднее, чем за 2 часа до начала занятий).

Увольнение производится в порядке очередности. Очередность увольнения ведут заместители командиров взводов.

Посещение военнослужащих разрешается командиром роты в установленное распорядком дня время, в специально отведенной для этого в полку комнате (месте) посетителей.

Лица, желающие посетить военнослужащих, допускаются в комнату (место) посетителей с разрешения дежурного по полку.

Члены семей военнослужащих и другие лица с разрешения командира полка могут посещать казарму, столовую, комнату боевой славы (истории) воинской части и другие помещения для ознакомления с жизнью и бытом личного состава полка. Для их сопровождения и дачи необходимых пояснений назначаются подготовленные для этого военнослужащие.

3.3. Суточный наряд

Суточный наряд назначается для поддержания внутреннего порядка, охраны личного состава, вооружения, военной техники и боеприпасов, помещений и другого военного имущества воинской части (подразделения), контроля за состоянием дел в подразделениях и своевременного принятия мер по предупреждению правонарушений.

Состав суточного наряда объявляется приказом командира полка на период обучения. Предусматривается следующий **состав суточного полкового наряда:**

дежурный по полку;

помощник дежурного по полку;

дежурное подразделение;

караул;

дежурный и дневальные по парку, а также механики-водители (водители) дежурных тягачей;

дежурный фельдшер или санитарный инструктор и дневальные по медицинскому пункту;

дежурный и помощники дежурного по контрольно-пропускному пункту;

дежурный по столовой и рабочие в столовую;

дежурный по штабу полка;

дежурный сигналист-барабанщик;

посыльные;

пожарный наряд.

Ежедневно приказом командира полка назначаются: дежурный по полку, помощник дежурного по полку, начальник караула, дежурный по парку, дежурное подразделение, а также подразделения, от которых выделяются другие лица в суточный наряд и наряд на работы.

При необходимости командир полка имеет право сокращать или увеличивать состав суточного наряда. В суточный наряд роты назначаются дежурный по роте и дневальные по роте. Количество смен дневальных в ротах определяется командиром полка.

Состав суточного наряда по общежитию военнослужащих женского пола, а также его обязанности определяются применительно к суточному наряду роты.

Вместо дежурных по ротам в некоторых батальонах в зависимости от их численности и условий размещения по решению командира полка может назначаться дежурный по батальону, а в подразделениях обеспечения полка при совместном их расположении – дежурный по этим подразделениям.

Число дневальных в указанных случаях определяется исходя из условий размещения подразделений, обеспечения охраны и поддержания внутреннего порядка.

Все лица суточного наряда должны знать, точно и добросовестно исполнять свои обязанности, настойчиво добиваясь соблюдения распорядка дня и других правил внутреннего порядка.

Без разрешения дежурного по полку лица суточного наряда не имеют права прекращать или передавать кому-либо исполнение своих обязанностей.

При посещении подразделений начальниками от командира полка и выше дежурные по подразделениям обязаны немедленно докладывать об этом дежурному по полку.

Все дежурные и их помощники должны иметь на левой стороне груди (левом рукаве) нагрудный знак (нарукавную повязку из красной ткани) с соответствующей надписью. Нагрудный знак (нарукавную повязку) сменяемый дежурный передает заступающему дежурному после доклада дежурных о сдаче и приеме.

Дежурный по полку, помощник дежурного по полку, дежурный по парку, дежурный по контрольно-пропускному пункту, дежурный по штабу полка, назначенные из числа офицеров и прапорщиков, вооружаются пистолетами с двумя снаряженными магазинами.

Дежурный по парку, дежурный по контрольно-пропускному пункту, дежурный по штабу полка, назначенные из числа сержантов, помощники дежурного по контрольно-пропускному пункту, дежурные и дневальные по подразделениям, кроме военнослужащих женского пола, входящих в состав суточного наряда по общежитию, а также дневальные по парку и посыльные вооружаются штыками-ножами в ножнах. ***Штык-нож должен находиться на поясном ремне с левой стороны на ширину ладони от пряжки.***

При необходимости по приказу командующего войсками военного округа (флотом) в некоторых воинских частях дежурный по пар-

ку, дежурный по контрольно-пропускному пункту, дежурный по штабу полка, назначенные из числа сержантов, помощники дежурного по контрольно-пропускному пункту, суточный наряд роты и дневальные по парку могут вооружаться автоматами (карабинами) с двумя снаряженными магазинами (с 30 патронами в обоймах). Правила хранения оружия и порядок его применения указанными лицами определяются инструкциями в соответствии с Уставом внутренней службы и Уставом гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации.

Дежурному по полку и его помощнику поочередно, а также дежурному по роте разрешается за время дежурства отдыхать лежа (спать) по четыре часа каждому в установленное командиром полка время, без обуви, не снимая снаряжения и не раздеваясь.

Свободной смене дневальных разрешается поочередно отдыхать лежа (спать), раздеваясь, только от отбоя до подъема.

Дежурным по парку, контрольно-пропускному пункту и столовой, дежурному фельдшеру (санитарному инструктору), дежурному по штабу полка и сигналисту-барабанщику разрешается ночью отдыхать лежа (спать), без обуви, не снимая снаряжения и не раздеваясь.

Сменившийся состав суточного наряда освобождается в день смены от занятий и работ.

3.3.1. Подготовка и развод суточного наряда

Штаб воинской части за пять-шесть суток до начала нового месяца на основании ведомости суточного наряда доводит до командиров подразделений сведения о днях заступления в суточный наряд и его состав.

Командиры подразделений, от которых назначается суточный наряд, отвечают за подбор личного состава и подготовку его к несению службы, за своевременное прибытие суточного наряда на занятие (инструктаж) к соответствующим должностным лицам полка и на развод.

В ночь, предшествующую наряду, лица, назначенные в суточный наряд, должны быть освобождены от всех занятий и работ. Пожарный наряд, назначенный от нештатной пожарной команды, от занятий и работ, проводимых в расположении полка, не освобождается.

Личному составу, заступающему в суточный наряд, в день заступления, в часы, указанные в распорядке дня (регламенте служебного времени), должно быть предоставлено не менее трех часов, а при заступлении в караул через сутки – не менее четырех часов для подготовки к несению службы, в том числе не менее одного часа для отдыха (сна).

Подготовка личного состава, заступающего в суточный наряд, кроме караула, назначенного от роты (батареи), проводится старшиной или другим должностным лицом подразделения. Подготовка суточного наряда, назначенного от батальона (дивизиона) или от воинской части, организуется соответствующими командирами и проводится их заместителями [11, ст. 277].

Подготовка караула осуществляется в соответствии с Уставом гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации.

Личный состав, назначенный в суточный наряд приказом командира полка, в установленное время в соответствии с предназначением по службе прибывает на занятие (инструктаж) к заместителям командира полка или назначенным для этого командиром полка другим должностным лицам.

На занятии (инструктаже) изучаются положения общевоинских уставов, инструкций и требования безопасности военной службы, а также проверяется знание личным составом, заступающим в наряд, специальных обязанностей.

Практические занятия проводятся в день заступления военнослужащих в наряд в часы, указанные в распорядке дня (регламенте служебного времени), в оборудованных помещениях (местах) для несения службы суточным нарядом, в расположении подразделения или на месте несения службы; основное внимание уделяется практическим действиям суточного наряда в различных условиях обстановки.

С личным составом, заступающим в суточный наряд, вооруженным автоматами (карабинами), проводятся занятия по действиям с применением оружия.

За пятнадцать минут до выхода на развод суточный наряд должен быть готов к несению службы и принят своими дежурными и начальником караула полка в подчинение.

Развод суточного наряда производится в порядке, установленном Уставом гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации. Развод производит заступающий дежурный по полку в установленное командиром полка время.

За десять минут до развода заступающий помощник дежурного по полку из числа офицеров выстраивает личный состав, заступающий в суточный наряд, в установленном для развода месте, проверяет его наличие и по прибытии заступающего дежурного по полку докладывает ему.

Если помощник дежурного по полку прапорщик, то построение суточного наряда и доклад дежурному по полку производит офицер из числа лиц суточного наряда.

Для развода суточный наряд строится: на правом фланге – караулы, а затем справа налево – дежурный по парку, дежурный фельдшер (санитарный инструктор), дежурный по контрольно-пропускному пункту, дежурный по штабу полка, дежурный по общежитию военнослужащих женского пола, все дежурные по ротам в порядке подразделений, посыльные, дежурный по столовой, пожарный наряд, дежурное подразделение и дежурный сигналист-барабанщик; помощники дежурного по контрольно-пропускному пункту, дневальные и механики-водители (водители) дежурных тягачей выстраиваются в затылок своим дежурным, а рабочие в столовую – левее дежурного по столовой; помощник дежурного по полку становится на правом фланге караулов. Дежурное подразделение строится в соответствии со Строевым уставом Вооруженных Сил Российской Федерации.

3.3.2. Обязанности лиц суточного наряда подразделения

Дежурный по роте назначается из сержантов и, как исключение, из числа наиболее подготовленных солдат. **Он отвечает за** выполнение распорядка дня (регламента служебного времени) и соблюдение других правил поддержания внутреннего порядка в роте; за сохранность оружия, ящиков с боеприпасами, имущества роты, личных вещей солдат и сержантов и за правильное несение службы дневальными. Дежурный по роте подчиняется дежурному по полку

и его помощнику, а в порядке внутренней службы в роте – командиру роты и старшине роты [11, ст. 298].

Перед разводом заступающий в наряд дежурный по роте проверяет состав назначенного суточного наряда роты, осматривает его и представляет старшине роты. После осмотра, проверки знания обязанностей, требований безопасности при несении службы и проведения практических занятий старшиной роты он получает у командира роты (старшины роты) развернутую строевую записку роты и ведет суточный наряд роты на развод [11, ст. 299].

После развода заступающий в наряд дежурный вместе со сменяемым дежурным проверяет и принимает оружие, ящики с боеприпасами и печати на них, имущество по описям, проверяет наличие и исправность средств пожаротушения, связи и оповещения, после чего дежурные расписываются в книге приема и сдачи дежурства.

Оружие принимается поштучно, по номерам и в комплектности. При этом проверяется исправность замков, охранной сигнализации, шкафов и другого оборудования, а также целостность печатей.

После сдачи и приема дежурства сменяемый и заступающий дежурные докладывают командиру роты или лицу, его замещающему, о сдаче и приеме дежурства, а в отсутствие командира роты (лица, его замещающего) – старшине роты. Например, **«Товарищ капитан. Сержант Иванов дежурство по роте сдал», «Товарищ капитан. Младший сержант Петров дежурство по роте принял».**

Заступающий дежурный по роте докладывает обо всех сделанных замечаниях и отданных дежурным по полку на разводе указаниях, о наличии оружия, а также о неисправностях или недостаче, обнаруженных при приеме дежурства.

Дежурный по роте обязан:

производить при объявлении тревоги подъем личного состава и оповещать военнослужащих, проходящих военную службу по контракту; до прибытия в роту офицеров роты или старшины роты выполнять указания дежурного по полку;

следить за выполнением распорядка дня (регламента служебного времени) в роте, в установленное время производить общий подъем личного состава;

знать боевой расчет роты на случай тревоги, пожара и возникновения других чрезвычайных ситуаций, а также внезапного нападения на расположение полка (подразделения), местонахождение роты и порядок ее вызова, наличие в роте людей, число военнослужащих, находящихся в наряде, больных, содержащихся на гауптвахте, находящихся в увольнении, отправленных в составе команд, прикомандированных, а также наличие и точный расход оружия;

выдавать по тревоге механикам-водителям (водителям) ключи от замков зажигания и люков машин вместе с путевыми листами;

выдавать закрепленное за военнослужащими оружие, кроме пистолетов, только по приказу командира или старшины роты, делая запись об этом в книге выдачи оружия и боеприпасов (приложение № 10); при приеме оружия проверять номера и его комплектность; постоянно иметь при себе и никому не передавать ключи от комнаты для хранения оружия;

принимать неотложные меры к наведению порядка в случае каких-либо происшествий в роте и нарушения уставных правил взаимоотношений между военнослужащими роты; немедленно докладывать об этом дежурному по полку и командиру роты или лицу, его замещающему, а в отсутствие командира роты или лица, его замещающего, – старшине роты;

следить за наличием и исправным состоянием средств пожаротушения роты и охранной сигнализации комнат для хранения оружия, выполнением требований пожарной безопасности в роте (курение разрешать только в отведенных для этого местах, просушку обмундирования – только в сушилках, наблюдать за выполнением правил топки печей и пользования лампами);

по команде дежурного по полку закрывать двери казармы на запоры, а допуск прибывших лиц осуществлять по звонку вызывной сигнализации после предварительного ознакомления;

вызывать пожарную команду при возникновении пожара, принимать меры по его тушению и немедленно докладывать дежурному по полку и командиру роты, а также принимать меры по выводу людей и выносу оружия и имущества из помещений, которым угрожает опасность;

своевременно сменять дневальных; по приказу старшины роты отправлять подразделения, назначенные на работы, и различные ко-

манды, а также отправлять всех заболевших и подлежащих осмотру врачом в медицинский пункт;

выстраивать в назначенный час увольняемых из расположения полка, докладывать об этом старшине роты и по его приказу представлять их дежурному по полку;

передавать исполнение своих обязанностей одному из дневальных свободной смены, отлучаясь из помещения роты по делам службы, а также на время своего отдыха;

получать от старшины роты после вечерней поверки сведения об отсутствующих, а при наличии самовольно отлучившихся – список этих военнослужащих с указанием их воинского звания, фамилии, имени и отчества, предполагаемого местонахождения и докладывать дежурному по полку. Например, **«Товарищ капитан. В 1-й танковой роте вечерняя поверка произведена, все люди налицо, за исключением двух человек, находящихся в отпуске, трех человек – в наряде. Дежурный по роте сержант Иванов»**;

докладывать после утреннего осмотра дежурному по полку по средствам связи о наличии личного состава роты, о происшествиях за ночь, а при наличии опоздавших из увольнения и самовольно отлучившихся представлять их список;

следить за тщательной уборкой и содержанием помещений роты, за поддержанием в них установленной температуры воздуха, соблюдением порядка освещения, отоплением, проветриванием помещений, наличием питьевой воды в бачках и воды в умывальниках, а также за уборкой участка территории, закрепленного за ротой;

поддерживать порядок при приеме пищи личным составом роты; по указанию старшины роты своевременно подавать дежурному по столовой заявки на оставление пищи лицам, находящимся в наряде или отсутствующим по служебным делам;

по прибытии в роту прямых начальников от командира роты и выше, дежурного по полку, а также инспектирующих (проверяющих) лиц подавать команду **«Смирно»,** докладывать им и сопровождать их по расположению роты. Например, **«Товарищ майор. Во время моего дежурства происшествий не случилось (или случилось то-то). Рота занимается на войсковом стрельбище. Дежурный по роте сержант Иванов».**

Другим офицерам, прапорщикам и старшине роты дежурный только представляется.

По прибытии офицеров не своей роты дежурный по роте также представляется им и сопровождает их к командиру роты.

В том случае, когда прибывшего командира (начальника) встречает командир роты и докладывает ему, присутствующий при этом дежурный по роте только представляется (ст. 300 Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации).

При расположении в населенном пункте дежурный по роте, кроме того, наблюдает, чтобы солдаты и сержанты не выходили из района расположения роты, не заходили в места, посещение которых запрещено, при нахождении на улице соблюдали порядок и установленную форму одежды, не допускали недостойных поступков по отношению к гражданскому населению. Военнослужащих, замеченных в нарушении порядка, дежурный по роте задерживает и направляет к старшине роты [11, ст. 301].

Дневальный по роте назначается из солдат. Разрешается назначать дневальным по роте сержантов и старшин, проходящих военную службу на воинских должностях солдат. **Дневальный по роте отвечает за** сохранность находящихся под его охраной оружия, шкафов (ящиков) с пистолетами, ящиков с боеприпасами, имущества роты и личных вещей солдат и сержантов. Дневальный по роте подчиняется дежурному по роте [11, ст. 302].

Очередной дневальный по роте несет службу внутри казарменного помещения у входной двери, вблизи комнаты для хранения оружия. **Он обязан:**

никуда не отлучаться из помещения роты без разрешения дежурного по роте; постоянно наблюдать за комнатой для хранения оружия;

не пропускать в помещение посторонних лиц, а также не допускать выноса из казармы оружия, боеприпасов, имущества и вещей без разрешения дежурного по роте;

немедленно докладывать дежурному по роте обо всех происшествиях в роте, о нарушении уставных правил взаимоотношений между военнослужащими роты, замеченных неисправностях и нарушениях требований пожарной безопасности, принимать меры к их устранению;

будить личный состав при общем подъеме, а также ночью в случае тревоги или пожара; своевременно подавать команды согласно распорядку дня;

следить за чистотой и порядком в помещениях и требовать их соблюдения от военнослужащих;

не позволять военнослужащим в холодное время, особенно ночью, выходить из помещения неодетыми;

следить за тем, чтобы военнослужащие курили, чистили обувь и одежду только в отведенных для этого помещениях или местах;

по прибытии в роту прямых начальников от командира роты и выше и дежурного по полку подавать команду «Смирно»; по прибытии в роту других офицеров роты, а также старшины роты и военнослужащих не своей роты вызывать дежурного. Например, «Дежурный по роте, на выход».

Очередному дневальному запрещается садиться, снимать снаряжение и расстегивать одежду.

Дневальный свободной смены обязан поддерживать чистоту и порядок в помещениях роты и никуда не отлучаться без разрешения дежурного по роте, оказывать ему помощь в наведении порядка в случае нарушения уставных правил взаимоотношений между военнослужащими роты; оставаясь за дежурного по роте, исполнять его обязанности.

При расквартировании роты в населенном пункте один из дневальных должен безотлучно находиться на улице, на месте, установленном командиром роты и оборудованном навесом для защиты от непогоды.

Дневальный обязан всегда знать, где находится дежурный по роте, и наблюдать за соблюдением военнослужащими порядка и правил ношения военной формы одежды. Обо всех замеченных нарушениях он докладывает дежурному по роте [11, ст. 305].

Вопросы для контроля и самопроверки:

1. Для чего предназначена внутренняя служба?
2. Что такое внутренний порядок?
3. Чем достигается внутренний порядок?
4. Какие помещения предусмотрены для размещения роты?
5. Какие санитарно-гигиенические требования должны соблюдаться в помещениях для военнослужащих?

6. Как должны храниться стрелковое оружие и боеприпасы?

7. Как должна быть оборудована комната бытового обслуживания?

8. Как организуется поддержание чистоты и порядка в казарменных помещениях?

9. Каким требованиям должно быть подчинено распределение времени в воинской части?

10. Какие мероприятия должны быть предусмотрены в распорядке дня военнослужащих?

11. Какие мероприятия в роте проводятся после подъема личного состава?

12. Как организуется прием пищи личным составом?

13. Как проводится вечерняя поверка?

14. Какие изменения в распорядке дня предусмотрены в воскресные и праздничные дни?

15. Какой установлен порядок увольнения военнослужащих из расположения части?

16. Как осуществляется посещение военнослужащих членами семей и другими лицами?

17. Для чего назначается суточный наряд?

18. Какой установлен состав суточного полкового наряда?

19. Что должны знать все лица суточного наряда?

20. За что отвечают командиры подразделений, от которых назначается суточный наряд?

21. Как осуществляется подготовка личного состава, назначенного в суточный наряд?

22. Какой установлен порядок построения суточного наряда для развода?

23. Кто входит в состав наряда по роте?

24. Как проводится подготовка суточного наряда роты?

25. За что отвечает дежурный по роте?

26. Какие обязанности выполняет дежурный по роте?

27. Как дежурный по роте принимает оружие?

28. За что отвечает дневальный по роте?

29. Где выставляется дневальный по роте?

30. Какие обязанности выполняет дневальный по роте?

31. Что запрещается очередному дневальному?

4. Воинская дисциплина

Сущность воинской дисциплины, обязанности военнослужащих по ее соблюдению, виды поощрений и дисциплинарных взысканий, права командиров (начальников) по их применению изложены в Дисциплинарном уставе Вооруженных Сил Российской Федерации [3] и заключаются в следующем.

4.1. Сущность воинской дисциплины.

Воинская дисциплина есть строгое и точное соблюдение всеми военнослужащими порядка и правил, установленных федеральными конституционными законами, федеральными законами, общевоинскими уставами Вооруженных Сил Российской Федерации, иными нормативными правовыми актами Российской Федерации и приказами (приказаниями) командиров (начальников).



Воинская дисциплина основывается на осознании каждым военнослужащим воинского долга и личной ответственности за защиту Российской Федерации. Она строится на правовой основе, уважении чести и достоинства военнослужащих.

Основным методом воспитания у военнослужащих дисциплинированности является убеждение. Однако это не исключает возможности применения мер принуждения к тем, кто недобросовестно относится к выполнению своего воинского долга.

Воинская дисциплина обязывает каждого военнослужащего:

быть верным Военной присяге (обязательству), строго соблюдать Конституцию Российской Федерации, законы Российской Федерации и требования общевоинских уставов;

выполнять свой воинский долг умело и мужественно, добросовестно изучать военное дело, беречь государственное и военное имущество;



беспрекословно выполнять поставленные задачи в любых условиях, в том числе с риском для жизни, стойко переносить трудности военной службы;

быть бдительным, строго хранить государственную тайну;

соблюдать нормы международного гуманитарного права в соответствии с Конституцией Российской Федерации;

поддерживать определенные общевоинскими уставами правила взаимоотношений между военнослужащими, крепить войсковое товарищество;

оказывать уважение командирам (начальникам) и друг другу, соблюдать правила воинского приветствия и воинской вежливости;

вести себя с достоинством в общественных местах, не допускать самому и удерживать других от недостойных поступков, содействовать защите чести и достоинства граждан.

Воинская дисциплина достигается:

воспитанием у военнослужащих сознательного повиновения командирам (начальникам), боевых, морально-политических и психологических качеств;

знанием и соблюдением военнослужащими законов Российской Федерации, других нормативных правовых актов Российской Федерации, требований общевоинских уставов и норм международного гуманитарного права;

личной ответственностью каждого военнослужащего за исполнение обязанностей военной службы;

поддержанием в воинской части (подразделении) внутреннего порядка всеми военнослужащими;

четкой организацией боевой подготовки и полным охватом ею личного состава;

повседневной требовательностью командиров (начальников) к подчиненным и контролем за их исполнительностью, уважением личного достоинства военнослужащих и постоянной заботой о них,

умелым сочетанием и правильным применением мер убеждения, принуждения и общественного воздействия коллектива;

созданием в воинской части (подразделении) необходимых условий военной службы, быта и системы мер по ограничению опасных факторов военной службы.

В целях поддержания воинской дисциплины в воинской части (подразделении) **командир обязан:**



изучать личные качества подчиненных, поддерживать определенные общевоинскими уставами правила взаимоотношений между ними, сплачивать воинский коллектив, укреплять дружбу между военнослужащими разных национальностей;

знать состояние воинской дисциплины, морально-политическое и психологическое состояние личного состава, добиваться единого понимания подчиненными командирами (начальниками) требований, задач и способов укрепления воинской дисциплины, руководить их деятельностью по укреплению воинской дисциплины и поддержанию морально-политического и психологического состояния личного состава, обучать практике применения поощрений и дисциплинарных взысканий;



немедленно устранять выявленные нарушения правил несения службы и решительно пресекать любые действия, которые могут причинить вред боеспособности воинской части (подразделения);

организовывать правовое обучение (правовое воспитание), проводить работу по предупреждению преступлений, происшествий и проступков;

воспитывать подчиненных военнослужащих в духе неукоснительного выполнения требований воинской дисциплины и высокой

исполнительности, развивать и поддерживать у них чувство собственного достоинства, сознание воинской чести и воинского долга, создавать в воинской части (подразделении) нетерпимое отношение к нарушениям воинской дисциплины, обеспечивать на основе гласности их правовую и социальную защиту;



анализировать состояние воинской дисциплины, морально-политическое и психологическое состояние подчиненных военнослужащих, своевременно и объективно докладывать вышестоящему командиру (начальнику) о нарушениях, а о преступлениях и происшествиях – немедленно. При обнаружении в действиях (бездействии) подчиненных признаков преступления командир воинской части обязан незамедлительно уведомить об этом военного прокурора, руководителя военного следственного органа Следственного комитета Российской Федерации, органы военной полиции и принять меры, предусмотренные законодательством Российской Федерации.

За состояние воинской дисциплины в воинской части (подразделении) отвечают командир и заместитель командира по военно-политической работе, которые должны постоянно поддерживать воинскую дисциплину, требовать от подчиненных ее соблюдения, поощрять достойных, строго, но справедливо взыскивать с нерадивых.

Уважение личного достоинства военнослужащих, забота об их правовой и социальной защите – важнейшая обязанность командира (начальника).

Командир (начальник) должен знать нужды и запросы подчиненных, добиваться их удовлетворения, не допускать грубости и унижения личного достоинства подчиненных, служить образцом строгого соблюдения законов Российской Федерации, других нормативных правовых актов Российской Федерации и требований общевоинских уставов, быть примером нравственности, честности, скромности и справедливости.

Деятельность командира (начальника) по поддержанию воинской дисциплины оценивается не по количеству правонарушений в воинской части (подразделении), а по точному соблюдению им законов Российской Федерации, других нормативных правовых актов Российской Федерации и требований общевоинских уставов, полному и эффективному использованию своей дисциплинарной власти и исполнению своих обязанностей в целях наведения внутреннего порядка, своевременного предупреждения нарушений воинской дисциплины. Ни один нарушитель воинской дисциплины не должен уйти от ответственности, но и ни один невиновный не должен быть наказан.



Командир (начальник), не обеспечивший необходимых условий для соблюдения уставного порядка и требований воинской дисциплины, не принявший мер для их восстановления, в том числе по исполнению обязанности о незамедлительном уведомлении вышестоящего командира, военного прокурора, руководителя военного следственного органа Следственного комитета Российской Федерации и органов военной полиции о происшествиях и об обнаружении в действиях (бездействии) подчиненных признаков преступления, несет за это ответственность.

Командир (начальник) не несет дисциплинарной ответственности за правонарушения, совершенные его подчиненными, за исключением случаев, когда он скрыл правонарушение или не принял необходимых мер в пределах своих полномочий по предупреждению правонарушений и привлечению к ответственности виновных лиц.

Каждый военнослужащий обязан содействовать командиру (начальнику) в восстановлении порядка и поддержании воинской дисциплины. За уклонение от содействия командиру (начальнику) военнослужащий несет ответственность.



Право командира (начальника) отдавать приказ и обязанность подчиненного беспрекословно повиноваться являются основными принципами единоначалия.

В случае открытого неповиновения или сопротивления подчиненного командир (начальник) обязан для восстановления порядка и воинской дисциплины принять все установленные федеральными законами и общевоинскими уставами меры принуждения, вплоть до задержания и привлечения нарушителя к предусмотренной законодательством Российской Федерации ответственности. При этом оружие может быть применено только в боевой обстановке, а в условиях мирного времени – в исключительных случаях, не терпящих отлагательства, в соответствии с требованиями статей 13 и 14 Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации. Командир воинской части, кроме того, обязан немедленно сообщить о случаях открытого неповиновения или сопротивления подчиненного, а также о применении им оружия в военную полицию.

Применять поощрения и дисциплинарные взыскания (за исключением дисциплинарного ареста) **могут только прямые начальники.** Применять дисциплинарные взыскания, кроме того, имеют право начальники, указанные в статьях 75 – 79 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

Дисциплинарный арест за совершение военнослужащим грубых дисциплинарных проступков назначается по решению судьи гарнизонного военного суда.

Право направлять материалы о грубом дисциплинарном проступке в гарнизонный военный суд для принятия решения о применении к военнослужащему дисциплинарного ареста принадлежит командиру воинской части и начальнику органа военной полиции.

Право ходатайствовать о применении к военнослужащему дисциплинарного ареста предоставлено командирам (начальникам) от командира отделения и выше или лицу, проводившему разбирательство.

Дисциплинарная власть, предоставленная нижестоящим командирам (начальникам), всегда принадлежит и вышестоящим командирам (начальникам).

Командиры (начальники) в отношении подчиненных им военнослужащих пользуются дисциплинарной властью в соответствии с воинским званием, предусмотренным штатом для занимаемой воинской должности:

а) младший сержант, сержант, старшина 2 статьи и старшина 1 статьи – властью командира отделения;

б) старший сержант и главный старшина – властью заместителя командира взвода;

в) старшина и главный корабельный старшина, прапорщик и мичман, старший прапорщик и старший мичман – властью старшины роты (команды);

г) младший лейтенант, лейтенант и старший лейтенант – властью командира взвода (группы);

д) капитан и капитан-лейтенант – властью командира роты (боевого катера, корабля 4 ранга);

е) майор, подполковник, капитан 3 ранга и капитан 2 ранга – властью командира батальона;

ж) полковник и капитан 1 ранга – властью командира полка (корабля 1 ранга), бригады;

з) генерал-майор и контр-адмирал – властью командира дивизии;

и) генерал-лейтенант и вице-адмирал – властью командира корпуса (эскадры);

к) генерал-полковник и адмирал – властью командующего армией (флотилией);

л) генерал армии, адмирал флота и Маршал Российской Федерации – властью командующего войсками военного округа, фронта, флотом.

При временном исполнении обязанностей (должности) по службе командиры (начальники) пользуются дисциплинарной властью по воинской должности, объявленной в приказе.

Заместители (помощники) командиров воинских частей (подразделений), старшие помощники командиров кораблей в отноше-

нии подчиненных им военнослужащих пользуются дисциплинарной властью на одну ступень ниже прав, предоставленных их непосредственным начальникам.

На кораблях, где имеются старший помощник и помощник командира корабля, последний пользуется дисциплинарной властью на одну ступень ниже прав, предоставленных старшему помощнику.

Офицеры от заместителя командира полка и ниже при нахождении с подразделениями или командами в командировке в качестве их начальников, а также при выполнении определенной в приказе командира воинской части самостоятельной задачи вне места дислокации своей воинской части пользуются дисциплинарной властью на одну ступень выше прав по занимаемой воинской должности.

Военнослужащие, назначенные начальниками команд, в указанных выше случаях пользуются дисциплинарной властью: сержанты и старшины – властью старшины роты (команды); старшина, главный корабельный старшина, прапорщик, старший прапорщик и мичман, старший мичман – властью командира взвода (группы); прапорщики, старшие прапорщики и мичманы, старшие мичманы, занимающие должности командиров взводов (групп), – властью командира роты.

Офицеры – командиры учебных подразделений в военных профессиональных образовательных организациях, военных образовательных организациях высшего образования Министерства обороны Российской Федерации (далее – военные образовательные организации) и учебных воинских частях в отношении подчиненных им лиц пользуются дисциплинарной властью на одну ступень выше прав по занимаемой воинской должности.

Министр обороны Российской Федерации в отношении военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации пользуется дисциплинарной властью в полном объеме прав, определенных Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации.

Заместители Министра обороны Российской Федерации, главнокомандующие видами Вооруженных Сил Российской Федерации и им равные пользуются дисциплинарной властью на одну ступень ниже прав, предоставленных Министру обороны Российской Федерации.

Лица гражданского персонала Вооруженных Сил Российской Федерации, замещающие воинские должности, в отношении военнослужащих пользуются дисциплинарной властью в соответствии с занимаемой штатной воинской должностью.

4.2. Поощрения и их виды, права командиров (начальников) по применению поощрений к подчиненным

Поощрения являются важным средством воспитания военнослужащих и укрепления воинской дисциплины.

Командир (начальник) в пределах прав, определенных Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации, обязан поощрять подчиненных военнослужащих за особые личные заслуги, разумную инициативу, усердие и отличие по службе.

В том случае, когда командир (начальник) считает, что предоставленных ему прав недостаточно, он может ходатайствовать о поощрении отличившихся военнослужащих властью вышестоящего командира (начальника).



За мужество и отвагу, проявленные при выполнении воинского долга, образцовое руководство войсками и другие выдающиеся заслуги перед государством и Вооруженными Силами Российской Федерации, за высокие показатели в боевой подготовке, отличное освоение новых образцов вооружения и военной техники командиры (начальники) от командира полка (корабля 1 ранга), им равные и выше, командиры отдельных батальонов (кораблей 2 и 3 ранга), командиры отдельных воинских частей, пользующиеся в соответствии со статьей 11 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации дисциплинарной властью командира батальона, имеют

право ходатайствовать о представлении подчиненных им военнослужащих к награждению государственными наградами Российской Федерации, Почетной грамотой Президента Российской Федерации, ведомственными знаками отличия, а также к поощрению в виде объявления им благодарности Президента Российской Федерации.

К военнослужащим могут применяться следующие виды поощрений:

снятие ранее примененного дисциплинарного взыскания;

объявление благодарности;

сообщение на родину (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего об образцовом выполнении им воинского долга и о полученных поощрениях;

награждение грамотой, ценным подарком или деньгами;

награждение личной фотографией военнослужащего, снятого при развернутом Боевом знамени воинской части;

присвоение рядовым (матросам) воинского звания ефрейтора (старшего матроса);

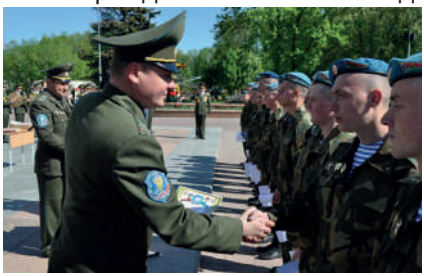
досрочное присвоение очередного воинского звания, но не выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности;

присвоение очередного воинского звания на одну ступень выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности;

награждение нагрудным знаком отличника;

занесение в Книгу почета воинской части (корабля) фамилии отличившегося военнослужащего;

награждение именным холодным и огнестрельным оружием.



К солдатам, матросам, сержантам и старшинам применяются следующие поощрения:

а) снятие ранее примененного дисциплинарного взыскания;

б) объявление благодарности;

в) сообщение на родину (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего об образцовом выполнении им воинского долга и о полученных поощрениях;

г) награждение грамотой, ценным подарком или деньгами;

д) награждение личной фотографией военнослужащего, снятого при развернутом Боевом знамени воинской части;

е) присвоение воинского звания ефрейтора (старшего матроса);

ж) досрочное присвоение сержантам (старшинам) очередного воинского звания, но не выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности;

з) присвоение сержантам (старшинам) очередного воинского звания на одну ступень выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности, до старшего сержанта (главного старшины) включительно;

и) награждение нагрудным знаком отличника;

к) занесение в Книгу почета воинской части (корабля) фамилий отличившихся солдат, матросов, сержантов и старшин.

К военнослужащим, проходящим военную службу по контракту на должностях солдат, матросов, сержантов и старшин, применяются все виды поощрений, за исключением предусмотренного пунктом «в».

Командир отделения, заместитель командира взвода, старшина роты (команды) и командир взвода (группы) имеют право:

а) снимать ранее примененные ими дисциплинарные взыскания;

б) объявлять благодарность.

Командир роты (боевого катера, корабля 4 ранга) имеет право:

а) снимать ранее примененные им дисциплинарные взыскания, снимать дисциплинарные взыскания в случаях, указанных в статье 35 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации;

б) объявлять благодарность;

в) сообщать на родину (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего об образцовом выполнении им воинского долга и о полученных поощрениях.

Командир батальона имеет право:

а) снимать ранее примененные им дисциплинарные взыскания, снимать дисциплинарные взыскания в случаях, указанных в статье 35 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации;

б) объявлять благодарность;

в) сообщать на родину (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего об образцовом выполнении им воинского долга и о полученных поощрениях.

Командир отдельного батальона (корабля 2 и 3 ранга), а также командир отдельной воинской части, пользующийся в соответствии со статьей 11 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации дисциплинарной властью командира батальона, кроме того, имеют право применять поощрения, предусмотренные пунктами «г» – «к» статьи 24 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

Командир полка (корабля 1 ранга) имеет право:

а) снимать ранее примененные им дисциплинарные взыскания, снимать дисциплинарные взыскания в случаях, указанных в статье 35 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации;

б) объявлять благодарность;

в) сообщать на родину (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего об образцовом выполнении им воинского долга и о полученных поощрениях;

г) награждать грамотой, ценным подарком или деньгами;

д) награждать личной фотографией военнослужащего, снятого при развернутом Боевом знамени воинской части;

е) присваивать воинское звание ефрейтора (старшего матроса);

ж) досрочно присваивать сержантам (старшинам) очередное воинское звание, но не выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности;

з) присваивать сержантам (старшинам) очередное воинское звание на одну ступень выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности, до старшего сержанта (главного старшины) включительно;

и) награждать нагрудным знаком отличника;

к) заносить в Книгу почета воинской части (корабля) фамилии отличившихся солдат, матросов, сержантов и старшин.

Командир дивизии, командир корпуса (эскадры), командующий армией (флотилией), командующий войсками военного округа, фронта, флотом, им равные и выше в отношении подчиненных им солдат, матросов, сержантов и старшин пользуются правом применять поощрения в полном объеме Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

К прапорщикам и мичманам применяются следующие поощрения:



а) снятие ранее примененного дисциплинарного взыскания;

б) объявление благодарности;

в) награждение грамотой, ценным подарком или деньгами;

г) занесение в Книгу почета воинской части (корабля) фамилий отличившихся прапорщиков и мичманов;

д) досрочное присвоение воинского звания старшего прапорщика и старшего мичмана, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности;

е) присвоение воинского звания старшего прапорщика и старшего мичмана на одну ступень выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности.

Командир взвода (группы), командир роты (боевого катера, корабля 4 ранга) и командир батальона имеют право:

а) снимать ранее примененные ими дисциплинарные взыскания, снимать дисциплинарные взыскания в случаях, указанных в статье 35 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации;

б) объявлять благодарность.

Командир отдельного батальона (корабля 2 и 3 ранга), а также командир отдельной воинской части, пользующийся в соответствии со статьей 11 Дисциплинарного устава Вооруженных

Сил Российской Федерации дисциплинарной властью командира батальона, ***командир полка (корабля 1 ранга), командир дивизии, командир корпуса (эскадры),*** кроме того, имеют право применять поощрения, указанные в статье 26 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации, за исключением предусмотренных пунктами «д» и «е».

Командующий армией (флотилией), командующий войсками военного округа, фронта, флотом, им равные и выше в отношении подчиненных им прапорщиков и мичманов пользуются правом применять поощрения в полном объеме Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

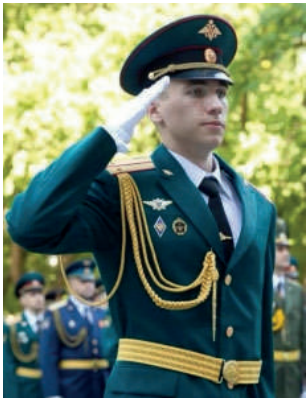
К офицерам применяются следующие поощрения:

а) снятие ранее примененного дисциплинарного взыскания;

б) объявление благодарности;

в) награждение грамотой, ценным (в том числе именным) подарком или деньгами;

г) занесение в Книгу почета воинской части (корабля) фамилий отличившихся офицеров;



д) досрочное присвоение очередного воинского звания, но не выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности;

е) присвоение очередного воинского звания на одну ступень выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности, но не выше воинского звания майора, капитана 3 ранга, а военнослужащему, имеющему ученую степень и (или) ученое звание, занимающему воинскую должность профессорско-преподавательского состава в военной образовательной организации, не выше воинского звания полковника, капитана 1 ранга;

ж) награждение именным холодным и огнестрельным оружием.

В военных образовательных организациях, кроме поощрений, перечисленных в статье 30 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации, применяется также занесение на Доску

почета фамилий слушателей и курсантов, окончивших военную образовательную организацию высшего образования с медалью Министерства обороны Российской Федерации за отличное завершение обучения или получивших по окончании военной профессиональной образовательной организации диплом с отличием.

Командир роты (боевого катера, корабля 4 ранга) и командир батальона имеют право:

а) снимать ранее примененные ими дисциплинарные взыскания, снимать дисциплинарные взыскания в случаях, указанных в статье 35 ДУ ВС РФ;

б) объявлять благодарность.

Командир отдельного батальона (корабля 2 и 3 ранга), а также командир отдельной воинской части, пользующийся в соответствии со статьей 11 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации дисциплинарной властью командира батальона, кроме того, имеют право применять поощрения, предусмотренные пунктами «в» и «г»» статьи 33 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

Командир полка (корабля 1 ранга), командир дивизии, командир корпуса (эскадры), командующий армией (флотилией), командующий войсками военного округа, фронта, флотом, главнокомандующий видом Вооруженных Сил Российской Федерации, заместители Министра обороны Российской Федерации и им равные имеют право:

а) снимать ранее примененные ими дисциплинарные взыскания, снимать дисциплинарные взыскания в случаях, указанных в статье 35 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации;

б) объявлять благодарность;

в) награждать грамотой, ценным подарком или деньгами;

г) заносить в Книгу почета воинской части (корабля) фамилии отличившихся офицеров.

Применять поощрения, предусмотренные пунктами «д» и «е» статьи 30 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации, могут должностные лица, имеющие право присваивать воинские звания в соответствии с законодательством Российской Федерации.

4.3. Порядок применения поощрений

Командиры (начальники) могут применять поощрения как в отношении отдельного военнослужащего, так и в отношении всего личного состава воинской части (подразделения). За одно отличие военнослужащий может быть поощрен только один раз.

При определении вида поощрения принимаются во внимание характер заслуг, усердие и отличия военнослужащего, а также прежнее отношение его к военной службе.

Военнослужащий, имеющий дисциплинарное взыскание, может быть поощрен только путем снятия ранее примененного взыскания. Право снятия дисциплинарного взыскания принадлежит тому командиру (начальнику), которым взыскание было применено, а также его прямым начальникам, имеющим не меньшую, чем у него, дисциплинарную власть.

Право снятия дисциплинарных взысканий принадлежит прямому командиру (начальнику), имеющему дисциплинарную власть, не меньшую, чем начальник, применивший взыскание.

Одновременно с военнослужащего может быть снято только одно дисциплинарное взыскание.

Командир (начальник) имеет право снять дисциплинарное взыскание только после того, как оно сыграло свою воспитательную роль, и военнослужащий исправил свое поведение образцовым выполнением воинского долга.

Снятие дисциплинарного взыскания – дисциплинарный арест – осуществляется командиром воинской части, в случае если военнослужащий не совершит нового дисциплинарного проступка: с солдат и матросов – не ранее трех месяцев после исполнения постановления судьи гарнизонного военного суда о назначении дисциплинарного ареста; с сержантов и старшин – не ранее чем через шесть месяцев; с прапорщиков и мичманов – не ранее чем через год.

Снятие дисциплинарного взыскания – снижение в воинском звании (должности) – с солдат, матросов, сержантов и старшин осуществляется не ранее чем через шесть месяцев со дня его применения.

Солдаты, матросы, сержанты и старшины восстанавливаются в прежнем воинском звании только при назначении их на соответствующую воинскую должность.

Снятие дисциплинарного взыскания – снижение в воинской должности – с прапорщиков, мичманов и офицеров осуществляется не ранее чем через год со дня его применения.

Дисциплинарное взыскание – снижение в воинской должности – может быть снято с военнослужащего без одновременного восстановления его в прежней должности.

Снятие дисциплинарного взыскания – предупреждение о неполном служебном соответствии – осуществляется не ранее чем через год со дня его применения.

Поощрение – ***объявление благодарности*** – применяется как в отношении отдельного военнослужащего, так и в отношении всего личного состава воинской части (подразделения).

Поощрение – ***сообщение на родину*** (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) ***либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего об образцовом исполнении им воинского долга и о полученных поощрениях –*** применяется в отношении военнослужащих, проходящих военную службу по призыву. При этом на родину (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего высылается похвальный лист с сообщением об образцовом исполнении им воинского долга и о полученных поощрениях.

Поощрение – ***награждение грамотой, ценным подарком или деньгами –*** применяется в отношении всех военнослужащих, при этом грамотой награждаются как отдельные военнослужащие, так и весь личный состав воинской части (подразделения), как правило, в конце периода обучения (учебного года), при увольнении с военной службы, а также при подведении итогов соревнования (состязания).

Поощрение – ***награждение личной фотографией военнослужащего, снятого при развернутом Боевом знамени воинской части, –*** применяется в отношении солдат, матросов, сержантов и старшин.

Военнослужащему, в отношении которого применяется это поощрение, вручаются две фотографии (военнослужащие фотографи-

руются в парадной форме, с оружием) с текстом на обороте: кому и за что вручено.

Поощрения – ***присвоение воинского звания ефрейтора, старшего матроса; присвоение очередного воинского звания досрочно,*** но не выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности; ***присвоение воинского звания на одну ступень выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности,*** но не выше воинского звания майора, капитана 3 ранга, а военнослужащему, имеющему ученую степень и (или) ученое звание, занимающему воинскую должность профессорско-преподавательского состава в военной образовательной организации, не выше воинского звания полковника, капитана 1 ранга – **применяются в отношении военнослужащих за особые личные заслуги.**

Поощрение – ***награждение нагрудным знаком отличника –*** объявляется приказом командира воинской части и применяется в отношении солдат, матросов, сержантов и старшин, которые являлись отличниками в течение одного периода обучения, а также в отношении курсантов военных образовательных организаций, которые являлись отличниками в течение учебного года.

Поощрение – ***занесение в Книгу почета воинской части (корабля) фамилий отличившихся военнослужащих –*** объявляется приказом командира воинской части и **применяется в отношении:**

солдат, матросов, сержантов и старшин последнего периода обучения, проходящих военную службу по призыву, добившихся отличных показателей в боевой подготовке, проявивших безупречную дисциплинированность и высокую сознательность при несении службы – перед увольнением с военной службы (курсантов и слушателей военных образовательных организаций – по окончании обучения);

военнослужащих, проходящих военную службу по контракту, за безупречную службу в Вооруженных Силах Российской Федерации, а также всех военнослужащих, особо отличившихся при исполнении своего воинского долга – в течение всего срока прохождения ими военной службы.

При объявлении приказа о занесении в Книгу почета воинской части (корабля) военнослужащему вручается похвальная грамота за

подписью командира воинской части (корабля). О занесении в Книгу почета воинской части (корабля) фамилии военнослужащего, проходящего военную службу по призыву, кроме того, сообщается на родину (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего.

Поощрение – *награждение именным холодным и огнестрельным оружием* – является почетной наградой для отличившихся офицеров за особые личные заслуги перед государством и Вооруженными Силами Российской Федерации. Награждение именным оружием производится в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Поощрения объявляются перед строем, на собраниях или совещаниях военнослужащих, в приказе или лично.

Объявление приказов о поощрении или награждении отличившихся военнослужащих обычно проводится в торжественной обстановке. Одновременно с объявлением приказа о поощрении военнослужащим, как правило, вручаются грамоты, ценные подарки или деньги, личные фотографии военнослужащих, снятых при развернутом Боевом знамени воинской части, нагрудные знаки отличника, а также зачитывается текст сообщения на родину (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего об образцовом выполнении им воинского долга.

Военнослужащий считается не имеющим дисциплинарных взысканий после их снятия соответствующим командиром (начальником) или по истечении одного года со дня применения последнего взыскания, если за этот период к нему не было применено другое дисциплинарное взыскание.

4.4. Дисциплинарная ответственность военнослужащих

Военнослужащие привлекаются к дисциплинарной ответственности за дисциплинарный проступок, то есть противоправное, виновное действие (бездействие), выражающееся в нарушении воинской

дисциплины, ***который в соответствии с законодательством Российской Федерации не влечет за собой уголовной или административной ответственности.***

За административные правонарушения военнослужащие несут дисциплинарную ответственность в соответствии с Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации, за исключением административных правонарушений, за которые они несут ответственность на общих основаниях. При этом к военнослужащим не могут быть применены административные наказания в виде административного ареста, исправительных работ, а к сержантам, старшинам, солдатам и матросам, проходящим военную службу по призыву, к курсантам военных образовательных организаций до заключения с ними контракта о прохождении военной службы также в виде административного штрафа.

Военнослужащий привлекается к дисциплинарной ответственности только за тот дисциплинарный проступок, в отношении которого установлена его вина.

Виновным в совершении дисциплинарного проступка признается военнослужащий, совершивший противоправное действие (бездействие) умышленно или по неосторожности.

Вина военнослужащего, привлекаемого к дисциплинарной ответственности, должна быть доказана в порядке, определенном федеральными законами, и установлена решением командира (начальника) или вступившим в законную силу постановлением судьи военного суда.

Привлечение военнослужащего к дисциплинарной ответственности не освобождает его от исполнения обязанности, за неисполнение которой дисциплинарное взыскание было применено.

Обстоятельства, смягчающие, отягчающие дисциплинарную ответственность и исключающие ее, а также учитываемые при назначении дисциплинарного взыскания, определяются Федеральным законом «О статусе военнослужащих».

Военнослужащий, привлекаемый к дисциплинарной ответственности, имеет право давать объяснения, представлять доказательства, пользоваться юридической помощью защитника с момента

принятия судьей гарнизонного военного суда решения о назначении судебного рассмотрения материалов о грубом дисциплинарном проступке, а в случае задержания в связи с совершением грубого дисциплинарного проступка – с момента задержания, знакомиться по окончании разбирательства со всеми материалами о дисциплинарном проступке, обжаловать действия и решения командира, осуществляющего привлечение его к дисциплинарной ответственности.

Военнослужащий, в отношении которого ведется производство по материалам о грубом дисциплинарном проступке, также имеет право участвовать в судебном рассмотрении указанных материалов.

Военнослужащий не может быть привлечен к дисциплинарной ответственности по истечении одного года со дня совершения дисциплинарного проступка, в том числе в случае отказа в возбуждении или прекращения в отношении его уголовного дела, но при наличии в его действиях (бездействии) признаков дисциплинарного проступка.

Исполнение дисциплинарного взыскания должно быть начато до истечения срока давности привлечения к дисциплинарной ответственности. Если исполнение дисциплинарного взыскания в указанный срок не начато, то оно не исполняется.

При привлечении военнослужащего к дисциплинарной ответственности не допускаются унижение его личного достоинства, причинение ему физических страданий и проявление по отношению к нему грубости.

При привлечении военнослужащего к дисциплинарной ответственности выясняются обстоятельства совершения им дисциплинарного проступка и осуществляется сбор доказательств.

Доказательствами при привлечении военнослужащего к дисциплинарной ответственности являются любые фактические данные, на основании которых командир (начальник), рассматривающий материалы о дисциплинарном проступке, устанавливает наличие или отсутствие обстоятельств совершения военнослужащим дисциплинарного проступка.

В качестве доказательств допускаются:

объяснения военнослужащего, привлекаемого к дисциплинарной ответственности;

объяснения лиц, которым известны обстоятельства, имеющие значение для правильного решения вопроса о привлечении военнослужащего к дисциплинарной ответственности;

заключение и пояснения специалиста;

документы;

показания специальных технических средств;

вещественные доказательства.

Командир (начальник), рассматривающий материалы о дисциплинарном проступке, оценивает доказательства по своему внутреннему убеждению, основанному на всестороннем, полном и объективном исследовании всех обстоятельств совершения дисциплинарного проступка в их совокупности. **Использование доказательств, полученных с нарушением законодательства Российской Федерации, не допускается.**

Командир (начальник), рассматривающий материалы о дисциплинарном проступке, обязан принять необходимые меры по обеспечению сохранности вещественных доказательств и документов до принятия решения по результатам рассмотрения материалов о дисциплинарном проступке.

Порядок возврата, передачи и уничтожения вещественных доказательств определяется законами Российской Федерации, другими нормативными правовыми актами Российской Федерации, Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации, Уставом гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации и Уставом военной полиции Вооруженных Сил Российской Федерации.

В целях пресечения дисциплинарного проступка, установления личности нарушителя, а также подготовки материалов о дисциплинарном проступке и обеспечения своевременного и правильного их рассмотрения **к военнослужащему могут быть применены следующие меры обеспечения производства по материалам о дисциплинарном проступке:**

доставление;

задержание;

личный досмотр, досмотр вещей, находящихся при военнослужащем, досмотр транспортного средства;

изъятие вещей и документов;

временное отстранение от исполнения должностных и (или) специальных обязанностей;

отстранение от управления транспортным средством;

медицинское освидетельствование.

Право применять указанные меры имеют:

командиры (начальники) от командира роты, им равные и выше – к военнослужащим, подчиненным им по службе;

дежурный по воинской части – к военнослужащим, младшим или равным ему по воинскому званию, проходящим военную службу в одной с ним воинской части, в случаях, не терпящих отлагательства;

начальник гарнизона, помощник начальника гарнизона по организации гарнизонной службы, дежурный по гарнизону – к военнослужащим при несении гарнизонной и (или) караульной служб; к военнослужащим, временно находящимся в гарнизоне; к военнослужащим, находящимся вне расположения воинской части, места службы (за пределами гарнизона, в котором они проходят военную службу) без документов, удостоверяющих личность и (или) удостоверяющих право пребывания вне расположения воинской части, места службы (в данном гарнизоне);

начальники военных сообщений на видах транспорта, начальники военно-автомобильных дорог и военные коменданты железнодорожного (водного) участка и станции (порта, аэропорта) – к военнослужащим во время следования по путям сообщения;

военнослужащие военной полиции – к военнослужащим в случаях, определенных федеральными законами, Уставом военной полиции Вооруженных Сил Российской Федерации и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации;

старшие военнослужащие – к младшим военнослужащим при нарушении ими воинской дисциплины в случае, определенном статьей 79 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации;

начальники и патрульные гарнизонных патрулей – к военнослужащим в случаях, определенных федеральными законами и Уставом гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации.

При совершении военнослужащим дисциплинарного проступка командир (начальник) может ограничиться напоминанием военнослужащему о его обязанностях и воинском долге, применить к нему меры обеспечения производства по материалам о дисциплинарном проступке, а в случае необходимости привлечь к дисциплинарной ответственности. При этом он должен учитывать, что применяемое взыскание как мера укрепления воинской дисциплины и воспитания военнослужащих должно соответствовать тяжести совершенного проступка и степени вины, установленным командиром (начальником) в результате проведенного разбирательства.

Не являются дисциплинарными взысканиями замечание, порицание, критика поведения или указания на упущения по службе, выраженные командиром (начальником) подчиненному в устной или письменной форме.

В целях общественного осуждения военнослужащего, совершившего дисциплинарный проступок или нарушившего нормы международного гуманитарного права, по решению командира (начальника) может быть рассмотрен и обсужден:

солдат и матросов – на собраниях личного состава;

сержантов и старшин – на собраниях сержантов и старшин;

прапорщиков и мичманов – на собраниях прапорщиков и мичманов;

офицеров – на офицерских собраниях.

4.5. Дисциплинарные взыскания, применяемые к военнослужащим. Права командиров (начальников) по применению дисциплинарных взысканий

Дисциплинарное взыскание является установленной государством ***мерой ответственности за дисциплинарный проступок***, совершенный военнослужащим, и применяется в целях предупреждения совершения дисциплинарных проступков.

К военнослужащему могут применяться следующие виды дисциплинарных взысканий:

выговор;

строгий выговор;

лишение очередного увольнения из расположения воинской части или с корабля на берег;

лишение нагрудного знака отличника;

предупреждение о неполном служебном соответствии;

снижение в воинской должности;

снижение в воинском звании на одну ступень;

снижение в воинском звании на одну ступень со снижением в воинской должности;

досрочное увольнение с военной службы в связи с невыполнением условий контракта;

отчисление из военной образовательной организации;

отчисление с военных сборов;

дисциплинарный арест.

К солдатам, матросам, сержантам и старшинам могут применяться следующие виды дисциплинарных взысканий:

а) выговор;

б) строгий выговор;

в) лишение очередного увольнения из расположения воинской части или с корабля на берег;

г) лишение нагрудного знака отличника;

д) предупреждение о неполном служебном соответствии;

е) снижение в воинской должности ефрейтора (старшего матроса) и сержанта (старшины);

ж) снижение в воинском звании ефрейтора (старшего матроса) и сержанта (старшины);

з) снижение в воинском звании со снижением в воинской должности ефрейтора (старшего матроса) и сержанта (старшины);

и) досрочное увольнение с военной службы в связи с невыполнением условий контракта;

к) дисциплинарный арест.

К солдатам, матросам, сержантам и старшинам, проходящим военную службу по призыву, применяются все виды дисциплинарных взысканий, за исключением предусмотренных пунктами «д» и «и», а к проходящим военную службу по контракту – за исключением предусмотренного пунктом «в».

К военнослужащим женского пола, проходящим военную службу в качестве солдат, матросов, сержантов и старшин, дисциплинарное взыскание, предусмотренное пунктом «к», не применяется.

К курсантам военных образовательных организаций, помимо дисциплинарных взысканий, (за исключением дисциплинарного взыскания, предусмотренного пунктом «и»), может быть применено дисциплинарное взыскание – отчисление из военной образовательной организации.

Командир отделения, заместитель командира взвода, старшина роты (команды) и командир взвода (группы) имеют право:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) лишать солдат и матросов очередного увольнения из расположения воинской части или с корабля на берег.

Командир роты (боевого катера, корабля 4 ранга) имеет право:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) лишать солдат, матросов, сержантов и старшин очередного увольнения из расположения воинской части или с корабля на берег;

в) предупреждать о неполном служебном соответствии солдат и матросов.

Командир батальона имеет право:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) лишать солдат, матросов, сержантов и старшин очередного увольнения из расположения воинской части или с корабля на берег;

в) предупреждать о неполном служебном соответствии солдат, матросов, сержантов и старшин.

Командир отдельного батальона (корабля 2 и 3 ранга), а также командир отдельной воинской части, пользующийся дисциплинарной властью командира батальона, кроме того, имеют право применять дисциплинарные взыскания, предусмотренные пунктами «д» – «ж» статьи 59 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

Командир полка (корабля 1 ранга) имеет право:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) лишать солдат, матросов, сержантов и старшин очередного увольнения из расположения воинской части или с корабля на берег;

в) предупреждать о неполном служебном соответствии солдат, матросов, сержантов и старшин;

г) лишать нагрудного знака отличника;

д) снижать в воинской должности ефрейторов, старших матросов, сержантов и старшин;

е) снижать в воинском звании ефрейторов, старших матросов, сержантов и старшин на одну ступень от старшего сержанта, главного старшины и ниже, в том числе со снижением в воинской должности;

ж) досрочно увольнять с военной службы в связи с невыполнением условий контракта солдат, матросов, сержантов и старшин.

Командир дивизии, командир корпуса (эскадры), командующий армией (флотилией) и командующий войсками военного округа, фронта, флотом и им равные в отношении подчиненных им солдат, матросов, сержантов и старшин пользуются правом применять дисциплинарные взыскания в полном объеме Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

К прапорщикам и мичманам могут применяться следующие виды дисциплинарных взысканий:

а) выговор;

б) строгий выговор;

в) предупреждение о неполном служебном соответствии;

г) снижение в воинской должности;

д) досрочное увольнение с военной службы в связи с невыполнением условий контракта;

е) дисциплинарный арест.

К военнослужащим женского пола, проходящим военную службу в качестве прапорщиков и мичманов, взыскание, предусмотренное пунктом «е», не применяется.

Командир взвода (группы), командир роты (боевого катера, корабля 4 ранга), командир батальона имеют право объявлять выговор и строгий выговор.

Командир отдельного батальона (корабля 2 и 3 ранга), а также командир отдельной воинской части, пользующийся дисциплинарной властью командира батальона, кроме того, имеют право предупреждать о неполном служебном соответствии.

Командир полка (корабля 1 ранга) имеет право:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) предупреждать о неполном служебном соответствии.

Командир дивизии и командир корпуса (эскадры) имеют право:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) предупреждать о неполном служебном соответствии;

в) снижать в воинской должности.

Командующий армией (флотилией) имеет право:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) предупреждать о неполном служебном соответствии;

в) снижать в воинской должности;

г) досрочно увольнять с военной службы в связи с невыполнением условий контракта.

Командующие войсками военного округа, фронта, флотом и им равные в отношении подчиненных им прапорщиков и мичманов пользуются правом применять дисциплинарные взыскания в полном объеме Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

К младшим и старшим офицерам могут применяться следующие виды дисциплинарных взысканий:

а) выговор;

б) строгий выговор;

в) предупреждение о неполном служебном соответствии;

г) снижение в воинской должности;

д) досрочное увольнение с военной службы в связи с невыполнением условий контракта.

К высшим офицерам могут применяться следующие виды дисциплинарных взысканий:

а) выговор;

б) строгий выговор;

в) предупреждение о неполном служебном соответствии;

г) снижение в воинской должности.

Командир роты (боевого катера, корабля 4 ранга) и командир батальона имеют право объявлять выговор и строгий выговор.

Командир отдельного батальона (корабля 2 и 3 ранга), а также командир отдельной воинской части, пользующийся дисциплинарной властью командира батальона, кроме того, имеют право предупреждать о неполном служебном соответствии.

Командир полка (корабля 1 ранга) и командир дивизии имеют право:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) предупреждать о неполном служебном соответствии.

Командир корпуса (эскадры) и командующий армией (флотилией) в отношении младших и старших офицеров имеют право:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) предупреждать о неполном служебном соответствии.

В отношении высших офицеров командир корпуса (эскадры) имеет право объявлять выговор и строгий выговор, а командующий армией (флотилией), кроме того, предупреждать о неполном служебном соответствии.

Командующие войсками военного округа, фронта, флотом и им равные имеют право:

в отношении младших и старших офицеров:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) предупреждать о неполном служебном соответствии;

в) снижать в воинской должности офицеров от командиров батальонов, им равных и ниже;

г) досрочно увольнять с военной службы в связи с невыполнением условий контракта офицеров от командиров рот, командиров боевых катеров и кораблей 4 ранга, им равных и ниже;

в отношении высших офицеров:

а) объявлять выговор и строгий выговор;

б) предупреждать о неполном служебном соответствии.

Заместители Министра обороны, главнокомандующие видами Вооруженных Сил Российской Федерации и им равные сверх прав, предоставленных командующему войсками военного округа, фронта, флотом и им равным, имеют право:

а) снижать в воинской должности офицеров от заместителей командиров полков, старших помощников командиров кораблей 1 ранга, им равных и ниже;

б) досрочно увольнять с военной службы в связи с невыполнением условий контракта офицеров от командиров батальонов, им равных и ниже.

4.6. Порядок применения и исполнения дисциплинарных взысканий.

К военнослужащему, совершившему дисциплинарный проступок, могут применяться только те дисциплинарные взыскания, которые определены Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации, соответствуют воинскому званию военнослужащего и дисциплинарной власти командира (начальника), принимающего решение о привлечении нарушителя к дисциплинарной ответственности.

Принятию командиром (начальником) решения о применении к подчиненному военнослужащему дисциплинарного взыскания предшествует разбирательство, которое проводится в целях установления виновных лиц, выявления причин и условий, способствовавших совершению дисциплинарного проступка.

Разбирательство, как правило, проводится непосредственным командиром (начальником) военнослужащего, совершившего дисциплинарный проступок, или другим лицом, назначенным одним из прямых командиров (начальников). При этом военнослужащий, назначенный для проведения разбирательства, должен иметь воинское звание и воинскую должность не ниже воинского звания и воинской должности военнослужащего, совершившего дисциплинарный проступок, за исключением назначенных для проведения разбирательства военнослужащего военной полиции, военнослужащего подразделения собственной безопасности войск национальной гвардии Российской Федерации, которые могут иметь воинское звание и воинскую должность ниже воинского звания и воинской должности военнослужащего, совершившего дисциплинарный проступок.

В случаях, указанных в статье 75 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации, разбирательство проводится начальником гарнизона, старшим морским начальником, начальником органа военной полиции, начальником военных сообщений на видах транспорта, начальником военно-автомобильных дорог, военным комендантом железнодорожного (водного) участка и станции (порта, аэропорта) или назначенными ими лицами.

Разбирательство, как правило, ***проводится без оформления письменных материалов***, за исключением случаев, когда командир

(начальник) потребовал представить материалы разбирательства в письменном виде.

Материалы разбирательства о грубом дисциплинарном проступке оформляются только в письменном виде.

В ходе разбирательства должно быть установлено:

событие дисциплинарного проступка (время, место, способ и другие обстоятельства его совершения);

лицо, совершившее дисциплинарный проступок;

вина военнослужащего в совершении дисциплинарного проступка, форма вины и мотивы совершения дисциплинарного проступка;

данные, характеризующие личность военнослужащего, совершившего дисциплинарный проступок;

наличие и характер вредных последствий дисциплинарного проступка;

обстоятельства, исключающие дисциплинарную ответственность военнослужащего;

обстоятельства, смягчающие дисциплинарную ответственность, и обстоятельства, отягчающие дисциплинарную ответственность;

характер и степень участия каждого из военнослужащих при совершении дисциплинарного проступка несколькими лицами;

причины и условия, способствовавшие совершению дисциплинарного проступка;

другие обстоятельства, имеющие значение для правильного решения вопроса о привлечении военнослужащего к дисциплинарной ответственности.

Командир (начальник) вправе принять решение о наказании военнослужащего своей властью либо в срок до 10 суток представить по подчиненности вышестоящему командиру (начальнику) материалы разбирательства о совершении военнослужащим дисциплинарного проступка для принятия решения.

При совершении военнослужащим грубого дисциплинарного проступка или при получении данных о его совершении непосредственный командир (начальник) военнослужащего обязан немедленно доложить об этом в установленном порядке командиру воинской части.

Командир воинской части (начальник органа военной полиции) ***принимает решение о проведении разбирательства*** по факту со-

вершения грубого дисциплинарного проступка ***и назначает ответственного за его проведение.***

Разбирательство по факту совершения военнослужащим грубого дисциплинарного проступка заканчивается составлением протокола. При проведении разбирательства по факту совершения грубого дисциплинарного проступка группой военнослужащих протокол составляется в отношении каждого из этих военнослужащих.

Протокол вместе с материалами разбирательства предоставляется для ознакомления военнослужащему, совершившему грубый дисциплинарный проступок, и с предложением о сроке дисциплинарного ареста, который целесообразно назначить военнослужащему, или о применении к нему другого вида дисциплинарного взыскания направляется командиру воинской части (начальнику органа военной полиции) для рассмотрения. Командир (начальник) или лицо, проводившее разбирательство, направляет командиру воинской части (начальнику органа военной полиции) предложение о сроке дисциплинарного ареста, который целесообразно назначить военнослужащему, или о применении к нему другого вида дисциплинарного взыскания.

Командир воинской части (начальник органа военной полиции) обязан в срок до двух суток рассмотреть протокол и материалы о совершении грубого дисциплинарного проступка и принять решение либо о направлении их в гарнизонный военный суд, либо о применении к военнослужащему иного дисциплинарного взыскания, предусмотренного Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации.

В случае, когда обстоятельства совершения военнослужащим грубого дисциплинарного проступка установлены ранее проведенными по данному факту ревизией, проверкой или административным расследованием либо материалами об административном правонарушении, разбирательство командиром воинской части (начальником органа военной полиции) может не назначаться. Если разбирательство не назначается, командир воинской части (начальник органа военной полиции) назначает офицера для составления протокола и определяет срок его составления, который не должен превышать трех суток.

Если в ходе разбирательства выяснится, что в действиях (бездействии) военнослужащего усматриваются признаки преступления, лицо, проводящее разбирательство, обязано незамедлительно доложить об этом в установленном порядке командиру воинской части (начальнику органа военной полиции) и действовать в соответствии с его указаниями. Командир воинской части (начальник органа военной полиции) незамедлительно уведомляет об этом военного прокурора, руководителя военного следственного органа Следственного комитета Российской Федерации, а командир воинской части – органы военной полиции и принимает меры, предусмотренные законодательством Российской Федерации.

Срок разбирательства не должен превышать 30 суток с момента, когда командиру (начальнику) стало известно о совершении военнослужащим дисциплинарного проступка, не считая периода временной нетрудоспособности военнослужащего, пребывания его в отпуске, других случаев его отсутствия на службе по уважительным причинам.

При назначении дисциплинарного взыскания учитываются характер дисциплинарного проступка, обстоятельства и последствия его совершения, форма вины, личность военнослужащего, совершившего дисциплинарный проступок, обстоятельства, смягчающие и отягчающие дисциплинарную ответственность.

Строгость дисциплинарного взыскания увеличивается, если дисциплинарный проступок совершен во время несения боевого дежурства (боевой службы) или при исполнении других должностных или специальных обязанностей, в состоянии опьянения или если его последствием явилось существенное нарушение внутреннего порядка.

Применение дисциплинарного взыскания к военнослужащему, совершившему дисциплинарный проступок, производится в срок до 10 суток со дня, когда командиру (начальнику) стало известно о совершенном дисциплинарном проступке (не считая времени на проведение разбирательства, производство по уголовному делу или по делу об административном правонарушении, времени болезни военнослужащего, нахождения его в командировке или отпуске, а также времени выполнения им боевой задачи), но до истечения срока давности привлечения военнослужащего к дисциплинарной ответственности.

Военнослужащий, считающий себя невиновным, имеет право в течение 10 суток со дня применения дисциплинарного взыскания подать жалобу.

Применение дисциплинарного взыскания к военнослужащему, входящему в состав суточного наряда (несущему боевое дежурство), за дисциплинарный проступок, совершенный им во время несения службы, осуществляется после смены с наряда (боевого дежурства) или после замены его другим военнослужащим.

Применение дисциплинарного взыскания к военнослужащему, находящемуся в состоянии опьянения, а также получение от него каких-либо объяснений осуществляются после его вытрезвления. В этом случае к военнослужащему может быть применено задержание, после чего принимается решение о привлечении его к дисциплинарной ответственности.

Запрещается за один и тот же дисциплинарный проступок применять несколько дисциплинарных взысканий, или соединять одно взыскание с другим, или применять взыскание ко всему личному составу подразделения вместо наказания непосредственных виновников.

Если командир (начальник) ввиду тяжести совершенного подчиненным дисциплинарного проступка считает предоставленную ему дисциплинарную власть недостаточной, он возбуждает ходатайство о применении к виновному дисциплинарного взыскания властью вышестоящего командира (начальника). Ходатайство оформляется в форме рапорта и представляется вышестоящему командиру (начальнику) в срок до 10 суток со дня, когда стало известно о совершенном дисциплинарном проступке.

Командир (начальник), превысивший предоставленную ему дисциплинарную власть, несет за это ответственность.

Вышестоящий командир (начальник) не имеет права отменить или уменьшить дисциплинарное взыскание, примененное нижестоящим командиром (начальником), по причине строгости взыскания, если последний не превысил предоставленной ему власти.

Вышестоящий командир (начальник) имеет право отменить дисциплинарное взыскание, примененное нижестоящим командиром

(начальником), если сочтет, что это взыскание не соответствует тяжести совершенного дисциплинарного проступка, и применить более строгое дисциплинарное взыскание.

Военнослужащий, к которому применено дисциплинарное взыскание за совершенное правонарушение, ***не освобождается от уголовной и материальной ответственности.***

Дисциплинарное взыскание исполняется, как правило, **немедленно, а в исключительных случаях – не позднее истечения срока давности привлечения военнослужащего к дисциплинарной ответственности**. По истечении срока давности взыскание не исполняется, но запись о нем в служебной карточке сохраняется. В последнем случае лицо, по вине которого не было исполнено примененное взыскание, несет дисциплинарную ответственность.

Решение судьи гарнизонного военного суда о назначении дисциплинарного ареста исполняется **немедленно.**

Исполнение дисциплинарного взыскания при подаче жалобы не приостанавливается, если не последует приказ вышестоящего командира (начальника) о его отмене, а в случае назначения дисциплинарного ареста – решения вышестоящего судебного органа.

Досрочное прекращение исполнения дисциплинарного взыскания осуществляется в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

О примененных дисциплинарных взысканиях объявляется:

солдатам и матросам – лично или перед строем;

сержантам и старшинам – лично, на совещании или перед строем сержантов или старшин;

прапорщикам и мичманам – лично, на совещании прапорщиков или мичманов, а также на совещании прапорщиков, мичманов и офицеров;

офицерам – лично или на совещании (старшим офицерам – в присутствии старших офицеров, высшим офицерам – в присутствии высших офицеров).

Кроме того, дисциплинарные взыскания могут объявляться в приказе.

Объявлять дисциплинарные взыскания командирам (начальникам) в присутствии их подчиненных запрещается.

При объявлении военнослужащему дисциплинарного взыскания указываются причина наказания и суть дисциплинарного проступка.

Дисциплинарные взыскания – *выговор, строгий выговор* – объявляются военнослужащему в порядке, указанном в статье 91 Дисциплинарного устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

Дисциплинарное взыскание – *лишение очередного увольнения из расположения воинской части или с корабля на берег* – применяется к военнослужащим, проходящим военную службу по призыву, и означает запрещение в течение семи суток отлучаться без служебной необходимости из расположения воинской части (сходить с корабля на берег), в том числе участвовать в коллективных (в составе подразделения) посещениях культурно-досуговых учреждений и мест отдыха, расположенных вне военного городка.

Дисциплинарный арест является крайней мерой дисциплинарного воздействия и заключается в содержании военнослужащего в условиях изоляции на гауптвахте.

Дисциплинарный арест применяется к военнослужащему лишь в исключительных случаях и только за совершенный им грубый дисциплинарный проступок. Если грубым дисциплинарным проступком является административное правонарушение, то дисциплинарный арест может быть применен только в том случае, когда за такое административное правонарушение Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях предусмотрено административное наказание в виде административного ареста.

Дисциплинарный арест назначается на срок до 30 суток за один или несколько грубых дисциплинарных проступков. Если грубым дисциплинарным проступком является административное правонарушение, то срок дисциплинарного ареста устанавливается в пределах срока административного ареста, установленного за такое административное правонарушение Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях.

Дисциплинарный арест за несколько грубых дисциплинарных проступков назначается путем поглощения менее строгого дисциплинарного взыскания более строгим либо путем частичного или полного сложения сроков ареста в пределах срока, установленного законодательством Российской Федерации.

Дисциплинарный арест за грубый дисциплинарный проступок, совершенный в период отбывания дисциплинарного ареста, назначается путем частичного или полного сложения сроков ареста. В этом случае непрерывный срок нахождения военнослужащего под дисциплинарным арестом не должен превышать 45 суток.

В срок дисциплинарного ареста засчитывается срок задержания военнослужащего (если такая мера обеспечения производства по материалам о дисциплинарном проступке была применена к военнослужащему) в связи с совершением им дисциплинарного проступка, за который назначен дисциплинарный арест.

Во время отбывания дисциплинарного ареста военнослужащий не может быть исключен из списков личного состава воинской части в связи с увольнением с военной службы (отчислением с военных сборов или окончанием военных сборов), за исключением случая признания его военно-врачебной комиссией негодным к военной службе, а военнослужащий, проходящий военную службу по контракту на воинской должности, для которой штатом предусмотрено воинское звание до старшины или главного корабельного старшины включительно, и военнослужащий, проходящий военную службу по призыву, – также за исключением случая признания его военно-врачебной комиссией ограниченно годным к военной службе.

Дисциплинарный арест не применяется к офицерам, военнослужащим, не приведенным к Военной присяге (не принесшим обязательство), военнослужащим, не достигшим 18-летнего возраста, и военнослужащим женского пола.

Дисциплинарный арест исполняется только в отношении военнослужащего, который по состоянию здоровья может содержаться под дисциплинарным арестом. Время отбывания дисциплинарного ареста в срок военной службы не засчитывается.

Перечень грубых дисциплинарных проступков и порядок исполнения дисциплинарного ареста, назначенного судьей гарнизонного военного суда, изложены в приложении № 7 к Дисциплинарному уставу Вооруженных Сил Российской Федерации.

Дисциплинарное взыскание – *лишение нагрудного знака отличника* – объявляется приказом командира воинской части и исполняется в отношении: солдат и матросов – перед строем во-

инской части; сержантов и старшин – перед строем сержантов и старшин.

Дисциплинарное взыскание – *предупреждение о неполном служебном соответствии* – применяется один раз за время пребывания военнослужащего, проходящего военную службу по контракту, в занимаемой штатной воинской должности.

По истечении года после применения этого дисциплинарного взыскания командир (начальник) в срок до 30 суток принимает решение (ходатайствует) о снятии данного дисциплинарного взыскания либо, если военнослужащий не исправил свое поведение образцовым выполнением воинского долга и взыскание не сыграло своей воспитательной роли, – о снижении этого военнослужащего в воинской должности или досрочном увольнении его с военной службы в установленном порядке.

Военнослужащий может быть представлен к снижению в воинской должности или досрочному увольнению с военной службы до окончания срока действия данного дисциплинарного взыскания в случае систематического нарушения исполнения должностных и (или) специальных обязанностей.

Дисциплинарное взыскание – *снижение в воинской должности* – применяется в отношении всех военнослужащих, объявляется приказом командира воинской части и исполняется без согласия военнослужащего на перемещение на нижестоящую воинскую должность.

Дисциплинарное взыскание – *снижение в воинском звании ефрейтора (старшего матроса) и сержанта (старшины), в том числе и со снижением в воинской должности,* – объявляется приказом командира воинской части.

Военнослужащему, к которому применено дисциплинарное взыскание – снижение в воинском звании на одну ступень – при объявлении взыскания определяется время для замены соответствующих знаков различия. Запрещаются срывание погон, срезание нашивок и другие действия, унижающие личное достоинство военнослужащего.

Дисциплинарное взыскание – *досрочное увольнение с военной службы в связи с невыполнением условий контракта* – применяется в отношении военнослужащего, проходящего военную службу по контракту, за невыполнение им условий контракта и исполняется без его согласия.

Если на момент досрочного увольнения военнослужащий не выслужил установленный срок военной службы по призыву, он направляется для прохождения военной службы по призыву с зачислением двух месяцев военной службы по контракту за один месяц военной службы по призыву.

Дисциплинарное взыскание – *отчисление из военной образовательной организации* применяется в отношении курсантов военной образовательной организации за один или несколько совершенных ими грубых дисциплинарных проступков по представлению начальника военной образовательной организации приказом командира (начальника), которому такое право предоставлено.

Дисциплинарное взыскание – *отчисление с военных сборов* применяется в отношении граждан, призванных на военные сборы, за один или несколько совершенных ими грубых дисциплинарных проступков и объявляется приказом командира воинской части, в которой гражданин, призванный на военные сборы, проходит военные сборы. **При этом время нахождения на военных сборах гражданину, призванному на военные сборы, не засчитывается.**

Вопросы для контроля и самопроверки:

1. Что такое воинская дисциплина?
2. На чем основывается воинская дисциплина?
3. Чем достигается воинская дисциплина?
4. Какие обязанности выполняет командир по поддержанию воинской дисциплины в воинской части (подразделении)?
5. Кто отвечает за состояние воинской дисциплины в воинской части (подразделении)?
6. Какие начальники могут применять поощрения и дисциплинарные взыскания?
7. Какие виды поощрений могут применяться к военнослужащим?
8. Какие поощрения применяются к солдатам, матросам, сержантам и старшинам?
9. Какие права предоставлены командирам (начальникам) по применению поощрений к подчиненным им солдатам, матросам, сержантам и старшинам?

10. Какие поощрения применяются к прапорщикам и мичманам?

11. Какие права предоставлены командирам (начальникам) по применению поощрений к подчиненным им прапорщикам и мичманам?

12. Какие поощрения применяются к офицерам?

13. Какие права предоставлены командирам (начальникам) по применению поощрений к подчиненным им офицерам?

14. Сколько раз военнослужащий может быть поощрен за одно отличие?

15. Как может быть поощрен военнослужащий, имеющий дисциплинарное взыскание?

16. Какова главная цель дисциплинарного взыскания?

17. За что военнослужащие привлекаются к дисциплинарной ответственности?

18. Что не является дисциплинарным взысканием?

19. Какие меры обеспечения производства по материалам о дисциплинарном проступке могут быть применены к военнослужащему?

20. Какие виды дисциплинарных взысканий могут применяться к военнослужащим?

21. Какие дисциплинарные взыскания могут налагаться на солдат, матросов, сержантов и старшин?

22. Какие права предоставлены командирам (начальникам) по применению дисциплинарных взысканий к подчиненным им солдатам, матросам, сержантам и старшинам?

23. Какие дисциплинарные взыскания применяются к прапорщикам и мичманам?

24. Какие права предоставлены командирам (начальникам) по применению дисциплинарных взысканий к подчиненным им прапорщикам и мичманам?

25. Какие дисциплинарные взыскания применяются к офицерам?

26. Какие права предоставлены командирам (начальникам) по применению дисциплинарных взысканий к подчиненным им офицерам?

27. С какой целью проводится разбирательство?

28. Какой существует порядок проведения разбирательства?

29. Какие установлены сроки проведения разбирательства?

30. Какой установлен порядок наложения дисциплинарного взыскания?

Раздел 3

СТРОЕВАЯ ПОДГОТОВКА

Строевая подготовка является разделом общевоенной подготовки и представляет собой учебную дисциплину, целью которой является обучение военнослужащих соблюдению внешнего вида и правил ношения военной формы одежды, знанию положений Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации, выработки у них строевой выправки, подтянутости и выносливости, умений правильно и быстро выполнять команды, строевые приемы с оружием и без него, в строю и вне строя, строевой слаженности подразделений.

Строевая подготовка является первоначальной учебной дисциплиной, с которой начинают знакомство военнослужащих с военной службой. Она организуется и проводится в строгом соответствии с положениями Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации.

Строевая подготовка состоит из практического курса, который основывается на методах обучения. Курс, несмотря на кажущуюся простоту, оказывается для военнослужащих достаточно сложным для восприятия, но игнорировать обучение категорически нельзя.

Методы обучения – это пути и способы, с помощью которых достигаются сообщение и усвоение знаний, формирование умений и навыков, выработка морально-волевых и психологических качеств.

В строевой подготовке применяются различные методы обучения, такие как устное изложение учебного материала, показ, тренировка (упражнение), самостоятельное изучение приема или действия. Но основным методом обучения считается метод **«рассказ, показ и тренировка»** с использованием разметки и оборудования строевого плаца.

Метод состоит из взаимосвязанных элементов и способов, которые принято называть приемами обучения. Так, например, изложение порядка выполнения строевого приема – это прием метода рассказа, демонстрация изучаемого строевого приема по разделениям или в целом – это приемы метода показа.

Показ представляет собой совокупность приемов и действий, с помощью которых у обучаемых создается наглядный образ изучаемого предмета, формируются конкретные представления о приемах и действиях. Одной из разновидностей метода показа является демонстрация.

Особое значение в строевой подготовке имеет умение руководителя занятия правильно, четко и громко подавать команды.

Предварительная команда должна подаваться отчетливо и протяжно, чтобы обучаемые поняли, каких действий от них требует руководитель.

Исполнительная команда должна подаваться после паузы отрывисто и энергично. Исполнительную команду никогда не следует затягивать, так как это приводит к ненужному перенапряжению обучаемых и нечеткости их действий.

Для подачи команд или отдачи приказов руководитель занятия обязан принять положение строевой стойки. Это является примером для подчиненных, воспитывает у них дисциплинированность и уважение к строю.

Обучение строевым приемам целесообразно проводить в следующей последовательности:

ознакомление с приемом;

разучивание приема;

тренировка (упражнение).

Для ознакомления с приемом руководитель должен:

назвать прием и указать, где и с какой целью он применяется;

подать команду, по которой выполняется прием;

показать выполнение приема в целом и по разделениям с краткими пояснениями порядка выполнения.

После ознакомления со строевым приемом процесс формирования умений и навыков состоит из трех связанных между собой основных этапов:

первый этап формирования умений заключается в разделении строевого приема на простые элементы и их выполнении;

второй этап формирования умения (этап формирования первичных навыков) последовательно объединяет элементы в группы, а затем – в единое целое;

третий этап является этапом формирования навыка в выполнении строевого приема путем многократного повторения (тренировки) и доведенного до автоматизма.

5. Общие положения Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации

Общие положения Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации изложены в главе 1 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10] и заключаются в следующем.

5.1. Строи и управление ими

Для успешного усвоения основных положений Строевого устава Вооруженных сил Российской Федерации (далее по тексту – Строевого устава) и умелых действий в строю целесообразно, в первую очередь, показать элементы строя, довести их определения согласно положений статей Строевого устава, рассказать о назначении элементов строя и основных команд по управлению им.

Для разъяснения теоретических положений и облегчения показа руководитель строит на строевой площадке личный состав взвода по отделениям в одну шеренгу так, чтобы первое отделение находилось слева от руководителя занятия, второе – напротив, а третье – справа, затем перестраивает личный состав отделений по ранжиру, после чего доводит положения статей 1-15 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10] и непосредственно на отделениях показывает строи и элементы строя.

Строй – установленное Уставом размещение военнослужащих, подразделений и воинских частей для их совместных действий в пешем порядке и на машинах.

Шеренга – строй, в котором военнослужащие размещены один возле другого на одной линии на установленных интервалах, как показано на рис. 5.1.

Линия машин – строй, в котором машины размещены одна возле другой на одной линии.

Фланг – правая (левая) оконечность строя. При поворотах строя названия флангов не изменяются.



Рис. 5.1. Строй и его элементы. Шеренга

Фронт – сторона строя, в которую военнослужащие обращены лицом (машины – лобовой частью).

Тыльная сторона строя – сторона, противоположная фронту.

Интервал – расстояние по фронту между военнослужащими (машинами), подразделениями и воинскими частями.

Ширина строя – расстояние между флангами.

Двухшереножный строй – строй, в котором военнослужащие одной шеренги расположены в затылок военнослужащим другой шеренги на дистанции одного шага (вытянутой руки, наложенной ладонью на плечо впереди стоящего военнослужащего). Шеренги называются первой и второй. При повороте строя названия шеренг не изменяются. Двухшереножный строй представлен на рис. 5.2.

Дистанция – расстояние в глубину между военнослужащими (машинами), подразделениями и воинскими частями.

Военнослужащие второй шеренги могут проверить дистанцию, вытянув вперед руку и положив ладонь на плечо впереди стоящего (при повороте кругом также могут проверить дистанцию военнослужащие первой шеренги).

Руководитель указывает, что построение подразделения производится по команде «СТАНОВИСЬ», перед которой указывается поря-

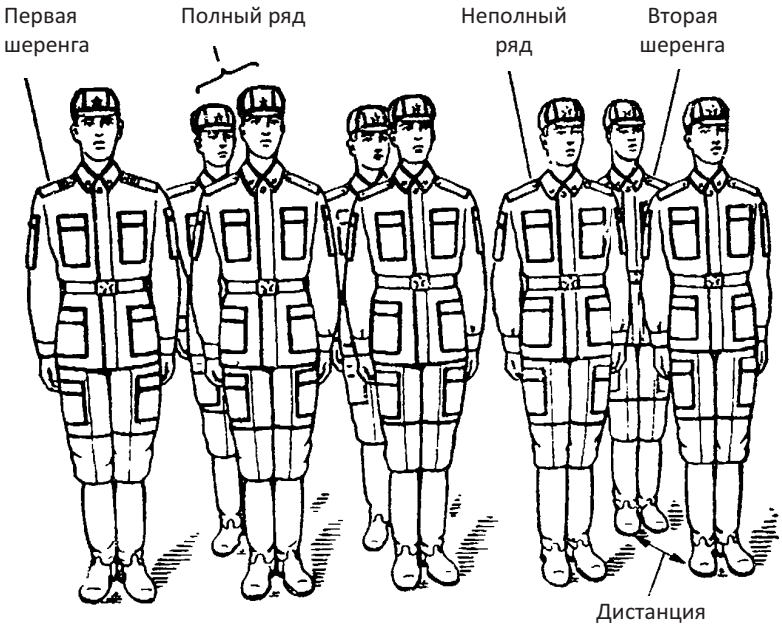


Рис. 5.2. Двухшереножный строй

док построения. По этой команде военнослужащий должен быстро занять свое место в строю, набрать установленные интервал и дистанцию, принять строевую стойку.

После разъяснения руководитель занятия организует построение взвода в две шеренги, подав команду «**Взвод (отделение), в две шеренги – СТАНОВИСЬ»**, при этом практически показывает место каждого военнослужащего в двухшереножном строю.

После построения руководитель выводит из строя двух обучающихся, строит одного в затылок другому и показывает, что такое ряд.

Ряд – два военнослужащих, стоящих в двухшереножном строю в затылок один другому. Если за военнослужащим первой шеренги не стоит в затылок военнослужащий второй шеренги, такой ряд называется неполным.

При повороте двухшереножного строя кругом военнослужащий неполного ряда переходит во впереди стоящую шеренгу.

Развернутый строй – строй, в котором подразделения построены на одной линии по фронту в одношереножном или двухшереножном строю (в линию машин) или в линию колонн на интервалах, установленных Уставом или командиром.

Развернутый строй применяется для проведения проверок, расчетов, смотров, парадов, а также в других необходимых случаях.

Фланг, фронт, тыльная сторона строя, интервал, дистанция, ширина строя являются характеристиками строя; ряд строем не является, последний ряд и первая шеренга должны быть всегда заполнены.

Одношереножный и двухшереножный строи могут быть **сомкнутыми** или **разомкнутыми**.

В сомкнутом строю военнослужащие в шеренгах расположены по фронту один от другого на интервалах, равных ширине ладони между локтями.

В разомкнутом строю военнослужащие в шеренгах расположены по фронту один от другого на интервалах в один шаг или на интервалах, указанных командиром, как показано на рисунке 5.3.



Рис. 5.3. Разомкнутый строй

Походный строй – строй, в котором подразделение построено в колонну или подразделения в колоннах построены одно за другим на дистанциях, установленных Уставом или командиром.

Походный строй применяется для передвижения подразделений при совершении марша, прохождения торжественным маршем, с песней, а также в других необходимых случаях.

Колонна – строй, в котором военнослужащие расположены в затылок друг другу, а подразделения (машины) – одно за другим на дистанциях, установленных Уставом или командиром.

Колонны могут быть по одному, как показано на рисунке 5.4, по два, по три, по четыре и более.



Рис. 5.4. Походный строй и его элементы. Колонна

Колонны применяются для построения подразделений и воинских частей в развернутый или походный строй.

Руководитель организует построение взвода в колонну по одному (по два), повернув взвод налево или направо (сначала из одношереножного, затем из духшереножного строя), одновременно указав, что построение осуществляется по команде: **«Взвод (отделение), в**

колонну по одному (по два) – СТАНОВИСЬ», а при построении в колонну по три, указывает, что построение осуществляется по команде: **«Взвод, в колонну по три – СТАНОВИСЬ».**

Называя элементы походного строя, руководитель дает их определение обращая внимание обучаемых на то, что: строями являются не только двухшереножный строй, развернутый строй и походный строй, но и шеренга, колонна; дистанция, глубина строя являются характеристиками строя.

Глубина строя – расстояние от первой шеренги (впереди стоящего военнослужащего) до последней шеренги (позади стоящего военнослужащего), а при действиях на машинах – расстояние от первой линии машин (впереди стоящей машины) до последней линии машин (позади стоящей машины).

Направляющий – военнослужащий (подразделение, машина), движущийся головным в указанном направлении. По направляющему сообразуют свое движение остальные военнослужащие (подразделения, машины).

Замыкающий – военнослужащий (подразделение, машина), движущийся последним в колонне.

Затем руководитель ставит перед обучаемыми вопросы, проверяя, как они усвоили пройденный материал. Если обучаемые усвоили положения развернутого строя и его элементы, руководитель приступает разъяснению порядка принятия указанного интервала (дистанции) между отделениями в походном строю:

организует построение взвода в колонну по три;

подает команды: **«Первое и второе отделения напра-ВО, первое отделение – шесть, второе – три шага вперед, шагом – МАРШ»**, **«Нале-ВО»**.

Управление строем осуществляется командами и приказаниями, которые подаются командиром голосом, сигналами и личным примером, а также передаются с помощью технических и подвижных средств.

Команды и приказания могут передаваться по колонне через командиров подразделений (старших машин) и назначенных наблюдателей.

Управление в машине осуществляется командами и приказаниями, подаваемыми голосом и с помощью средств внутренней связи.

В строю старший командир находится там, откуда ему удобнее командовать. Остальные командиры подают команды, оставаясь на местах, установленных Уставом или старшим командиром.

Командирам подразделений от роты и выше в походном строю батальона и полка разрешается выходить из строя только для подачи команд и проверки их исполнения.

Команда – краткое, установленное Уставом, устное распоряжение командира, требующее немедленного и точного выполнения определенных приемов и действий.

Приказание – форма доведения командиром (начальником) задач до подчиненных по частным вопросам.

Команда разделяется **на предварительную и исполнительную**; команды могут быть и только исполнительные.

Предварительная команда подается отчетливо, громко и протяжно, чтобы находящиеся в строю поняли, каких действий от них требует командир (руководитель занятия).

Перед подачей команды или отдачей приказания руководитель обязан принять положение «смирно». Это воспитывает у подчиненных дисциплинированность и уважение к строю.

По любой предварительной команде военнослужащие, находящиеся в строю, принимают строевую стойку, в движении переходят на строевой шаг, а вне строя поворачиваются в сторону начальника и принимают строевую стойку.

При выполнении приемов с оружием в предварительной команде, при необходимости, указывается наименование оружия. *Например,* **«Автоматы на – ГРУДЬ», «Пулеметы на ре-МЕНЬ»** и т. д.

С целью привлечь внимание подразделения или отдельного военнослужащего в предварительной команде, при необходимости, называется наименование подразделения или звание и фамилия военнослужащего. *Например,* **«Взвод** (1-й взвод) – **СТОЙ», «Рядовой Петров, кру-ГОМ».**

Исполнительная команда (в Строевом уставе напечатана крупным шрифтом) подается после паузы, громко, отрывисто, четко и энергично. Исполнительную команду никогда не следует затягивать, так как это приводит к ненужному перенапряжению обучаемых и нечеткости их действий.

Особо важное значение приобретает пауза между предварительной и исполнительной командами при остановке строя, так как находящиеся в нем военнослужащие должны не только уяснить смысл команды, но и перейти на строевой шаг. Исполнительная команда для выполнения поворотов и других приемов в движении должна подаваться в момент постановки той или иной ноги на землю.

По исполнительной команде производится немедленное и точное ее выполнение.

Голос при подаче команд должен соразмеряться с шириной и глубиной строя, а доклад произноситься четко, без резкого повышения голоса.

Команды, относящиеся ко всем подразделениям, принимаются и немедленно исполняются всеми командирами подразделений и командирами (старшими) машин.

Чтобы отменить или прекратить выполнение приема, подается команда **«ОТСТАВИТЬ»**. По этой команде принимается положение, которое было до выполнения приема.

При обучении допускаются выполнение указанных в Строевом уставе строевых приемов и движение по разделениям, а также с помощью подготовительных упражнений. *Например:* «Автомат на грудь, по разделениям: делай – РАЗ, делай – ДВА, делай – ТРИ». «Направо, по разделениям: делай – РАЗ, делай – ДВА».

5.2. Сигналы для управления строем и сигналы для управления машиной

Сигналы для управления строем и сигналы для управления машиной указаны в приложениях 3 и 4 к Строевому уставу Вооруженных сил Российской Федерации и приведены в таблице 5.1 и на рисунке 5.5.

В ходе разъяснения руководитель занятия демонстрирует в динамике некоторые сигналы с обозначением команд голосом, например, **«ВНИМАНИЕ», «К МАШИНЕ», «ПО МЕСТАМ», «ЗАВОДИ», «СТОЙ».**

Таблица 5.1

Сигнал	Условные обозначения		
	рукой	флажками	фонарем
Внимание (внимание, делай, что я; отзыв)	Поднять правую руку вверх и держать до отзыва (до повторения сигнала «Внимание»)	Поднять правой рукой вверх желтый флажок и держать до отзыва (до повторения сигнала «Внимание»)	Фонарем с белым светом – серия точек
Сбор командиров (начальников)	Поднять правую руку вверх и кружить ею над головой, после чего руку резко опустить	То же, с красным и желтым флажками в правой руке	Фонарем с белым светом размахивать над головой вправо и влево, описывая полукруги
К машинам	Поднять обе руки вверх и держать до исполнения	То же, имея в правой руке желтый, а в левой красный флажок	Фонарем с белым светом размахивать перед собой вправо и влево на уровне плеча

Продолжение табл. 5.1

Сигнал	Условные обозначения		
	рукой	флажками	фонарем
По местам	Поднять обе руки вверх и резко опустить вниз через стороны	То же, имея в правой руке желтый, а в левой красный флажок	Фонарем с белым светом размахивать по вертикали вверх и вниз
Заводи	Правой рукой вращать впереди себя	То же, имея в правой руке желтый флажок	Фонарем с белым светом вращать впереди себя
Глуши двигатель	Размахивать перед собой обеими опущенными руками	То же, имея в правой руке желтый, а в левой красный флажок	Фонарем с красным светом, опущенным вниз, размахивать перед собой, описывая полукруг

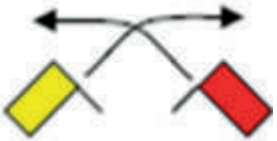
Продолжение табл. 5.1

Сигнал	Условные обозначения		
	рукой	флажками	фонарем
Марш (вперед, продолжать движение в прежнем или новом направлении, путь свободен)	Поднять правую руку вверх, повернуться в сторону движения и опустить руку в направлении движения на уровне плеча	То же, с желтым флажком в правой руке	Фонарем с зеленым светом размахивать по вертикали вверх и вниз
Увеличить дистанцию	Поднять левую руку вверх, а правую вытянуть горизонтально в сторону и размахивать ею вниз и вверх до уровня плеча	То же, имея в правой руке желтый, а в левой красный флажок	Фонарем с зеленым светом размахивать в вертикальной плоскости, описывая восьмерку
Уменьшить дистанцию	Поднять правую руку вверх, а левую вытянуть	То же, имея в правой руке желтый, а в левой красный флажок	Фонарем с красным светом размахивать в

Продолжение табл. 5.1

Сигнал	Условные обозначения		
	рукой	флажками	фонарем
	горизонтально в сторону и размахивать ею вниз и вверх до уровня плеча		вертикальной плоскости, описывая восьмерку
Стой (стоп)	Поднять левую руку в вверх и быстро спустить вниз перед собой, повторяя до исполнения	То же, с красным флажком в левой руке	Фонарем с красным светом размахивать по вертикали вверх и вниз
В линию машин	Вытянуть обе руки горизонтально в сторону и держать до отзыва	То же, имея в правой руке желтый, а в левой красный флажок	Фонарем с зеленым светом размахивать перед собой вправо и влево на уровне плеча

Окончание табл. 5.1

Сигнал	Условные обозначения		
	рукой	флажками	фонарем
В линию колонн	В линию взводных колонн: поднять обе руки вверх и размахивать ими накрест над головой	То же, имея в правой руке желтый, а в левой красный флажок 	Фонарем с зеленым светом размахивать над головой вправо и влево, описывая полукруг 
	В линию ротных колонн: поднять обе руки вверх, сложить их накрест над головой и держать неподвижно	То же, имея в правой руке желтый, а в левой красный флажок 	Фонарем с зеленым светом размахивать над головой вправо, описывая полукруг. Возвращение фонаря в первоначальное положение производить при полупотушенном или скрытом от принимающего свете 

Примечания:

1. Сигнальный флажок состоит из прямоугольного полотнища размером 32х22 см, прикрепленного к древку длиной 40 см. Вместо флажка желтого цвета может применяться флажок белого цвета.

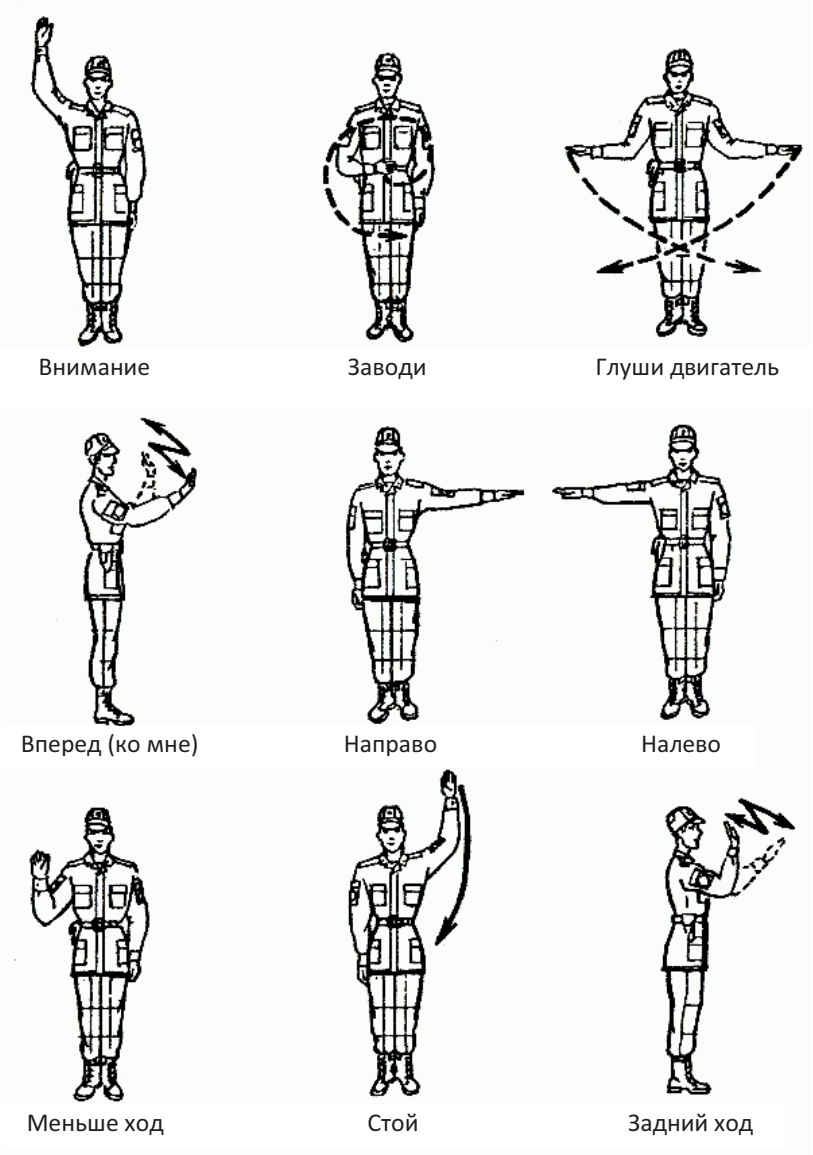


Рис.5.5. Сигналы управления машиной

5.3. Обязанности командиров и военнослужащих перед построением и в строю

Строй требует от военнослужащих, находящихся в нем, строго определенных и согласованных действий, а это обеспечивается твердым знанием и полным исполнением каждым из них обязанностей, определяемых Строевым уставом Вооруженных Сил Российской Федерации (статьи 25, 26).

Командир обязан:

указать место, время, порядок построения, форму одежды и снаряжение, а также какое иметь вооружение и военную технику; при необходимости назначить наблюдателя;

проверить и знать наличие в строю подчиненных своего подразделения (воинской части), а также вооружения, военной техники, боеприпасов, средств индивидуальной защиты и индивидуальной бронезащиты, шанцевого инструмента;

проверить внешний вид подчиненных, а также наличие снаряжения и правильность его подгонки;

поддерживать дисциплину строя и требовать точного выполнения подразделениями команд и сигналов, а военнослужащими своих обязанностей в строю;

при подаче команд в пешем строю на месте принимать строевую стойку;

при построении подразделений с вооружением и военной техникой произвести внешний осмотр их, а также проверить наличие и исправность оборудования для перевозки личного состава, правильность крепления перевозимых (буксируемых) вооружения и военной техники, и укладки военного имущества; напомнить личному составу требования безопасности; в движении соблюдать установленные дистанции, скорость и правила движения.

Военнослужащий обязан:

проверить исправность закрепленных за ним оружия и боеприпасов, вооружения и военной техники, средств индивидуальной защиты и индивидуальной бронезащиты, шанцевого инструмента, обмундирования и снаряжения;

аккуратно заправить обмундирование, правильно надеть и подогнать снаряжение, помочь товарищу устранить замеченные недостатки;

знать свое место в строю, уметь быстро, без суеты занять его; в движении сохранять равнение, установленные интервал и дистанцию; соблюдать требования безопасности; не выходить из строя (машины) без разрешения;

в строю без разрешения не разговаривать и не курить; быть внимательным к приказаниям и командам своего командира, быстро и точно их выполнять, не мешая другим;

передавать приказания, команды без искажений, громко и четко.

Вопросы для контроля и самопроверки:

1. Что такое строй?
2. Что такое шеренга?
3. Что такое колонна?
4. Что такое двухшереножный строй?
5. Что такое фланг (фронт, тыльная сторона строя)?
6. Что такое интервал (дистанция)?
7. Что такое глубина (ширина) строя?
8. Что такое ряд?
9. Что такое походный строй?
10. Что такое развернутый разомкнутый строй?
11. Кто такой направляющий (замыкающий)?
12. В каких случаях применяется развернутый строй, а в каких походный?
13. Как осуществляется управление строем?
14. Как разделяются команды для управления строем?
15. Что обязан выполнить военнослужащий перед построением и в строю?

6. Строевые приемы и движение без оружия

6.1. Строевая стойка

Для обучения строевой стойке руководитель строит на строевой площадке личный состав взвода по отделениям в одну шеренгу так, чтобы первое отделение находилось слева от руководителя занятия, второе – напротив, а третье – справа.

Начиная занятие, руководитель доводит положения статьи 27 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

27. Строевая стойка принимается по команде **«СТАНОВИСЬ»** или **«СМИРНО»**. По этой команде, как показано на рисунке 6.1, стоять прямо, без напряжения, каблуки поставить вместе, носки выровнять по линии фронта, поставив их на ширину ступни; ноги в коленях выпрямить, но не напрягать; грудь приподнять, а все тело несколько подать вперед; живот подобрать; плечи развернуть; руки опустить так, чтобы кисти, обращенные ладонями внутрь, были сбоку и посредине бедер, а пальцы полусогнуты и касались бедра; голову держать высоко и прямо, не выставляя подбородка; смотреть прямо перед собой; быть готовым к немедленному действию.

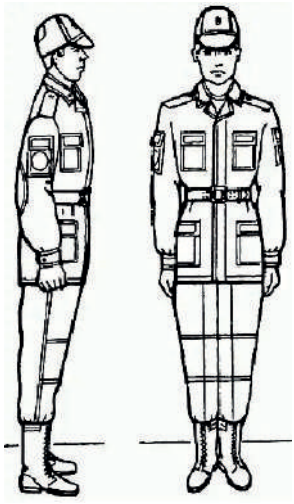


Рис. 6.1. Строевая стойка

Строевая стойка на месте принимается и без команды в следующих случаях:

при отдаче и получении приказа;

при докладе;

во время исполнения Государственного гимна Российской Федерации;

при выполнении воинского приветствия, а также при подаче команд».

После доведения руководитель знакомит обучаемых с элементами строевой стойки путем образцового ее показа. При этом обучаемые должны видеть начальника при показе спереди и сбоку (для этого целесообразно провести показ строевой стойки несколько раз, поворачиваясь лицом к каждому отделению).

Строевая стойка является исходным положением к правильному и молодцеватому выполнению всех строевых приемов, она относится к числу основных элементов, которые следует усвоить каждому военнослужащему.

Разучивание выполнения строевой стойки по элементам предусматривает подготовительные упражнения.

Первое подготовительное упражнение «***Разведение носков по линии фронта на ширину ступни***».

Исходное положение: стоять прямо, без напряжения, ноги в коленях выпрямить, но не напрягать, каблуки поставить вместе, носки выровнять по линии фронта.

Подготовительное упражнение выполнять по командам: «**Носки свести, делай – РАЗ**», **«Носки развести, делай – ДВА», «Носки свести, делай – РАЗ»** и т.д.

Подавая команды, руководитель следит, чтобы каблуки стоят вместе, носки выровнены по линии фронта и поставлены на ширину ступни. Сначала упражнение несколько раз выполняется под общую команду, затем руководитель проверяет выполнение упражнения каждым обучаемым. Выполнять упражнение нужно несколько раз и только после этого проверять не отклонились ли носки обуви от линии.

Упражнение выполняется до тех пор, пока не будут устранены все ошибки каждым обучаемым.

Второе подготовительное упражнение *«Грудь приподнять, все тело несколько подать вперед, живот подобрать, плечи развернуть»*.

Исходное положение: стоять прямо, без напряжения, каблуки поставить вместе, носки выровнять по линии фронта, поставив их на ширину ступни; ноги в коленях выпрямить, но не напрягать.

Подготовительное упражнение выполнять по разделениям:

по команде **«Делай – РАЗ»** приподнять грудь сделав глубокий вдох и в таком положении задержать грудную клетку, сделать выдох и продолжать дыхание с приподнятой грудью;

по команде **«Делай – ДВА»** подать тело немного вперед;

по команде **«Делай – ТРИ»** подобрать живот;

по команде **«Делай – ЧЕТЫРЕ»** развернуть плечи;

по команде **«Делай – ПЯТЬ»** принять исходное положение.

После выполнения команды «Делай – ЧЕТЫРЕ» **для проверки правильного выполнения строевой стойки необходимо:**

приказать обучаемым подняться на носки, как показано на рисунке 6.2. Если положение тела правильное, то перед подъемом не будет замечено наклонное движение тела вперед, а после опускания – его наклонное движение назад;

подать команду «Поднять носки, делай – РАЗ». Те, кто принял правильно строевую стойку, носки поднять не смогут.

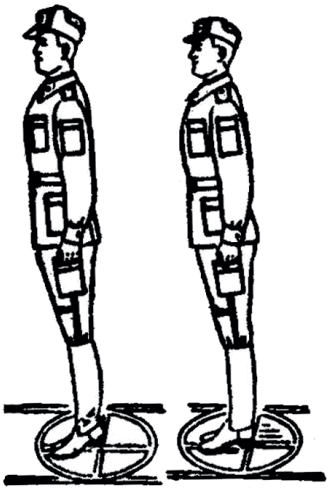


Рис. 6.2. Проверка правильности положения корпуса

Упражнение выполняется до тех пор, пока каждый обучаемый не почувствует отличия положения корпуса при правильной строевой стойке от положения в свободном состоянии.

Третье подготовительное упражнение *«Положение рук»*.

Исходное положение: стоять прямо, без напряжения, каблуки поставить вместе, носки выровнять по линии фронта, поставив их на ширину ступни; ноги в коленях выпрямить, но не напрягать; грудь приподнять, а все тело несколько подать вперед; живот подобрать; плечи развернуть.

Подготовительное упражнение выполнять по разделениям:

по команде **«Делай – РАЗ»** согнуть руки в локтях под 90^0, пальцы кистей рук выпрямить и держать вместе, большой палец отвести и направить вверх;

по команде **«Делай – ДВА»** согнуть первые и вторые фаланги пальцев, кроме большого пальца;

по команде **«Делай – ТРИ»** прижать большой палец к кисти руки;

по команде **«Делай – ЧЕТЫРЕ»** опустить руки так, чтобы кисти, обращенные ладонями внутрь, были сбоку и посредине бедер, а пальцы полусогнуты и касались бедра.

Упражнение выполняется до тех пор, пока не будут устранены все ошибки каждым обучаемым.

Четвертое подготовительное упражнение *«Положение головы»*.

Исходное положение: стоять прямо, без напряжения, каблуки поставить вместе, носки выровнять по линии фронта, поставив их на ширину ступни; ноги в коленях выпрямить, но не напрягать; грудь приподнять, а все тело несколько подать вперед; живот подобрать; плечи развернуть; руки опустить так, чтобы кисти, обращенные ладонями внутрь, были сбоку и посредине бедер, а пальцы полусогнуты и касались бедра.

Подготовительное упражнение выполнять по разделениям:

по команде **«Делай – РАЗ»** голову поставить высоко и прямо, подбородок не выставлять, смотреть прямо перед собой. *Чтобы проверить правильность положения головы, необходимо не опуская головы, посмотреть вниз перед собой. При правильном положении головы обучаемый, должен видеть на плацу самую близкую точку в двух-трех шагах от себя, любое другое положение головы обучаемого будет неправильным;*

по команде **«Делай – ДВА»** повернуть голову направо так, чтобы правое ухо было выше левого, а положение тела оставалось неизменным;

по команде **«Делай – ТРИ»** голову поставить прямо, подбородок не выставлять, смотреть прямо перед собой;

по команде **«Делай – ЧЕТЫРЕ»** повернуть голову налево так, чтобы левое ухо было выше правого, а положение тела оставалось неизменным;

по команде **«Делай – ПЯТЬ»** голову поставить прямо, подбородок не выставлять, смотреть прямо перед собой.

Упражнение выполняется до тех пор, пока каждый обучаемый не примет правильное положение головы.

Строевой прием* «Строевая стойка»** *выполняется* ***по разделениям на восемь счетов:

по команде **«Делай – РАЗ»** согнуть руки в локтях под 90^0, пальцы кистей рук выпрямить и держать вместе, большой палец отвести и направить вверх;

по команде **«Делай – ДВА»** согнуть первые и вторые фаланги пальцев, кроме большого пальца;

по команде **«Делай – ТРИ»** прижать большой палец к кисти руки;

по команде **«Делай – ЧЕТЫРЕ»** опустить руки так, чтобы кисти, обращенные ладонями внутрь, были сбоку и посредине бедер, а пальцы полусогнуты и касались бедра;

по команде **«Делай – ПЯТЬ»** носки свести;

по команде **«Делай – ШЕСТЬ»** носки поставить на ширину ступни по линии фронта;

по команде **«Делай – СЕМЬ»** подняться на носках и одновременно при этом грудь приподнять, живот подобрать, а плечи развернуть;

по команде **«Делай – ВОСЕМЬ»** опуститься на все ступни и голову поставить прямо, подбородок не выставлять, смотреть прямо перед собой.

Руководитель обращает внимание обучаемых на то, что при правильной строевой стойке грудь всегда находится несколько впереди подбородка.

Тренировка по разделениям проводится до тех пор, пока все обучаемые не научатся принимать правильное положение строевой стойки. И только после этого руководитель переходит к тренировке по выполнению приема в целом.

6.2. Выполнение команд «РАВНЯЙСЬ», «СМИРНО», «ВОЛЬНО», «ЗАПРАВИТЬСЯ», «Головные уборы – СНЯТЬ (НАДЕТЬ)»

Выполнение команды «РАВНЯЙСЬ» изложено в статье 75 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

75. При необходимости выровнять отделение на месте подается команда «РАВНЯЙСЬ» или «Налево – РАВНЯЙСЬ».

По команде «РАВНЯЙСЬ» все, кроме правофлангового военнослужащего, поворачивают голову направо (правое ухо выше левого, подбородок приподнят) и выравниваются так, чтобы каждый видел грудь четвертого человека, считая себя первым. По команде «Налево – РАВНЯЙСЬ» все, кроме левофлангового военнослужащего, голову поворачивают налево (левое ухо выше правого, подбородок приподнят).

При выравнивании военнослужащие могут несколько передвигаться вперед, назад или в стороны.

По окончании выравнивания подается команда «СМИРНО», по которой все военнослужащие быстро ставят голову прямо, продолжая выполнять строевую стойку.

При выравнивании отделения после поворота его кругом в команде указывается сторона равнения.

Например, «Направо (налево) – РАВНЯЙСЬ».

Обучение выравниванию целесообразно проводить в следующей последовательности: показать выполнение строевого приема, научить выравнивать носки обуви, правильно принимать положение корпуса и поворачивать голову в сторону равнения.

Выравнивание носков обуви во многом зависит от положения правофлангового военнослужащего. Носки обуви правофлангового должны строго обозначать линию фронта и быть развернуты на ширину ступни.

Для тренировки в выравнивании носков руководитель использует разметку строевого плаца.

При выравнивании смотреть на носки обуви **не разрешается.**

Положение корпуса при выравнивании должно быть, как при строевой стойке.

При правильном положении носков обуви и корпуса военнослужащие, повернув голову в сторону равнения, должны видеть грудь четвертого человека, считая себя первым.

Для обучения повороту головы необходимо, не изменяя положения ног и туловища, повернуть голову в сторону равнения так, чтобы: при выравнивании в правую сторону правое ухо было выше левого, а при выравнивании в левую сторону – наоборот.

Для выравнивания обучаемые могут несколько передвигаться вперед, назад или в стороны, поэтому, подав команду «Равняйсь»,

необходимо добиться ее выполнения и не спешить подавать команду «ОТСТАВИТЬ» или «СМИРНО».

Выполнение команд «ВОЛЬНО», «ЗАПРАВИТЬСЯ» изложено в статье 28 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

28. По команде «ВОЛЬНО» стать свободно, ослабить в колене правую или левую ногу, но не сходить с места, не ослаблять внимания и не разговаривать, как показано на рисунке 6.3.

По команде «ЗАПРАВИТЬСЯ», не оставляя своего места в строю, поправить оружие, обмундирование и снаряжение. При необходимости выйти из строя за разрешением обратиться к непосредственному начальнику.

Перед командой «ЗАПРАВИТЬСЯ» подается команда «ВОЛЬНО».

Руководитель проводит образцовый показ выполнения строевых приемов и приступает к тренировке.

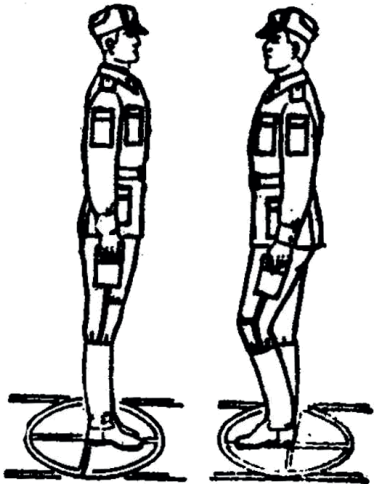


Рис. 6.3. Отличие строевой стойки от положения «Вольно»

Добившись правильного выполнения приемов, руководитель проводит тренировку, используя различные построения. Например, «Взвод – РАЗОЙДИСЬ», «Взвод, в одну шеренгу – СТАНОВИСЬ», «ВОЛЬНО», «ЗАПРАВИТЬСЯ» и т. д. При этом обращает внимание на выполнение строевой стойки по команде «СТАНОВИСЬ».

Выполнение команды «Головные уборы – СНЯТЬ (НАДЕТЬ)» изложено в статье 29 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

29. Для снятия головных уборов подается команда «Головные уборы (головной убор) – СНЯТЬ», а для надевания – «Головные уборы (головной убор) – НАДЕТЬ». При необходимости одиночные военнослужащие головной убор снимают и надевают без команды.



Рис. 6.4.
Положение снятого головного убора

Снятый головной убор держится в левой свободно опущенной руке кокардой вперед. Положение снятого головного убора представлено на рисунке 6.4.

Без оружия или с оружием в положении «за спину» головной убор снимается и надевается правой рукой, а с оружием в положениях «на ремень», «на грудь» – левой».

Руководитель проводит образцовый показ выполнения строевых приемов и приступает к разучиванию и тренировке.

Выполнение строевого приема по командам **«Головные уборы – СНЯТЬ (НАДЕТЬ)»** проводится ***по разделениям на три счета.***

При выполнении команды **«Головные уборы – СНЯТЬ»:**

по счету **«Делай – РАЗ» –** правой рукой взять головной убор (фуражку за козырек, шапку-ушанку за верхнюю часть);

по счету **«Делай – ДВА» –** снять головной убор и опустить его на уровень поясного ремня и предать в левую руку;

по счету **«Делай –ТРИ» –** опустить левую и правую руки, при этом снятый головной убор держится в левой свободно опущенной руке кокардой вперед.

При выполнении команды **«Головные уборы – НАДЕТЬ»:**

по счету **«Делай – РАЗ» –** левую руку с головным убором подать вперед к поясу и одновременно передать головной убор в правую руку;

по счету **«Делай – ДВА» –** опустить левую руку и надеть головной убор на голову;

по счету **«Делай –ТРИ» –** резко опустить правую руку вниз и принять строевую стойку.

Любые движения до подачи команд «ВОЛЬНО», «ЗАПРАВИТЬСЯ» исключены.

Руководитель проводит тренировку по выполнению приемов в целом.

6.3. Повороты на месте

Выполнение поворотов на месте изложено в статье 30 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

30. Повороты на месте выполняются по командам: «Напра-ВО», «Пол-оборота напра-ВО», «Нале-ВО», «Пол-оборота нале-ВО», «Кру-ГОМ».

Повороты кругом (на 1/2 круга), налево (на 1/4 круга), пол-оборота налево (на 1/8 круга) производятся в сторону левой руки на левом каблуке и на правом носке; направо и пол-оборота направо – в сторону правой руки на правом каблуке и на левом носке.

Повороты выполняются в два приема:

первый прием – повернуться, сохраняя правильное положение корпуса, и, не сгибая ног в коленях, перенести тяжесть тела на впереди стоящую ногу;

второй прием – кратчайшим путем приставить другую ногу.

Выполнение приема осуществляется только по исполнительной команде (при поворотах на 45° или 90° – по команде «ВО», при поворотах на 180° – по команде «ГОМ»).

Повороты на месте выполняются одиночными обучаемыми на всех занятиях: при подходе к начальнику и отходе от него, при постановке в строй, а также подразделениями как на занятиях, так и во время построений и передвижений. Обучение поворотам на месте начинается из исходного положения, которым является строевая стойка, так, как только на ее основе можно правильно освоить такие приемы.

Для четкого и красивого поворота на месте необходимо перенести тяжесть тела на ту ногу, в сторону которой делается поворот, с одновременным рывком корпуса в сторону поворота и сильным упором на носок противоположной ноги, сохраняя устойчивое положение туловища.

При обучении выполнять поворот направо (команда «Напра-ВО») руководитель показывает выполнение строевого приема в целом, а затем по разделениям, как показано на рисунке 6.5:

по счету **«Делай – РАЗ» –** резко повернуться в сторону правой руки на правом каблуке и левом носке, сохраняя положение кор-



Рис. 6.5. Выполнение поворота направо

пуса и рук как при строевой стойке, и, не сгибая ног в коленях, перенести тяжесть тела на правую ногу. При этом каблук левой ноги и носок правой ноги должны быть развернуты так, чтобы после окончания поворота носки оказались развернутыми на ширину ступни;

по счету **«Делай – ДВА» –** кратчайшим путем приставить левую ногу, не сгибая ее в колене.

Добившись правильного выполнения приема по разделениям, руководитель приступает к тренировке. Для этого он подает команду «Напра-ВО» и сопровождает ее счетом вслух: «раз, два».

При обучении выполнять поворот налево (команда «Нале-ВО») руководитель показывает выполнение строевого приема в целом, а затем по разделениям, как показано на рисунке 6.6:



Рис. 6.6. Выполнение поворота налево

по счету **«Делай – РАЗ» –** резко повернуться в сторону левой руки на 180° на левом каблуке и правом носке, сохраняя положение корпуса и рук как при строевой стойке, и, не сгибая ног в коленях, перенести тяжесть тела на левую ногу;

по счету **«Делай – ДВА» –** кратчайшим путем приставить правую ногу, не сгибая ее в колене так, чтобы каблуки были вместе, а носки развернуты на ширину ступни.

Добившись правильного выполнения приема по разделениям, руководитель приступает к тренировке. Для этого он подает команду «Нале-ВО» и сопровождает ее счетом вслух: «раз, два».

Обучение поворотам пол-оборота налево (направо) осуществляется так же, как и полные повороты налево (направо) с той лишь разницей, что поворот корпуса делается на 45°.

При обучении выполнять поворот кругом (команда «Кру-ГОМ») руководитель показывает выполнение строевого приема в целом, а затем по разделениям, как показано на рисунке 6.7:

по счету **«Делай – РАЗ» –** резко повернуться в сторону левой руки на левом каблуке и правом носке, сохраняя положение корпуса и рук как при строевой стойке, и, не сгибая ног в коленях, перенести тяжесть тела на левую ногу;

по счету **«Делай – ДВА» –** кратчайшим путем приставить правую ногу, не сгибая ее в колене так, чтобы каблуки были вместе, а носки развернуты на ширину ступни.



Рис. 6.7. Выполнение поворота кругом

Добившись правильного выполнения приема по разделениям, руководитель приступает к тренировке. Для этого он подает команду «Кру-ГОМ» и сопровождает ее счетом вслух: «раз, два».

Если обучаемый выполняет поворот или его элемент неправильно, руководитель занятия подает команду **«Отставить»**, указывает на ошибку и подает команду на повторение *(*при неправильном или нечетком выполнении элемента по счету «РАЗ» подается команда «Отставить», по счету «ДВА» кратчайшим путем приставить левую ногу, не сгибая ее в колене*)*. Если обучаемый повторяет ошибку, то руководитель занятия выводит его из строя, показывает ему ошибку, подает команды, обучает его, устраняя в процессе выполнения команды все неправильные действия. Находящиеся в это время в строю выполняют прием по командам руководитель занятия вместе с обучаемым.

Возможные ошибки при выполнении поворотов на месте, на которые необходимо обратить внимание:

преждевременный поворот корпуса по предварительной команде;

сгибание ног в коленях;

размахивание руками при повороте;

наклон головы вниз;

опускание груди или выпячивание живота;

отклонение корпуса назад;

поворот не на каблуке, а на всей ступне;

при повороте кругом неполный разворот;

приставление ноги не кратчайшим путем и при этом качание корпуса.

Во время занятий с обучаемыми категории «офицер» или «сержант», в целях развития у них командных и методических навыков целесообразно поочередно ставить их в роль обучающего.

6.4. Движение шагом и бегом. Строевой и походный шаг

Движение шагом и бегом изложено в статьях 31–37 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

31. Движение совершается шагом или бегом.

Движение шагом осуществляется с темпом 110 – 120 шагов в минуту. Размер шага – 70 – 80 см.

Движение бегом осуществляется с темпом 165 – 180 шагов в минуту. Размер шага – 85 – 90 см.

Шаг бывает строевой и походный.

Строевой шаг применяется при прохождении подразделений торжественным маршем; при выполнении ими воинского приветствия в движении; при подходе военнослужащего к начальнику и при отходе от него; при выходе из строя и возвращении в строй, а также на занятиях по строевой подготовке.

Походный шаг применяется во всех остальных случаях.

32. Движение строевым шагом начинается по команде «Строевым шагом – МАРШ» (в движении «Строевым – МАРШ»), а движение походным шагом – по команде «Шагом – МАРШ».

По предварительной команде подать корпус несколько вперед, перенести тяжесть его больше на правую ногу, сохраняя устойчи-

вость; по исполнительной команде начать движение с левой ноги полным шагом.

При движении строевым шагом ногу с оттянутым вперед носком выносить на высоту 15–20 см от земли, как показано на рисунке 6.8, и ставить ее твердо на всю ступню.

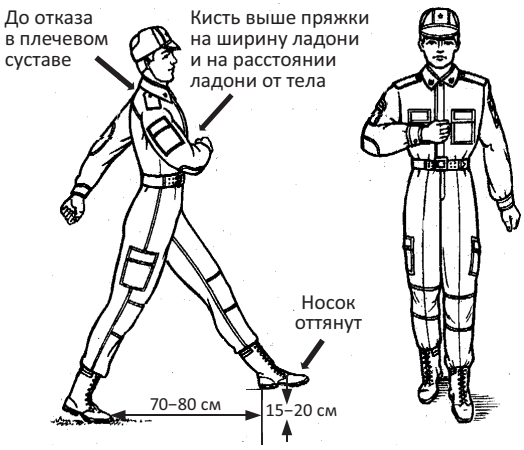


Рис. 6.8. Движение строевым шагом

Руками, начиная от плеча, производить движения около тела: вперед – сгибая их в локтях так, чтобы кисти поднимались выше пряжки пояса на ширину ладони и на расстоянии ладони от тела, а локоть находился на уровне кисти; назад – до отказа в плечевом суставе. Пальцы рук полусогнуты, голову держать прямо, смотреть перед собой.

При движении походным шагом ногу выносить свободно, не оттягивая носок, и ставить ее на землю, как при обычной ходьбе; руками производить свободные движения около тела.

При движении походным шагом по команде «СМИРНО» перейти на строевой шаг. При движении строевым шагом по команде «ВОЛЬНО» идти походным шагом.

33. Движение бегом начинается по команде «Бегом – МАРШ».

При движении с места по предварительной команде корпус слегка подать вперед, руки полусогнуть, отведя локти несколько назад; по исполнительной команде начать бег с левой ноги, руками производить свободные движения вперед и назад в такт бега.

Для перехода в движении с шага на бег по предварительной команде руки полусогнуть, отведя локти несколько назад. Исполнительная команда подается одновременно с постановкой левой ноги

на землю. По этой команде правой ногой сделать шаг и с левой ноги начать движение бегом.

Для перехода с бега на шаг подается команда «Шагом – МАРШ». Исполнительная команда подается одновременно с постановкой правой ноги на землю. По этой команде сделать еще два шага бегом и с левой ноги начать движение шагом.

34. Обозначение шага на месте производится по команде «На месте, шагом – МАРШ» (в движении – «НА МЕСТЕ»).

По этой команде шаг обозначать подниманием и опусканием ног, при этом ногу поднимать на 15–20 см от земли и ставить ее на всю ступню, начиная с носка; руками производить движения в такт шага. По команде «ПРЯМО», подаваемой одновременно с постановкой левой ноги на землю, сделать правой ногой еще один шаг на месте и с левой ноги начать движение полным шагом. При этом первые три шага должны быть строевыми.

35. Для прекращения движения подается команда. Например, «Рядовой Петров – СТОЙ».

По исполнительной команде, подаваемой одновременно с постановкой на землю правой или левой ноги, сделать еще один шаг и, приставив ногу, принять строевую стойку.

36. Для изменения скорости движения подаются команды: «ШИРЕ ШАГ», «КОРОЧЕ ШАГ», «ЧАЩЕ ШАГ», «РЕЖЕ ШАГ», «ПОЛШАГА», «ПОЛНЫЙ ШАГ».

37. Для перемещения одиночных военнослужащих на несколько шагов в сторону подается команда.

Например, «Рядовой Петров. Два шага вправо (влево), шагом – МАРШ».

По этой команде сделать два шага вправо (влево), приставляя ногу после каждого шага.

Для перемещения вперед или назад на несколько шагов подается команда. Например, «Два шага вперед (назад), шагом – МАРШ».

По этой команде сделать два шага вперед (назад) и приставить ногу.

При перемещении вправо, влево и назад движение руками не производится.

Строевой шаг является одним из наиболее сложных и трудных по усвоению строевых приемов, выполнение которого требу-

ет от обучаемых особой собранности, подтянутости, четкости, согласованного движения рук и ног.

Обучение движению строевым шагом, как и каждый новый прием, руководитель начинает с образцового показа и пояснения.

Обучение строевому приему **«движение строевым шагом»** осуществляется с помощью подготовительных упражнений:

движение руками;

шаг на месте;

движение строевым шагом на четыре счета;

движение строевым шагом на два счета;

движение строевым шагом в замедленном темпе (со скоростью 50–60 шагов в минуту);

движение строевым шагом в уставном темпе.

Первое подготовительное упражнение «***движение руками на месте»*.**

Для выполнения подготовительного упражнения руководитель устанавливает интервал между военнослужащими и дистанцию между шеренгами.

Исходное положение: строевая стойка.

Подготовительное упражнение выполнять по разделениям на два счета, как показано на рисунке 6.9. Руководитель занятия подает команду **«Движение руками, делай – РАЗ, делай – ДВА».**

По счету **«Делай – РАЗ» –** произвести правой рукой свободное движение вперед около тела, сгибая ее в локте так, чтобы кисть поднялась выше пряжки пояса на ширину ладони и находилась на расстоянии ладони от тела, полусогнутыми пальцами к телу, одновременно левую руку отвести назад до отказа в плечевом суставе. Пальцы рук должны быть полусогнуты, а локоть правой руки слегка приподнят.

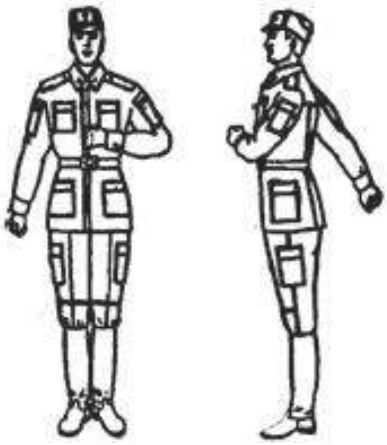


Рис. 6.9. Движение руками

По счету **«Делай – ДВА» –** сменить положение рук.

После каждого счета руководитель задерживает положение рук обучаемых и исправляет допущенные ими ошибки. При неправильном выполнении приема большинством обучаемых он подает команду **«ОТСТАВИТЬ»** или **«СТОЙ»**, а если ошибки допускаются одиночными обучаемым, подает команду, например, **«Рядовой Сидоров – ОТСТАВИТЬ (СТОЙ)»**.

Второе подготовительное упражнение «*шаг на месте*».

Исходное положение: строевая стойка.



Рис. 6.10. Шаг на месте

Для обозначения шага на месте руководитель подает команду «**На месте, шагом – МАРШ», «Делай-РАЗ, Делай-ДВА»** и т.д.

По счету **«Делай-РАЗ» –** поднять левую ногу на 15–20 см от земли, правой рукой при этом произвести свободное движение вперед так, чтобы кисть поднялась выше пряжки пояса на ширину ладони и находилась на расстоянии ладони от тела, полусогнутыми пальцами к телу, одновременно левую руку отвести назад до отказа в плечевом суставе, как показано на рисунке 6.10.

По счету **«Делай – ДВА» –** левую ногу поставить на землю. Руки опустить, принять строевую стойку.

Следующий счет **«Делай – РАЗ»** начать с правой ноги.

Руководитель, повторяя команду, отрабатывает попеременно описанные упражнения, при этом контролирует положение рук и соблюдение строевой стойки. Добившись правильного движения рук и ног обучаемые, по команде руководителя, переходят на медленный (50–60 шагов в минуту), а затем полный (110–120 шагов в минуту) темп.

Третье подготовительное упражнение «***движение строевым шагом на четыре счета***».

Для выполнения подготовительного упражнения руководитель занятия командует: **«Строевым шагом, по разделениям на четы-**

ре счета, шагом – МАРШ». После команды **«МАРШ»** считает: **«Делай-раз, два, три, четыре. Делай-раз, два, три, четыре»** и т. д. Счет **«делай – РАЗ»** произносится громче остальных команд.

По предварительной команде **«Шагом»** необходимо подать корпус несколько вперед, перенося тяжесть тела больше на правую ногу и сохраняя устойчивость.

По исполнительной команде **«МАРШ»** подготовительное упражнение выполнять по разделениям, как показано на рисунке 6.11:

по счету **«Делай – РАЗ»** начать движение с левой ноги, полным шагом, вынося ногу вперед с оттянутым носком (при этом ступня параллельна земле) на высоту 15-20 см от земли, и поставить ее твердо на всю ступню, отрывая в то же время от земли правую ногу с подтягиванием ее на полшага вперед к пятке левой ноги. Одновременно с шагом произвести движение правой рукой вперед, а левой назад до отказа (как было указано в первом и втором подготовительном упражнении) и стоять на левой ноге с опущенными руками, правая нога прямая, носком почти у самой земли;

по счету «**два, три, четыре**» сделать выдержку, устраняя в это время допущенные ошибки.

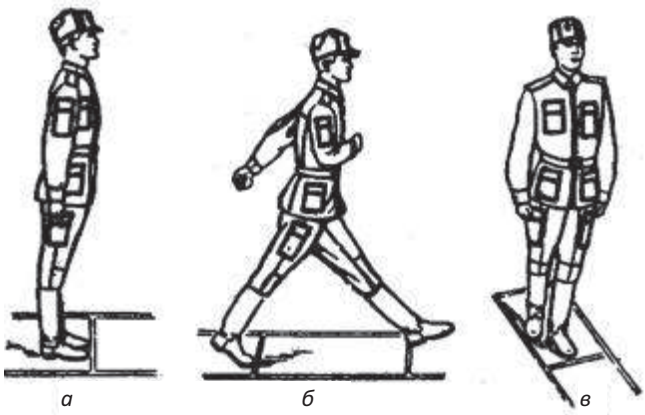


Рис. 6.11. Движение строевым шагом на четыре счета:
а – исходное положение (строевая стойка);
б – начало движения (первый шаг);
в – положение по окончании первого шага

По следующему счету **«Делай – РАЗ»** выполнить движение с правой ноги, а по счету «**два, три, четыре**» – снова выдержка и т. д.

Руководитель, повторяя команду, контролирует положение рук, движение ног.

Четвертое подготовительное упражнение «***движение строевым шагом на два счета».***

Руководитель подает команду **«Строевым шагом, по разделениям на два счета, шагом – МАРШ»:**

по счету **«Делай – РАЗ»** начать движение с левой ноги, полным шагом, вынося ногу вперед с оттянутым носком (при этом ступня параллельна земле) на высоту 15–20 см от земли, и поставить ее твердо на всю ступню. Тяжесть тела перенести на левую ногу. Одновременно с шагом произвести движение правой рукой вперед, а левой назад до отказа; с постановкой левой ноги опустить руки;

по счету **«Делай – ДВА» –** выдержка.

По следующему счету **«Делай – РАЗ»** выполнить движение с правой ноги, а по счету «**ДВА**» – снова выдержка и т. д.

Если обучающиеся допускают ошибки, руководитель при необходимости еще раз повторяет упражнение на четыре счета.

Пятое подготовительное упражнение «*движение строевым шагом в замедленном темпе».*

Руководитель подает команду: «**Строевым шагом, в медленном темпе, шагом – МАРШ**».

По этой команде движение строевым шагом осуществляется в темпе 50–60 шагов в минуту. Руководитель подает счет, одновременно осуществляет контроль выполнения упражнения. При необходимости исправления общих ошибок останавливает строй и переходит к движению по разделениям на четыре или два счета.

Для движения строевым шагом руководитель **подает команду** «**Строевым шагом – МАРШ**».

По этой команде движение строевым шагом осуществлять в темпе 110–120 шагов в минуту. При отсутствии барабана счет подается лично, либо одним из обучающихся.

Устранять ошибки, допущенные большинством обучаемых, следует также, как и при выполнении упражнения в замедленном темпе.

Обучение по разделениям и в целом может проводиться по командам и под счет руководителя, самостоятельно под счет обучаемых, а также под барабан.

По окончании обучения движению строевым шагом руководитель оценивает действие каждого обучаемого. Обучаемым может быть рекомендована тренировка под свой счет.

Назначение обучаемых поочередно командирами отделений будет способствовать выработке командного языка и методических навыков.

Возможные ошибки при движении строевым шагом, на которые необходимо обратить внимание:

выворачивание кисти руки, отводимой назад;

рука отводится в сторону, а не строго назад;

движение рук производится рывками;

при движении происходит раскачивание из стороны в сторону. Причина раскачивания – неправильная постановка ног: вместо того чтобы ставить ноги внутренней частью стоп по оси движения, ставят их в стороны, при этом центр тяжести тела с каждым шагом смещается то вправо, то влево;

«подпрыгивание» при движении. Причина «подпрыгивания» – перенос тяжести тела с ноги на ногу не равномерно, а рывками;

занос одной ноги за другую.

При обучении *движению походным шагом* руководитель напоминает, что движение строевым шагом начинается по команде «**Строевым шагом – МАРШ**» (в движении «Строевым – МАРШ»), а движение походным шагом – по команде «**Шагом – МАРШ**». При движении походным шагом ногу выносить свободно, не оттягивая носок, и ставить ее на землю, как при обычной ходьбе; руками производить свободные движения около тела.

Руководитель подает команду для движения походным шагом, обратив внимание на то, что движение подразделения осуществляется в ногу.

Для тренировки движения на месте руководитель подает команду **«На месте шагом – МАРШ»**.

По этой команде ногу поднимать на 15–20 см от земли и ставить ее на землю с передней части ступни на весь след, руками производить движение в такт шагу.

Для перехода с движения шагом к шагу на месте подается отрывисто и четко команда **«На месте»**.

При переходе с шага на месте к движению шагом одновременно с постановкой левой ноги на землю (при шаге на месте) подается команда – **«Прямо».** По этой команде необходимо сделать еще один шаг на месте и с левой ноги начать движение полным шагом.

Обучение *бегу* начинается с показа и освоения его техники в медленном темпе. Показывая технику бега, руководитель обращает внимание на положение корпуса и движение рук, толчок ногой, вынос ее вперед и постановку на землю. После показа руководитель подает команду «**Бегом – МАРШ**».

По предварительной команде **«Бегом»** слегка подать корпус вперед, руки полусогнуть, отвести локти несколько назад.

По исполнительной команде **«МАРШ»** начать бег с левой ноги, выполняя руками свободные движения вперед и назад в такт бегу. Движение бегом осуществляется с темпом 165–180 шагов в минуту. Размер шага – 85–90 см.

Обучаемые бегут в строю, соблюдая равнение, интервалы и дистанции.

Руководитель наблюдает за бегом обучаемых, следя за правильностью выполнения отдельных элементов техники бега, указывая на ошибки и требует их устранения.

Для перехода в движении с шага на бег по предварительной команде руки полусогнуть, отведя локти несколько назад. Исполнительная команда подается одновременно с постановкой левой ноги на землю. По этой команде сделать правой ногой очередной шаг и с левой начать движение бегом.

Для перехода с бега на шаг подается команда «**Шагом – МАРШ**». Исполнительная команда подается одновременно с постановкой правой ноги на землю. По этой команде сделать еще два шага бегом и с постановкой левой ноги на землю начать движение шагом.

При беге на месте по команде **«Прямо»**, подаваемой одновременно с постановкой в беге левой ноги на землю, сделать правой ногой еще один шаг в беге на месте и с очередной постановкой левой ноги на землю начать бег с движением вперед.

Разучивание приемов изменения скорости движения, как правило, проводится после того, как обучаемые получили устойчивые навыки движения строевым шагом.

Руководитель подает команду для движения подразделения строевым шагом. Для изменения скорости движения подает команды: **«ШИРЕ ШАГ»**, **«КОРОЧЕ ШАГ»**, **«ЧАЩЕ ШАГ»**, «**РЕЖЕ ШАГ**», **«ПОЛШАГА», «ПОЛНЫЙ ШАГ»**. В ходе тренировки добивается одновременного выполнения команд.

Для прекращения движения подается команда **«СТОЙ»** или **«Взвод – СТОЙ».** По исполнительной команде, подаваемой одновременно с постановкой на землю правой или левой ноги, сделать еще один шаг и, приставив ногу, принять положение «Смирно».

Для обучения перемещения одиночных военнослужащих на несколько шагов в сторону руководитель подает соответствующие команды, например, **«Два шага вправо (влево), шагом – МАРШ»**. Для выполнения команды ногу приставлять после каждого шага.

Для продвижения вперед или назад на несколько шагов подается команда, например, **«Два шага вперед (назад), шагом – МАРШ».** По этой команде сделать два шага вперед (назад) и приставить ногу.

При движении вправо, влево и назад движение руками не выполняется.

6.5. Повороты в движении

Выполнение поворотов в движении изложено в статье 38 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

38. Повороты в движении выполняются по командам: «Напра-ВО», «Пол-оборота напра-ВО», «Нале-ВО», «Пол-оборота нале-ВО», «Кругом – МАРШ».

Для поворота направо, пол-оборота направо (налево, пол-оборота налево) исполнительная команда подается одновременно с постановкой на землю правой (левой) ноги. По этой команде с левой (правой) ноги сделать шаг, повернуться на носке левой (правой) ноги, одновременно с поворотом вынести правую (левую) ногу вперед и продолжать движение в новом направлении.

Для поворота кругом исполнительная команда подается одновременно с постановкой на землю правой ноги. По этой команде сделать еще один шаг левой ногой (по счету раз), вынести правую ногу на полшага вперед и несколько влево и, резко повернувшись в сторону левой руки на носках обеих ног (по счету два), продолжать движение с левой ноги в новом направлении (по счету три).

При поворотах движение руками производится в такт шага.

Разучивание поворотов в движении начинается с показа порядка выполнения приема руководителем, проводится с использованием разметки строевых площадок плаца по разделениям и в замедленном темпе.

Поворот направо по разделениям на четыре счета выполняют по команде: **«Поворот в движении направо, по разделениям: делай – РАЗ, делай – ДВА, делай – ТРИ, делай – ЧЕТЫРЕ»**.

По счету **«Делай – РАЗ»** сделать строевой шаг левой ногой вперед, произведя взмах руками в такт шагу, и остановиться в положении с опущенными руками.

По счету **«Делай – ДВА»** резко повернуться направо на носке левой ноги, одновременно с поворотом вынести правую ногу вперед.

По счету **«Делай – ТРИ»** сделать шаг в новом направлении, произведя взмах руками в такт шагу, остановиться в положении с опущенными руками.

По счету **«Делай – ЧЕТЫРЕ»** приставить левую ногу.

Поворот направо на четыре счета выполняют по команде: **«Поворот в движении направо на четыре счета, шагом – МАРШ»** и производит счет: **«РАЗ** (произносится громче остальных)**, два, три, четыре».**

По счету **«РАЗ»** сделать строевой шаг левой ногой вперед, произведя взмах руками в такт шагу, резко повернуться направо на носке левой ноги, одновременно с поворотом вынести правую ногу вперед.

По счету **«два»** сделать шаг правой ногой в новом направлении, произведя взмах руками в такт шагу.

По счету **«три, четыре»** сделать два строевых шага вперед без приставления левой ноги.

Под следующий счет **«РАЗ, два, три, четыре»** упражнение повторяется.

Обучаемые совершают движение по квадрату 4×4 шага. Темп движения составляет 60 шагов в минуту, а затем 110–120 шагов в минуту под барабан или под счет руководителя.

При необходимости исправления общих ошибок руководитель может перейти к движению по разделениям.

Тренировку руководитель проводит на строевых площадках в составе отделений в замедленном, а затем в обычном темпе.

Перед выполнением поворота налево следует отметить, что он выполняется так же, как поворот в движении направо, с той лишь разницей, что под очередной счет «раз» выполняется поворот на носке правой ноги.

Поворот налево по разделениям на четыре счета выполняют по команде: **«Поворот в движении налево, по разделениям, с правой ноги: делай – РАЗ, делай – ДВА, делай – ТРИ, делай – ЧЕТЫРЕ»**.

По счету **«Делай – РАЗ»** сделать строевой шаг правой ногой вперед, произведя взмах руками в такт шагу, и остановиться в положении с опущенными руками.

По счету **«Делай – ДВА»** резко повернуться налево на носке правой ноги, одновременно с поворотом вынести левую ногу вперед.

По счету **«Делай – ТРИ»** сделать шаг в новом направлении, произведя взмах руками в такт шагу, остановиться в положении с опущенными руками.

По счету **«Делай – ЧЕТЫРЕ»** приставить правую ногу.

Выполнение поворота налево на четыре счета выполняют по команде: **«Поворот в движении налево на четыре счета, с правой ноги начи-НАЙ»** и производит счет: **«РАЗ** (произносится громче остальных)**, два, три, четыре».**

По счету **«РАЗ»** сделать строевой шаг правой ногой вперед, произведя взмах руками в такт шагу, резко повернуться налево на носке правой ноги, одновременно с поворотом вынести левую ногу вперед.

По счету **«два»** сделать шаг правой ногой в новом направлении, произведя взмах руками в такт шагу, как показано на рисунке 6.12.

По счету **«три, четыре»** сделать два строевых шага вперед без приставления правой ноги.

Под следующий счет **«РАЗ, два, три, четыре»** упражнение повторяется.

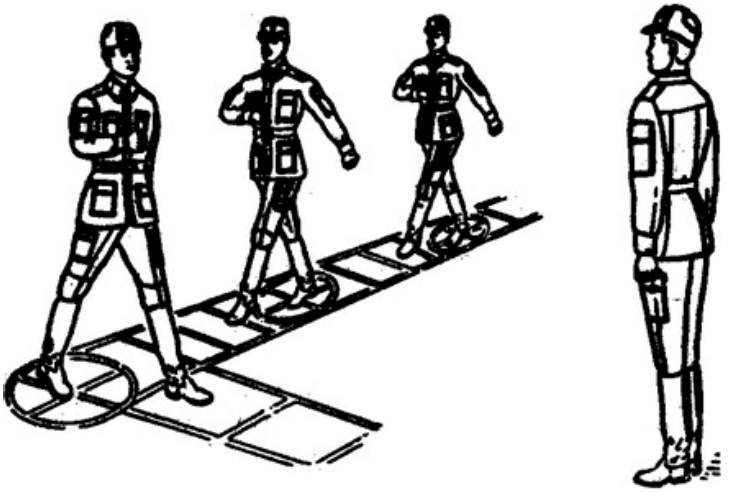


Рис. 6.12. Поворот налево в движении

Обучаемые совершают движение по квадрату 4×4 шага. Темп движения составляет 60 шагов в минуту, а затем 110–120 шагов в минуту под барабан или под счет руководителя.

При необходимости исправления общих ошибок руководитель может перейти к движению по разделениям.

Тренировку руководитель проводит на строевых площадках в составе отделений в замедленном, а затем в обычном темпе.

Поворот кругом в движении выполняется по команде **«Кругом – МАРШ»**. *Поворот в движении кругом, в отличие от поворотов направо и налево, выполняется на носках обеих ног и движение после поворота начинается с левой ноги.*

Поворот кругом по разделениям на четыре счета выполняют по команде: **«Поворот в движении кругом, по разделениям: делай – РАЗ, делай – ДВА, делай – ТРИ, делай – ЧЕТЫРЕ»**.

По счету **«Делай – РАЗ»** сделать шаг вперед с левой ноги и остаться в таком положении, как показано на рисунке 6.13.

По счету **«Делай –ДВА»** вынести правую ногу на полшага вперед и несколько влево (см. рис. 6.13), поставив ее на носок и произведя взмах руками в такт шагу (как только правая нога опустилась на носок, руки должны быть опущены) и, резко развернувшись в сторону

левой руки на носках обеих ног, прижав руки к бедрам, остаться в таком положении.

По счету **«Делай – ТРИ»** сделать шаг с левой ноги вперед произведя взмах руками в такт шагу (см. рис. 6.13).

По счету **«Делай – ЧЕТЫРЕ»** приставить правую ногу.

Поворот кругом на четыре счета выполняют по команде: **«Поворот в движении кругом, на четыре счета, шагом – МАРШ»**.

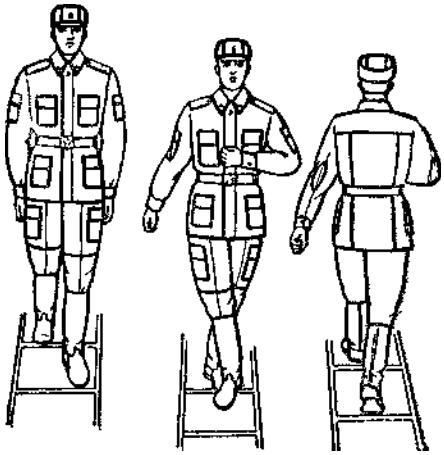


Рис. 6.13. Поворот кругом в движении

по счету «**раз, два, три**» сделать три строевых шага, вынести правую ногу на полшага вперед и несколько влево, поставив ее на носок;

по счету «**ЧЕТЫРЕ**» сделать поворот кругом.

Под следующий счет **«раз, два, три, ЧЕТЫРЕ»** упражнение повторяется.

Для однообразного поворота в целях выработки слаженных действий подразделения счет «ЧЕТЫРЕ» иногда следует заменять двойным счетом «РАЗ, ДВА», как при выполнении поворота кругом на месте. В этом случае руководитель подает счет **«раз, два, три, РАЗ, ДВА»**, **«раз, два, три, РАЗ, ДВА»** и т.д.

Возможные ошибки при поворотах в движении, на которые необходимо обратить внимание:

прекращается движение рук при повороте налево (направо);

повороты направо (налево) осуществляются заносом ноги, а не на носке;

повороты кругом осуществляются на носке одной ноги;

при повороте кругом при выносе правой ноги руки прижимаются преждевременно;

после поворота кругом движение начинается с правой ноги, а не с левой.

Вопросы для контроля и самопроверки

1. В каких случаях принимается строевая стойка?
2. Как проверить правильность положения строевой стойки?
3. Какой установлен порядок выполнения команды «РАВНЯЙСЬ»?
4. Как выполняются повороты на месте?
5. В каком положении должен находиться головной убор после выполнения команды «Головные уборы – СНЯТЬ»?
6. Какие существуют виды шага?
7. Когда применяется строевой шаг?
8. Какой устанавливается темп движения строевым шагом (бегом)?
9. Какая установлена высота выноса ноги при движении строевым шагом?
10. По каким командам начинается движение строевым шагом, а по каким походным шагом?
11. Какие команды подаются для изменения скорости движения?
12. Как выполняется в движении поворот налево?
13. Как выполняется в движении поворот направо?
14. По какой команде выполняется в движении поворот кругом?

7. Выполнение воинского приветствия без оружия. Подход к начальнику и отход от него

7.1. Выполнение воинского приветствия на месте и в движении

Порядок выполнения воинского приветствия без оружия изложен в статьях 60–63 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

60. Воинское приветствие выполняется четко и молодцевато, с точным соблюдением правил строевой стойки и движения.

61. Для выполнения воинского приветствия на месте вне строя без головного убора за три-четыре шага до начальника (старшего) повернуться в его сторону, принять строевую стойку и смотреть ему в лицо, поворачивая вслед за ним голову.

Если головной убор надет, то, кроме того, приложить кратчайшим путем правую руку к головному убору так, чтобы пальцы были вместе, ладонь прямая, средний палец касался нижнего края головного убора (у козырька), а локоть был на линии и высоте плеча. При повороте головы в сторону начальника (старшего) положение руки у головного убора остается без изменения.

Когда начальник (старший) минует выполняющего воинское приветствие, голову поставить прямо и одновременно с этим опустить руку

62. Для выполнения воинского приветствия в движении вне строя без головного убора за три-четыре шага до начальника (старшего) одновременно с постановкой ноги прекратить движение руками, повернуть голову в его сторону и, продолжая движение, смотреть ему в лицо. Пройдя начальника (старшего), голову поставить прямо и продолжать движение руками.

При надетом головном уборе одновременно с постановкой ноги на землю повернуть голову и приложить правую руку к головному

убору, левую руку держать неподвижно у бедра; пройдя начальника (старшего), одновременно с постановкой левой ноги на землю голову поставить прямо, а правую руку опустить.

При обгоне начальника (старшего) воинское приветствие выполнять с первым шагом обгона.

Со вторым шагом голову поставить прямо, и правую руку опустить.

63. Если у военнослужащего руки заняты ношей, воинское приветствие выполнять поворотом головы в сторону начальника (старшего).

Приветствие является свидетельством взаимного уважения и проявления общей культуры военнослужащих. Подчиненные и младшие по воинскому званию приветствуют первыми, а при равном положении первым приветствует тот, кто считает себя более вежливым и воспитанным.

Обучение правилам выполнения воинского приветствия на месте целесообразно проводить без головного убора, а затем с надетым головным убором.

Выполнение воинского приветствия на месте без головного убора по разделениям ***на два счета*** осуществляется по команде: **«Для выполнения воинского приветствия, начальник с фронта (справа, слева), по разделениям: делай – РАЗ, делай – ДВА».**

По счету **«Делай – РАЗ»** принять положение строевой стойки, энергично повернуть голову с приподнятым в сторону начальника подбородком, смотреть в лицо начальнику, поворачивая вслед за ним голову.

По счету **«Делай – ДВА»** голову поставить прямо и принять положение «вольно».

Выполнение воинского приветствия на месте при надетом головном уборе целесообразно выполнять после разучивания подготовительных упражнений.

Первое подготовительное упражнение *«прикладывание руки к головному убору»* выполняется по разделениям на три счета по команде: **«Для выполнения воинского приветствия, начальник с фронта, по разделениям: делай – РАЗ, делай – ДВА, делай–ТРИ».**

По счету **«Делай – РАЗ»** вытянуть правую руку в сторону ладонью вверх, при этом ладонь правой руки должна быть прямая, пальцы вместе.

По счету **«Делай –ДВА»** согнуть правую руку в локте так, чтобы локоть был на линии и на высоте плеча**,** средний палец касался нижнего

края головного убора (у козырька), как показано на рисунке 7.1.

По счету **«Делай –ТРИ»** опустить руку.

После каждого счета руководитель задерживает положение рук обучаемых и исправляет допущенные ими ошибки.

Тренировка проводится до устранения обучаемыми недостатков.



Рис. 7.1. Выполнение воинского приветствия на месте

Второе подготовительное упражнение *«прикладывание руки к головному убору по кратчайшему пути»* выполняется по разделениям на два счета по команде: **«Для выполнения воинского приветствия, начальник с фронта, по разделениям: делай – РАЗ, делай – ДВА».**

По счету **«Делай – РАЗ»** энергично приложить правую руку к головному убору по кратчайшему пути. Обратить внимание на то, чтобы локоть был на линии и на высоте плеча, ладонь была распрямлена, пальцы вместе, средний палец касался не головы у виска, а нижнего края головного убора.

По счету **«Делай –ДВА»** быстро опустить руку вниз, принять положение «Вольно».

Тренировка, как и при разучивании первого подготовительного упражнения, проводится до устранения обучаемыми недостатков.

Третье подготовительное упражнение «*выполнение воинского приветствия при прохождении начальника»* выполняется по разделениям на два счета по команде:

«Для выполнения воинского приветствия, начальник с фронта справа (слева), по разделениям: делай – РАЗ, делай – ДВА».

По счету **«Делай – РАЗ»** (при подходе начальника за три-четыре шага) принять положение строевой стойки, повернуться в сторону начальника, приложить правую руку к головному убору, смотреть в лицо начальнику, поворачивая вслед за ним голову.

По прохождении начальника, по счету **«Делай –ДВА»,** быстро опустить руку вниз, принять положение «Вольно».

При повороте головы в сторону начальника (старшего) положение руки у головного убора остается без изменения.

Руководитель проводит тренировку в целом, при необходимости с выделением обучающихся для прохождения вместо начальника перед фронтом и сбоку строя.

При выполнении воинского приветствия следует обращать внимание на следующие **характерные ошибки:**

воинское приветствие выполнено менее чем за три-четыре шага;

обучающийся не повернул голову в сторону начальника и не смотрит ему в лицо;

пальцы руки, приложенной к головному убору, не вместе;

ладонь согнута;

средний палец не касается нижнего края головного убора;

локоть руки не на линии и высоте плеча;

изменено положение руки при повороте головы в сторону начальника;

рука прикладывается к головному убору не кратчайшим путем.



Рис. 7.2. Выполнение воинского приветствия без головного убора в движении

В движении без оружия воинское приветствие выполняется при встрече друг с другом и при обгоне.

Для обучения выполнению воинского приветствия в движении целесообразно:

провести разучивание строевого приема по разделениям на восемь счетов;

провести тренировку в замедленном и обычном темпах.

Выполнение воинского приветствия без головного убора по разделениям на восемь счетов:

по счету **«Делай – РАЗ»** сделать шаг левой ногой, одновременно энергично опустить руки вдоль тела и повернуть голову с приподнятым подбородком в сторону начальника, как показано на рисунке 7.2;

по счету **«Делай – ДВА, ТРИ, ЧЕТЫРЕ»** движение продолжать с прижатыми руками и повернутой головой;

по счету **«Делай – ПЯТЬ»** с постановкой левой ноги на землю, голову поставить прямо и продолжать движение руками в такт шагу;

по счету **«Делай – ШЕСТЬ, СЕМЬ»** сделать два шага с движениями рук в такт шагу;

по счету **«Делай – ВОСЕМЬ»** приставить правую ногу к левой, принять положение строевой стойки.

Выполнение воинского приветствия при надетом головном уборе по разделениям на восемь счетов:

по счету **«Делай – РАЗ»** сделать шаг левой ногой и с постановкой ноги на землю голову повернуть в сторону начальника, одновременно приложить руку к головному убору; левую руку опустить вниз к бедру, как показано на рисунке 7.3;



Рис. 7.3. Выполнение воинского приветствия при надетом головном уборе в движении

по счету **«Делай – ДВА, ТРИ, ЧЕТЫРЕ»** делать шаги правой и левой ногами пройдя начальника на один-два шага;

по счету **«Делай – ПЯТЬ»** одновременно с постановкой левой ноги на землю голову поставить прямо, правую руку опустить от головного убора и продолжать движение руками в такт шагу;

по счету **«Делай – ШЕСТЬ, СЕМЬ»** сделать два шага с движениями рук в такт шагу;

по счету **«Делай – ВОСЕМЬ»** приставить правую ногу к левой, принять положение строевой стойки.

Тренировку в замедленном темпе следует проводить до устранения обучаемыми недостатков, а тренировку в обычном темпе целесообразно провести «поточным методом» мимо руководителя.

При обнаружении одиночных ошибок руководитель выводит обучаемого из строя, указывает на ошибки, при необходимости проводит тренировку по разделениям, после чего возвращает в строй.

При необходимости исправления общих ошибок руководитель возвращается к выполнению строевого приема по разделениям.

Для проверки умения обучаемого выполнять приветствие в движении руководитель проводит тренировку с использованием разметки строевой площадки в обычном темпе, для чего выстраивает подразделение в колонну по одному, подает команду **«Для выполнения воинского приветствия, начальник слева (справа), дистанция 10 шагов, шагом – МАРШ».** Обучаемые поочередно проходят мимо руководителя и приветствуют его.

Тренировку можно проводить при движении обучаемых навстречу друг другу с дистанции, например, 10 шагов между ними.

При обгоне начальника воинское приветствие выполнять с первым шагом обгона. Со вторым шагом голову поставить прямо и продолжить движение руками в такт шага.

Выполнение приветствия при обгоне начальника целесообразно тренировать на два счета:

по счету **«делай – РАЗ»** необходимо сделать шаг левой ногой вперед и одновременно с постановкой ноги на землю повернуть голову налево (направо) и правую руку приложить к головному убору, левую руку держать неподвижно у бедра;

по счету **«делай – ДВА»** сделать шаг и одновременно с очередной постановкой левой ноги на землю и с обгоном начальника голову поставить прямо, а правую руку опустить вниз.

В случае, если обучаемый допускает ошибки, руководитель говорит ему об этом и приказывает повторить прием.

Тренировку выполнения приема целесообразно проводить «поточным методом».

7.2. Выход из строя, подход к начальнику, отход от него и возвращение в строй

Выход военнослужащего из строя, подход к начальнику, отход от него и возвращение в строй изложены в статьях 69–70, 72–73 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

69. Для выхода военнослужащего из строя подается команда.

Например: «Рядовой Иванов. ВЫЙТИ ИЗ СТРОЯ НА СТОЛЬКО-ТО ШАГОВ» или «Рядовой Иванов. КО МНЕ (БЕГОМ КО МНЕ)».

Военнослужащий, услышав свою фамилию, отвечает: «Я», а по команде о выходе (о вызове) из строя отвечает: «Есть». По первой команде военнослужащий строевым шагом выходит из строя на указанное количество шагов, считая от первой шеренги, останавливается и поворачивается лицом к строю. По второй команде военнослужащий, сделав один-два шага от первой шеренги прямо, на ходу поворачивается в сторону начальника, кратчайшим путем строевым шагом подходит (подбегает) к нему и, остановившись за два-три шага, докладывает о прибытии.

Например: «Товарищ лейтенант. Рядовой Иванов по вашему приказу прибыл» или «Товарищ полковник. Капитан Петров по вашему приказу прибыл».

При выходе военнослужащего из второй шеренги он слегка накладывает левую руку на плечо впереди стоящего военнослужащего, который делает шаг вперед и, не приставляя правой ноги, шаг вправо, пропускает выходящего из строя военнослужащего, затем становится на свое место.

При выходе военнослужащего из первой шеренги его место занимает стоящий за ним военнослужащий второй шеренги.

При выходе военнослужащего из колонны по два, по три (по четыре) он выходит из строя в сторону ближайшего фланга, делая предварительно поворот направо (налево). Если рядом стоит военнослужащий, он делает шаг правой (левой) ногой в сторону и, не приставляя левой (правой) ноги, шаг назад, пропускает выходящего из строя военнослужащего и затем становится на свое место.

70. Для возвращения военнослужащего в строй подается команда.

Например, «Рядовой Иванов. СТАТЬ В СТРОЙ» или только «СТАТЬ В СТРОЙ».

По команде «Рядовой Иванов» военнослужащий, стоящий лицом к строю, услышав свою фамилию, поворачивается лицом к начальнику и отвечает: «Я», а по команде «СТАТЬ В СТРОЙ», прикладывает руку к головному убору, отвечает: «Есть», поворачивается в сторону движения, с первым шагом опускает руку, двигаясь строевым шагом, кратчайшим путем становится на свое место в строю.

Если подается только команда «СТАТЬ В СТРОЙ», военнослужащий возвращается в строй без предварительного поворота к начальнику.

При действии с оружием после возвращения в строй оружие берется в то положение, в котором оно находится у стоящих в строю военнослужащих.

72. При отходе от начальника, получив разрешение идти, военнослужащий прикладывает правую руку к головному убору, отвечает: «Есть», поворачивается в сторону движения, с первым шагом опускает руку и, сделав три-четыре шага строевым, продолжает движение походным шагом.

При отходе от начальника с оружием положение оружия не изменяется.

73. Начальник, подавая команду на возвращение военнослужащего в строй или давая ему разрешение идти, прикладывает руку к головному убору и опускает ее.

Строевой прием «подход к начальнику» целесообразно выполнять ***по разделениям на три счета:***

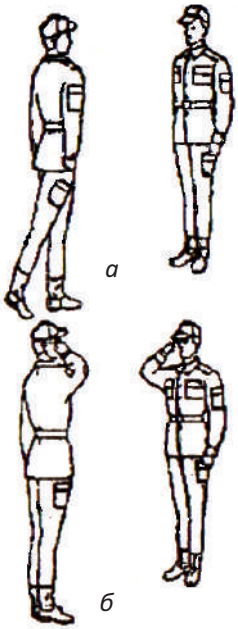


Рис. 7.4. Подход к начальнику

по счету **«Делай – РАЗ»** левой ногой сделать строевой шаг вперед, произведя движение руками в такт шагу, и зафиксировать положение левой ноги, руки опустить к бедрам, как показано на рисунке 7.4, а;

по счету **«Делай – ДВА»** приставить правую ногу и одновременно приложить руку к головному убору, как показано на рисунке 7.4, б;

по счету **«Делай –ТРИ»** правую руку опустить к бедру.

Выполнение строевого приема повторяется несколько раз, затем его следует усложнить исходя из того, что в случае подхода к начальнику под углом, отличным от 90° необходимо, остановившись за 3–4 шага, приставить ногу, повернуться в сторону начальника и с приставлением левой (правой) ноги приложить руку к головному убору.

В указанном случае руководитель устанавливает сколько необходимо выполнить шагов для подхода к начальнику и в какую сторону будет осуществляться поворот (к начальнику). Упражнение повторяется несколько раз по команде руководителя.

Строевой прием «отход от начальника» целесообразно выполнять в комплексе со строевым приемом ***«подход к начальнику» по разделениям на восемь счетов.*** В этом случае подается команда **«Подход к начальнику и отход от него по разделениям на восемь счетов – начи-НАЙ»:**

по счету **«РАЗ, ДВА»** сделать два строевых шага;

по счету **«ТРИ»** левой ногой сделать строевой шаг вперед, произведя движение руками в такт шагу, и зафиксировать положение левой ноги, руки опустить к бедрам (см. рис. 7.4, а);

по счету **«ЧЕТЫРЕ»** приставить правую ногу и одновременно приложить руку к головному убору (см. рис. 7.4, б);

по счету **«ПЯТЬ»** правую руку опустить к бедру;

по счету **«ШЕСТЬ»** приложить руку к головному убору, как показано на рисунке 7.5 а, и ответить **«ЕСТЬ»**;

по счету **«СЕМЬ»** повернуться кругом (направо, налево, и т.д.) **–** в сторону, ближайшую к месту в строю, как показано на рисунке 7.5 б.

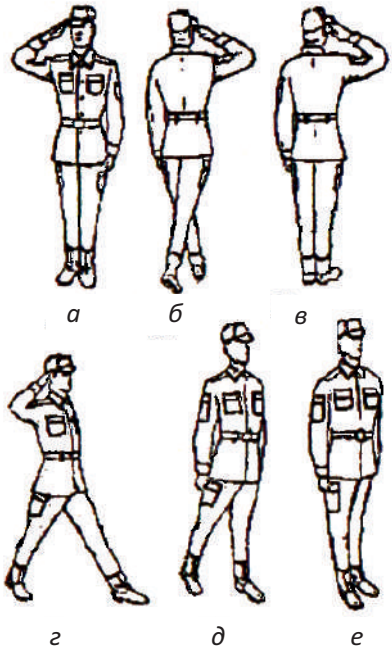


Рис. 7.5. Отход от начальника

по счету **«ВОСЕМЬ»** приставить правую ногу[1], но правую руку не опускать, как показано на рисунке 7.5 в.

[1] На первоначальном этапе обучения для получения первичных навыков допускается осуществлять поворот только кругом.

Для продолжения тренировки из положения по счету «ВОСЕМЬ» руководитель повторяет счет «Делай – РАЗ, ДВА, ТРИ, …».

По счету **«Делай – РАЗ»** с первым шагом (с постановкой левой ноги на землю) опустить руку.

По счету «ДВА, ТРИ…ВОСЕМЬ» повторить действия, указанные выше.

Военнослужащий при возвращении в строй под углом, отличным от 90°, не доходя до строя 1–2 шага, на ходу поворачивается и становится на свое место в строю.

Для привития обучаемым твердых навыков в действиях при подходе к начальнику и отходе от него руководитель организует попарную тренировку в двухшереножном строю под личным контролем.

Затем руководитель лично поочередно вызывает к себе обучаемых и добивается от них правильных и четких действий.

Тренировка проводится по различным вариантам:

из развернутого одношереножного строя;

из двухшереножного строя;

из походного строя в колонну по два (по три).

Варианты построения обучающихся для показа выхода военнослужащего из строя, подхода к начальнику, отхода от него и возвращения в строй представлены на рисунках 7.6–7.8.

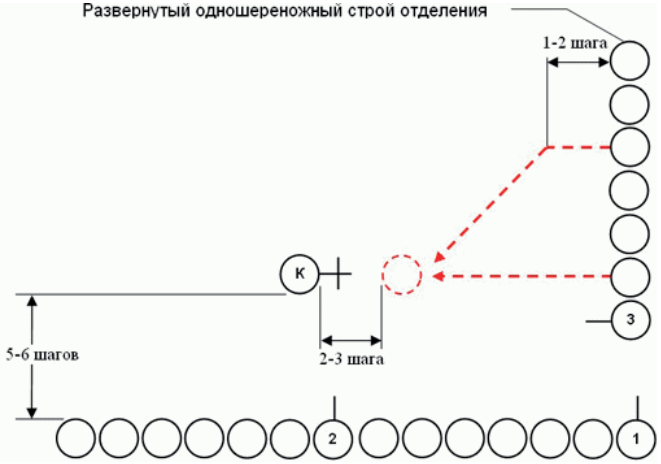


Рис. 7.6. Развернутый одношереножный строй

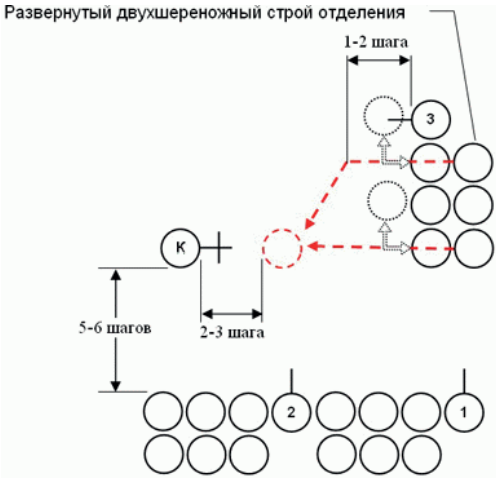


Рис. 7.7. Развернутый двухшереножный строй

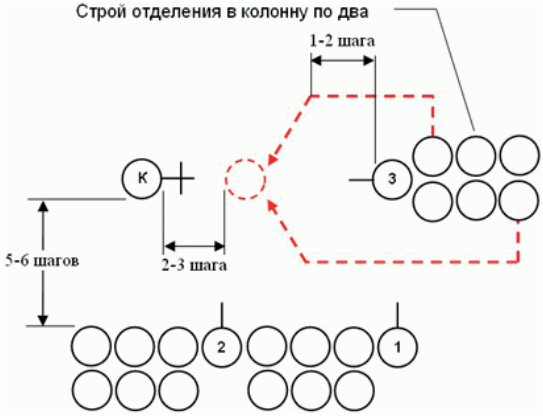


Рис. 7.8. Строй в колонну по два

Строевой прием «выход из строя» целесообразно выполнять в совокупности со строевым приемом ***«возвращение в строй»*** и на начальном этапе обучения осуществлять выход на два шага, а затем увеличить на большее количество шагов.

Строевой прием «выход из строя на два шага» выполняется ***по разделениям на четыре счета*** по команде **«Рядовой** (в учеб-

ных целях фамилии не произносятся)**. ВЫЙТИ ИЗ СТРОЯ НА ДВА ШАГА».**

После предварительной команды каждый военнослужащий находящийся в строю, услышав к себе обращение «Рядовой» (как для отдельного военнослужащего, например, «Рядовой Иванов»), отвечает **«Я».**

После исполнительной команды каждый военнослужащий находящийся в строю отвечает **«ЕСТЬ»** и начинает выполнять строевой прием на четыре счета:

по счету **«РАЗ, ДВА»** сделать два строевых шага;

по счету **«ТРИ»** приставить левую ногу;

по счету **«ЧЕТЫРЕ»** выполнить поворот кругом.

Строевой прием «возвращение в строй» выполняется ***по разделениям на четыре счета*** по команде **«Рядовой** (в учебных целях фамилии не произносятся)**. СТАТЬ В СТРОЙ»** или только по исполнительной команде **«СТАТЬ В СТРОЙ».**

После предварительной команды каждый военнослужащий, услышав к себе обращение «Рядовой» (как для отдельного военнослужащего, например, «Рядовой Иванов»), отвечает **«Я».**

После исполнительной команды каждый военнослужащий прикладывает правую руку к головному убору, отвечает **«ЕСТЬ»** и начинает выполнять строевой прием на четыре счета:

по счету **«РАЗ»** с первым шагом (с постановкой левой ноги на землю) опустить руку;

по счету **«ДВА»** сделать строевой шаг правой ногой;

по счету **«ТРИ»** приставить левую ногу;

по счету **«ЧЕТЫРЕ»** выполнить поворот кругом.

Очень важно, чтобы при постановке в строй последний шаг был сделан на пол ступни дальше в глубину строя от линии построения шеренги. Только в этом случае после выполнения поворота кругом носки обуви военнослужащего окажутся на линии шеренги.

Подход к начальнику вне строя изложен в статье 71 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

71. При подходе к начальнику вне строя военнослужащий за пять-шесть шагов до него переходит на строевой шаг, за два-три шага останавливается и одновременно с приставлением ноги при-

кладывает правую руку к головному убору, после чего докладывает о прибытии (ст. 69). По окончании доклада руку опускает.

Для тренировки подхода к начальнику, отхода от него и возвращения в строй целесообразно провести попарную тренировку по номерам. Первые номера – военнослужащие первой шеренги, вторые номера – военнослужащие второй шеренги. Первые номера вызывают к себе вторых. После возвращения в строй вторых номеров первые и вторые номера меняются ролями.

Возможные ошибки, на которые необходимо обратить внимание:

«срезание» угла при движении (подходе к начальнику и возвращении в строй);

при подходе к начальнику рука к головному убору прикладывается не одновременно с приставлением ноги;

при отходе от начальника (возвращении в строй) рука опускается не одновременно с первым шагом;

не приставляется нога после поворота при отходе от начальника.

Вопросы для контроля и самопроверки

1. Обязан ли военнослужащий выполнять воинское приветствие при встрече с военнослужащим равным по воинскому званию?
2. Как военнослужащий выполняет воинское приветствие при встрече с начальником (старшим)?
3. Как выполняется воинское приветствие при обгоне начальника (старшего)?
4. Как выполняется выход из строя военнослужащего?
5. Какие действия выполняет военнослужащий по команде «Стать в строй»?
6. Как выполняется подход к начальнику?
7. Как выполняется отход от начальника?

8. Строевые приемы и движение с оружием

Руководитель занятия (далее по тексту – руководитель) перед началом занятий проверяет оружие и постановку его на предохранитель путем подачи команд: «Оружие – К ОСМОТРУ» и «Предохранитель – СТАВЬ», доводит требования безопасности при выполнении приемов с оружием и напоминает, что **ЗАПРЕЩАЕТСЯ:**

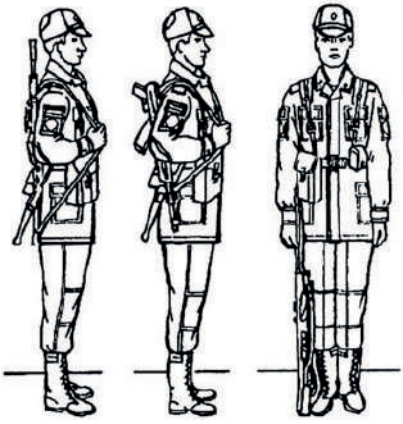
заряжать оружие без команды руководителя;

направлять оружие независимо от того, заряжено оно или нет на людей, в сторону от направления ведения огня, в тыл стрельбища;

оставлять заряженное оружие или передавать его другим лицам.

8.1. Выполнение строевой стойки с оружием

Выполнение строевой стойки с оружием изложено в статье 39 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:



а *б* *в*

Рис. 8.1. Строевая стойка с оружием: а) с автоматом; б) с автоматом со складывающимся прикладом; в) с пулеметом

39. Строевая стойка с оружием та же, что и без оружия, при этом оружие держать в положении «на ремень» дульной частью вверх, кистью правой руки касаясь верхнего края поясного ремня, а автомат со складывающимся прикладом (укороченный автомат) – дульной частью вниз, ручной (ротный) пулемет держать у ноги свободно опущенной правой рукой так, чтобы приклад стоял затыльником на земле, касаясь ступни правой ноги.

Для обучения принятию строевой стойки с оружием, как показано на рисунке 8.1,

руководитель подает команду **«СМИРНО».** По этой команде необходимо:

принять строевую стойку;

кистью правой руки обхватить ремень автомата так, чтобы ремень был натянут и ствол находился вертикально вверх, кисть касалась верхнего среза поясного ремня.

Для проверки правильности выполнения строевого приема целесообразно обучаемых повернуть налево, направо, кругом.

8.2. Выполнение приемов с автоматом на месте: «Ремень – ОТПУСТИТЬ (ПОДТЯНУТЬ)», «Положить – ОРУЖИЕ», «К ОРУЖИЮ», «В РУЖЬЕ»

Выполнение строевых приемов с автоматом на месте: «Ремень – ОТПУСТИТЬ (ПОДТЯНУТЬ)», «Положить – ОРУЖИЕ», «К ОРУЖИЮ», «В РУЖЬЕ» изложено в статях 46, 88, 89 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

46. При необходимости отпустить (подтянуть) ремень подается команда «Ремень – ОТПУСТИТЬ (ПОДТЯНУТЬ)».

По команде «Ремень» автоматы и ручные гранатометы взять в правую руку, карабины и пулеметы – к ноге; у автомата со складывающимся прикладом откинуть приклад, для чего подать правую руку по ремню несколько вверх, снять автомат с плеча и, подхватив его левой рукой за цевье и ствольную накладку, держать перед собой горизонтально магазином вниз на уровне подбородка. Удерживая автомат левой рукой, правой отвести защелку и откинуть приклад. Взять автомат в правую руку за цевье и ствольную накладку.

По команде «ОТПУСТИТЬ (ПОДТЯНУТЬ)» сделать пол-оборота направо, одновременно отставить левую ногу на шаг влево и, наклонившись вперед, упереть оружие прикладом в стопу левой ноги, а стволом положить на изгиб правого локтя; ноги в коленях не сгибать; удерживая правой рукой пряжку ремня, левой рукой подтянуть (отпустить) ремень и самостоятельно принять строевую стойку.

88. Оружие кладется на землю по команде «Отделение, положить – ОРУЖИЕ». По команде «Положить» автоматы и ручные грана-

тометы берутся в правую руку; карабины и пулеметы – в положение «к ноге»; у пулеметов, кроме того, откидываются сошки. По команде «ОРУЖИЕ» первая шеренга делает два шага вперед и приставляет ногу, затем обе шеренги одновременно делают левой ногой шаг вперед и кладут оружие на землю рукояткой затвора (затворной рамы) вниз, затыльником приклада у носка правой ноги (правую ногу в колене не сгибают), после чего приставляют левую ногу к правой.

Ручные гранатометы кладутся на землю рукояткой влево, пулеметы ставятся на сошки.

В одношереножном строю по исполнительной команде выполняются только два последних действия.

89. Для разбора оружия с земли подаются команды «Отделение – К ОРУЖИЮ» и затем «В РУЖЬЕ».

По первой команде отделение выстраивается у оружия. По второй команде военнослужащие делают левой ногой шаг вперед, берут оружие в правую руку и, выпрямляясь, приставляют левую ногу к правой. Вторая шеренга делает два шага вперед, после чего обе шеренги одновременно берут оружие в положение «на ремень». У пулеметов предварительно складываются сошки.

Строевой прием **«Ремень-ОТПУСТИТЬ, (ПОДТЯНУТЬ)»** целесообразно выполнять ***по разделениям на восемь счетов:***

по счету «**Делай – РАЗ»** подать правую руку на большом пальце по ремню максимально вверх;

по счету «**Делай – ДВА**» снять автомат с плеча и, подхватив его левой рукой за нижнюю часть цевья и ствольной накладки, держать перед собой вертикально, магазином влево, дульным срезом на высоте подбородка, при этом локти разведены, предплечья параллельны земле, правая рука с ремнем на уровне груди. **Проконтролировать,** чтобы при снятии автомата обучающиеся не наклоняли корпус, соблюдали правила строевой стойки и не размахивали автоматом;

по счету «**Делай – ТРИ**», удерживая автомат левой рукой в прежнем положении, взять правой рукой за цевье и ствольную накладку выше кисти левой руки;

по счету «**Делай – ЧЕТЫРЕ**» левую руку отпустить к левому бедру, а правую с автоматом – к правому бедру, как показано на рисунке 8.2.

по счету «**Делай – ПЯТЬ**» сделать пол-оборота направо и одновременно отставить левую ногу на один шаг влево так, чтобы ступни обоих ног были параллельны (см. рис. 8.2);



Рис. 8.2. Выполнение приема «Ремень – ОТПУСТИТЬ (ПОДТЯНУТЬ)»

по счету «**Делай – ШЕСТЬ**», наклонившись вперед, одновременно упереть оружие прикладом в ступню левой ноги, а ствол положить на изгиб правого локтя, ноги в коленях не сгибать, удерживая правой рукой пряжку ремня, левой рукой отпустить (подтянуть) ремень;

по счету «**Делай – СЕМЬ**» взять автомат правой рукой за цевье, выпрямиться, приставить левую ногу к правой, сделать пол-оборота налево, автомат держать в правой руке у бедра.

по счету «**Делай – ВОСЕМЬ**» автомат закинуть за правое плечо в положение «на ремень», а левую руку быстро опустить к бедру и самостоятельно принять строевую стойку (см. рис. 8.2). **Проконтролировать,** чтобы при забрасывании автомата обучаемые не наклоняли корпус и не размахивали автоматом.

Строевой прием* «Положить – ОРУЖИЕ»** целесообразно выполнять ***по разделениям на восемь счетов:

по счету «**Делай-РАЗ»** подать правую руку на большом пальце по ремню максимально вверх;

по счету «**Делай-ДВА**» снять автомат с плеча и, подхватив его левой рукой за нижнюю часть цевья и ствольной накладки, держать перед собой вертикально, магазином влево, дульным срезом на высоте подбородка, при этом локти разведены, предплечья параллельны земле, правая рука с ремнем на уровне груди;

по счету «**Делай-ТРИ**», удерживая автомат левой рукой в прежнем положении, взять правой рукой за цевье и ствольную накладку выше кисти левой руки;

по счету «**Делай-ЧЕТЫРЕ**» левую руку отпустить к левому бедру, а правую с автоматом – к правому бедру (оружие должно находиться в правой руке у бедра правой ноги примерно под углом 45° магазином вперед и вниз), как показано на рисунке 8.3;

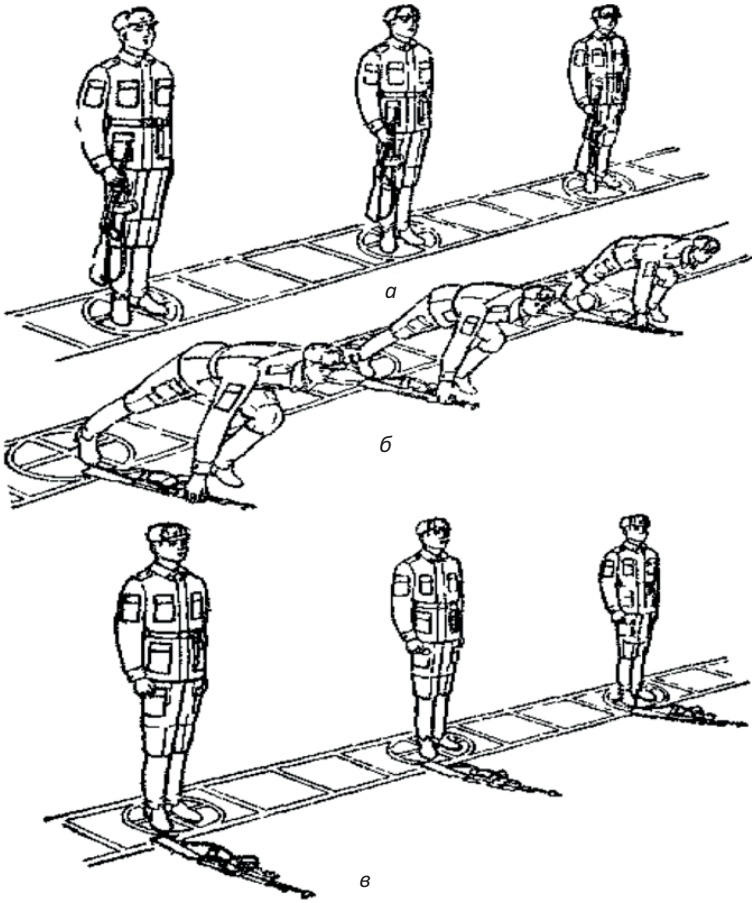


Рис. 8.3. Выполнение приема «Положить–ОРУЖИЕ»

по счету «**Делай-ПЯТЬ**», сделать левой ногой шаг вперед. *Для красоты выполнения приема целесообразно указать обучаемым, чтобы левая рука отходила назад до отказа в такт шага;*

по счету «**Делай-ШЕСТЬ**» приставить автомат прикладом к носку правой ноги;

по счету «**Делай-СЕМЬ**» наклониться и положить оружие на землю рукояткой затворной рамы вниз, затыльником приклада у носка правой ноги (см. рис. 8.3). **Проконтролировать,** чтобы обучаемые не сгибали правую ногу в колене и не наклоняли голову;

по счету «**Делай-ВОСЕМЬ**» быстро выпрямиться, приставить левую ногу к правой и принять положение строевой стойки (см. рис. 8.3).

Строевой прием* «В РУЖЬЕ»** целесообразно выполнять ***по разделениям на восемь счетов:

по счету «**Делай-РАЗ**» сделать левой ногой шаг вперед;

по счету «**Делай – ДВА**» наклониться и взять оружие за цевье и ствольную накладку, левую руку *отвести назад*. **Проконтролировать,** чтобы обучаемые при наклоне не сгибали правую ногу в колене и не наклоняли голову;

по счету «**Делай – ТРИ**» выпрямиться, одновременно приставить левую ногу к правой, оружие держать в правой руке у бедра правой ноги примерно под углом 45° магазином вперед и вниз;

по счету «**Делай – ЧЕТЫРЕ**» вывести автомат правой рукой перед собой;

по счету «**Делай – ПЯТЬ**» перехватить автомат левой рукой, удерживая его вертикально перед серединой тела дульным срезом на высоте подбородка;

по счету «**Делай – ШЕСТЬ**» правой рукой взяться за верхнюю часть ремня и выполнить скрестное движение, определяя тем самым длину ремня, необходимую для заброса автомата;

по счету «**Делай – СЕМЬ**» автомат закинуть за правое плечо в положение «на ремень»;

по счету «**Делай – ВОСЕМЬ**» левую руку быстро опустить к бедру и самостоятельно принять строевую стойку.

Для тренировки руководитель подает команды **«РАЗОЙДИСЬ»**, а затем «**К ОРУЖИЮ**». **Проконтролировать,** чтобы по команде «**К ОРУЖИЮ**» обучаемые встали слева от оружия и приняли положение строевой стойки, при этом носок правой ноги находился на линии затыльника приклада.

Строевой прием* «Положить ОРУЖИЕ» *в двухшереножном строю целесообразно выполнять ***по разделениям на три счета:***

после предварительной команды «Положить» по счету «**Делай – РАЗ**» взять автомат в правую руку;

после исполнительной команды «ОРУЖИЕ» по счету «**Делай – ДВА**» первой шеренге сделать два шага вперед и приставить ногу. **Проконтролировать,** чтобы обучаемые первой шеренги в такт шагов осуществляли движение рукой, не занятой оружием;

по счету «**Делай – ТРИ**» обеим шеренгам одновременно сделать левой ногой шаг вперед и положить оружие на землю рукояткой затвора вниз, затыльником приклада у носка правой ноги, после чего выпрямиться и приставить левую ногу к правой.

Строевой прием* «В РУЖЬЕ» *в двухшереножном строю целесообразно выполнять ***по разделениям на три счета:***

по счету «**Делай – РАЗ**» сделать левой ногой шаг вперед, левую руку *отвести назад до отказа в такт шага*, наклониться и взять оружие за цевье и ствольную накладку, выпрямиться, одновременно приставить левую ногу к правой, оружие держать в правой руке у бедра правой ноги примерно под углом 45° магазином вперед и вниз;

по счету «**Делай – ДВА**» второй шеренге сделать два шага вперед и остановиться позади первой на дистанции вытянутой руки[1]. **Проконтролировать,** чтобы обучаемые первой шеренги в такт шагов осуществляли движение рукой, не занятой оружием;

по счету «**делай – ТРИ**» обеим шеренгам одновременно взять оружие в положение «на ремень».

8.3. Выполнение приемов с автоматом на месте: «Автомат на – ГРУДЬ», «На ре-МЕНЬ», «Оружие – ЗА СПИНУ»

Выполнение приемов с автоматом на месте: «Автомат на – ГРУДЬ», «На ре-МЕНЬ», «Оружие – ЗА СПИНУ» изложено в статьях

[1] До получения первичных навыков, во избежание получения травм вторую шеренгу целесообразно строить на дистанции 3–4 шага.

40–41, 47–50 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

40. Автомат из положения «на ремень» в положение «на грудь» берется по команде «Автомат на – ГРУДЬ» в три приема:

первый прием – подать правую руку по ремню несколько вверх, снять автомат с плеча и, подхватив его левой рукой за цевье и ствольную накладку, держать перед собой вертикально магазином влево, дульным срезом на высоте подбородка;

второй прием – правой рукой отвести ремень вправо и перехватить его ладонью снизу так, чтобы пальцы были полусогнуты и обращены к себе; одновременно продеть под ремень локоть правой;

третий прием – закинуть ремень за голову; взять автомат правой рукой за шейку приклада, а левую руку быстро опустить.

Автомат со складывающимся прикладом (укороченный автомат) из положения «на ремень» в положение «на грудь» берется по той же команде в два приема:

первый прием – правой рукой снять автомат с плеча, не выводя локтя правой руки из-под ремня, и, подхватив автомат левой рукой за цевье и ствольную накладку снизу, держать его перед собой магазином вниз, дульной частью влево;

второй прием – закинуть правой рукой ремень за голову на левое плечо, взять ею автомат за ствольную коробку у ремня, а левую руку быстро опустить

41. Автомат из положения «на грудь» в положение «на ремень» берется по команде «На ре-МЕНЬ» в три приема:

первый прием – левой рукой взять автомат за цевье и ствольную накладку снизу и, одновременно подавая его несколько вперед вверх, вывести правую руку из-под ремня, взяться ею за шейку приклада и держать автомат;

второй прием – поднимая автомат вверх, перекинуть ремень через голову и держать автомат перед собой вертикально магазином влево, дульным срезом на высоте подбородка;

третий прием – правой рукой взять ремень за его верхнюю часть и закинуть автомат за правое плечо в положение «на ремень», а левую руку быстро опустить.

Автомат со складывающимся прикладом (укороченный автомат) из положения «на грудь» в положение «на ремень» берется по той же команде в три приема:

первый прием – левой рукой взять автомат сверху за ствол и газовую трубку и, приподнимая автомат несколько вверх, вывести локоть правой руки из-под ремня, правой рукой, ладонью снизу, взять ремень у ствольной коробки;

второй прием – поворачивая автомат ствольной коробкой кверху, перекинуть ремень через голову и держать автомат магазином вправо;

третий прием – закинуть автомат за правое плечо в положение «на ремень», а левую руку быстро опустить.

47. Перед подачей команд: «За спину», «На ремень» и «На грудь» оружие предварительно ставится на предохранитель по команде «Предохранитель – СТАВЬ».

Если необходимо отомкнуть штык-нож (откинуть штык) или примкнуть его, то подаются команды «Штык-нож – ОТОМКНУТЬ», «Штык-нож – ПРИМКНУТЬ».

48. Оружие из положения «на ремень» в положение «за спину» берется по команде «Оружие – ЗА СПИНУ» в два приема:

первый прием – левой рукой взять ремень несколько ниже правого плеча, а правой рукой одновременно взяться за приклад (автомат со складывающимся прикладом и ручной гранатомет – за ствол у нижней антабки, а с укороченным стволом – за ствол снизу);

второй прием – правой рукой приподнять оружие вверх, а левой рукой закинуть ремень за голову на левое плечо; оружие и руки быстро опустить.

Автомат в положение «за спину» берется без штыка-ножа.

49. Оружие из положения «за спину» берется в положение «на ремень» по команде «Оружие на ре-МЕНЬ» в два приема:

первый прием – левой рукой взять ремень несколько ниже левого плеча, а правой рукой одновременно взяться за приклад (за ствол, за раструб);

второй прием – правой рукой оружие приподнять, а левой рукой перекинуть ремень через голову на правое плечо, ремень взять правой рукой, левую руку быстро опустить.

50. Для перевода автомата из положения «на грудь» в положение «за спину» и из положения «за спину» в положение «на грудь оружие предварительно берется по команде в положение «на ремень».

Для перевода автомата со складывающимся прикладом в положение «за спину» из положения «на грудь» правой рукой взять автомат за дульную часть ствола и перевести его в положение «за спину».

Для перевода автомата со складывающимся прикладом из положения «за спину» в положение «на грудь» правой рукой взять автомат за дульную часть ствола и, подтягивая его дульной частью к левому плечу, перевести в положение «на грудь».

Строевой прием **«Автомат на – ГРУДЬ»** целесообразно выполнять ***по разделениям на три счета:***

по счету «**Делай-РАЗ**» подать правую руку по ремню несколько вверх, снять автомат с плеча и, подхватив его левой рукой за цевье и ствольную накладку, держать перед собой вертикально магазином влево, дульным срезом на высоте подбородка, как показано на рисунке 8.4;

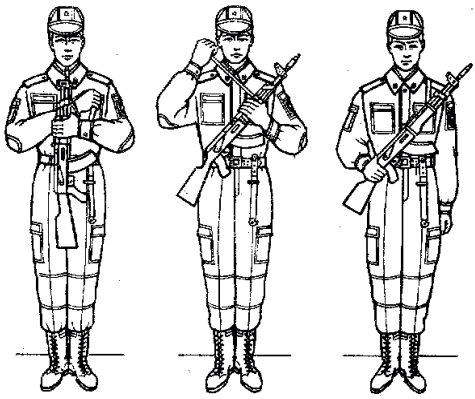


Рис. 8.4. Выполнение команды «Автомат на–ГРУДЬ»

по счету «**Делай-ДВА**» правой рукой отвести ремень вправо и перехватить его ладонью снизу так, чтобы пальцы были полусогнуты и обращены к себе, одновременно продеть под ремень локоть правой руки (см. рис. 8.4);

по счету **«Делай-ТРИ**» закинуть ремень за голову и взять автомат правой рукой за шейку приклада, а левую руку быстро опустить (см. рис. 8.4). **Проконтролировать,** чтобы обучающиеся, закидывая ремень не наклоняли голову, правую руку поднимали как можно выше, а, забросив ремень, быстро переносили руку на шейку приклада.

Поправлять головные уборы, другие элементы обмундирования разрешается только после поступления команд «ВОЛЬНО», «ЗАПРАВИТЬСЯ».

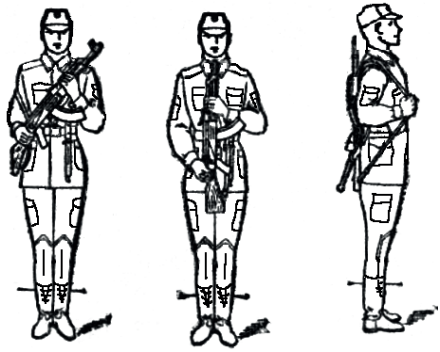


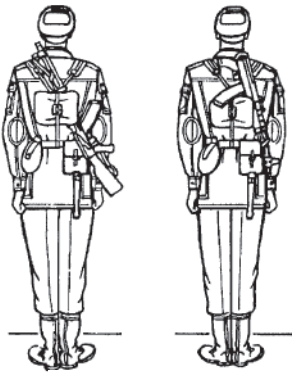
Рис. 8.5. Выполнение приема «На ре-МЕНЬ»

Строевой прием **«На ре-МЕНЬ»** целесообразно выполнять ***по разделениям на три счета:***

по счету **«Делай – РАЗ»** левой рукой взять автомат за цевье и ствольную накладку снизу и, одновременно подавая автомат несколько вперед-вверх, вывести правую руку из-под ремня, взяться ею за шейку приклада и удерживать автомат правой рукой за шейку приклада, левой – за цевье у груди, как показано на рисунке 8.5;

по счету **«Делай – ДВА»**, приподнимая автомат вверх, перекинуть ремень через голову и держать автомат перед собой вертикально магазином влево, дульным срезом на высоте подбородка (см. рис. 8.5);

по счету **«Делай – ТРИ»** правой рукой взять за верхнюю часть ремня и закинуть автомат за правое плечо в положение «на ремень», а левую руку быстро опустить (см. рис. 8.5).



а *б*

Рис. 8.6. Выполнение приема «Оружие-ЗА СПИНУ»

Строевой прием **«Оружие – ЗА СПИНУ»** целесообразно выполнять ***по разделениям на три счета:***

по счету **«Делай – РАЗ»** левой рукой взять ремень несколько ниже правого плеча, а правой рукой одновременно взяться за приклад снизу;

по счету **«Делай – ДВА»** правой рукой приподнять автомат вверх, а левой закинуть ремень за голову на левое плечо, автомат и руки быстро опустить, как показано на рисунке 8.6.

Проконтролировать, чтобы обучающиеся при выполнении приема не наклоняли голову.

Строевой прием **«Оружие на ре-МЕНЬ»** целесообразно выполнять ***по разделениям на два счета:***

по счету **«Делай-РАЗ»** левой рукой взять ремень несколько ниже левого плеча, а правой одновременно взяться за приклад;

по счету **«Делай-ДВА»** правой рукой автомат приподнять, а левой перекинуть ремень через голову на правое плечо и автомат опустить; ремень взять правой рукой, а левую руку быстро опустить и принять строевую стойку.

Поправлять головные уборы, другие элементы обмундирования разрешается только после поступления команд «ВОЛЬНО» «ЗАПРАВИТЬСЯ».

Тренировка по выполнению строевых приемов проводится до устранения всех выявленных ошибок.

Для закрепления полученных умений и формирования первичных навыков провести тренировку по переводу автомата из положения «на грудь» в положение «за спину» и из положения «за спину» в положение «на грудь».

8.4. Повороты и движение с оружием

Выполнение поворотов и движение с оружием изложены в статьях 53–56 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

53. Повороты и движение с оружием выполняются по тем же правилам и командам, что и без оружия.

54. При поворотах с оружием в положении «у ноги» на месте по предварительной команде оружие несколько приподнять и одновременно подать штык (дульную часть) на себя, а правую руку слегка прижать к правому бедру. Сделав поворот, одновременно с приставлением ноги плавно опустить оружие на землю.

55. Для движения с оружием в положении «у ноги» по предварительной команде «Шагом» оружие несколько приподнять.

56. При движении с оружием в положении «у ноги» и в положениях «на ремень» и «на грудь» рукой, не занятой оружием, а при

движении с оружием «за спину» обеими руками производить свободные движения около тела в такт шага.

Тренировка выполнения поворотов на месте проводится в положениях автомата «на ремень», «на грудь», «за спину».

Важно обратить внимание на положение правой руки и автомата при поворотах с оружием в положении «на ремень» (правой рукой обучаемый должен держать ремень автомата, левая – прижата к бедру), а также особенности выполнения приемов с автоматом в положении «на грудь» (правой рукой обучаемый должен держать шейку приклада, левая – прижата к бедру).

Движение строевым шагом и выполнение поворотов в движении целесообразно тренировать на строевых площадках, имеющих разметку. Тренировку следует проводить в положении автомата «на ремень», «на грудь», «за спину».

8.5. Выполнение воинского приветствия с оружием на месте и в движении

Выполнение воинского приветствия с оружием на месте и в движении изложено в статьях 64–65 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

64. Выполнение воинского приветствия с оружием на месте вне строя производится так же, как и без оружия; при этом положение оружия не изменяется, и рука к головному убору не прикладывается. С оружием в положении «за спину» воинское приветствие выполнять, прикладывая правую руку к головному убору.

65. Для выполнения воинского приветствия в движении вне строя с оружием у ноги, «на ремень» или «на грудь» за три-четыре шага до начальника (старшего) одновременно с постановкой ноги повернуть голову в его сторону и прекратить движение свободной рукой. С оружием в положении «за спину», кроме того, приложить руку к головному убору.

Выполнение воинского приветствия на месте в положении оружия ***«на ремень» и «на грудь»*** целесообразно проводить ***по разделениям на два счета:***

по счету «**Делай – РАЗ**» принять положение строевой стойки, если необходимо, повернуться в сторону начальника с одновременным приставлением ноги, энергично повернуть голову с приподнятым в сторону начальника подбородком, смотреть в лицо начальнику, поворачивая вслед за ним голову;

по счету «**Делай – ДВА**» голову ставят прямо и принимают положение «вольно».

Выполнение воинского приветствия на месте в положении оружия ***«за спину»*** целесообразно проводить ***по разделениям на два счета:***

по счету «**Делай – РАЗ**» энергично приложить правую руку к головному убору;

по счету «**делай – ДВА**» быстро опустить ее вниз.

Выполнение воинского приветствия в движении с оружием в положении ***«на ремень»*** или ***«на грудь»*** целесообразно провести ***по разделениям на восемь счетов:***

по счету **«Делай – РАЗ»** сделать шаг левой ногой, одновременно энергично опустить левую руку вдоль тела и повернуть голову с приподнятым подбородком в сторону начальника;

по счету **«Делай – ДВА, ТРИ, ЧЕТЫРЕ»** движение продолжать с прижатой рукой и повернутой головой;

по счету **«Делай – ПЯТЬ»** с постановкой левой ноги на землю, голову поставить прямо и продолжать движение левой рукой в такт шагу;

по счету **«Делай – ШЕСТЬ, СЕМЬ»** сделать два шага с движениями рук в такт шагу;

по счету **«Делай – ВОСЕМЬ»** приставить правую ногу к левой, принять положение строевой стойки.

Выполнение воинского приветствия в движении с оружием в положении ***«за спину»*** целесообразно провести ***по разделениям на восемь счетов:***

по счету **«Делай – РАЗ»** сделать шаг левой ногой и с постановкой ноги на землю голову повернуть в сторону начальника, одновременно приложить руку к головному убору; левую руку опустить вниз к бедру;

по счету **«Делай – ДВА, ТРИ, ЧЕТЫРЕ»** делать шаги правой и левой ногами пройдя начальника на один-два шага;

по счету **«Делай – ПЯТЬ»** одновременно с постановкой левой ноги на землю голову поставить прямо, правую руку опустить от головного убора и продолжать движение руками в такт шагу;

по счету **«Делай – ШЕСТЬ, СЕМЬ»** сделать два шага с движениями рук в такт шагу;

по счету **«Делай – ВОСЕМЬ»** приставить правую ногу к левой, принять положение строевой стойки.

Тренировку в обычном темпе следует проводить «поточным методом» с использованием разметки строевых площадок.

Тренировку в выполнении воинского приветствия, когда начальник идет навстречу целесообразно провести движением обучающихся навстречу друг другу с дистанции, например, 10 шагов.

8.6. Выход из строя и возвращение в строй. Подход к начальнику и отход от него

Выход из строя и возвращение в строй, подход к начальнику и отход от него изложены в статьях 69-73 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10] и приведены в пункте 7.2 учебного пособия.

Тренировку целесообразно проводить в следующей последовательности:

выход из строя и возвращение в строй;

выход из строя, подход к начальнику, отход от него и возвращение в строй

При выявлении общих ошибок целесообразно обратить внимание на неправильные действия, а при необходимости перейти к выполнению строевых приемов по разделениям.

Вопросы для контроля и самопроверки

1. Какая команда подается для перевода автомата в положение «на грудь»?

2. Какая команда подается для перевода автомата из положения «на грудь» в положение «на ремень»?

3. Какая команда подается для перевода автомата в положение «за спину»?

4. Какая команда подается для перевода автомата в положение «на ремень» из положения «за спину»?

5. Положение рук при движении строевым шагом с оружием в положении «на ремень», «на грудь», «за спину»?

6. Порядок выполнения воинского приветствия с оружием в положении «на ремень», «на грудь», «за спину»?

9. Строй взвода

9.1. Выполнение строевых приемов взводом в развернутом и походном строях (построение, выравнивание, размыкание и смыкание, перестроение)

Выполнение строевых приемов взводом в развернутом строю изложено в статьях 100–101 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

100. Развернутый строй взвода может быть одношереножный или двухшереножный. Построение взвода в развернутый строй производится по команде «Взвод, в одну шеренгу (в две шеренги) – СТАНОВИСЬ».

Приняв строевую стойку и подав команду, командир взвода становится лицом в сторону фронта построения; отделения выстраиваются левее командира. В двухшереножном строю последний ряд в каждом отделении должен быть полным.

С началом построения отделений командир взвода выходит из строя и следит за выстраиванием взвода.

Взвод с численностью отделений по четыре и по три человека строится в двухшереножный строй.

101. Выравнивание, повороты, перестроения и другие действия взвода в развернутом строю выполняются по правилам и командам, указанным для отделения.

Выполнение строевых приемов целесообразно проводить в следующей последовательности:

построение взвода в одношереножный и двухшереножный строй;

перестроение взвода из одношереножного в двухшереножный строй и обратно;

размыкание (смыкание) взвода в одношереножном и двухшереножном строю;

построение в походный строй и перестроения в походном строю.

Построение взвода в одношереножный строй (шеренгу) производится ***по команде*** **«Взвод, в одну шеренгу – СТАНОВИСЬ»**:

по предварительной команде «**Взвод**» все обучаемые должны повернуться лицом к командиру взвода, принять положение «Смирно» и ждать следующей команды в готовности быстро и четко ее выполнить;

став лицом в сторону фронта построения, командир взвода приказывает левее себя встать, подав исполнительную команду «**СТАНОВИСЬ**». По этой команде обучаемые занимают свое место в строю левее командира взвода по отделениям.

Командиры отделений командуют **«Отделение – КО МНЕ»** (для сбора отделения), **«Отделение, в одну шеренгу – СТАНОВИСЬ».**

С началом построения командир взвода выходит из строя и следит за выстраиванием взвода:

у всех обучающихся в шеренге носки обуви должны быть на одной линии;

при выравнивании наклон головы не допускается.

Целесообразно обратить внимание на то, что выравнивание носков обуви в отделении зависит от правофлангового военнослужащего, а во взводе – от первого отделения.

По команде **«РАЗОЙДИСЬ»** военнослужащие выходят из строя.

Построение взвода в двухшереножный строй производится ***по команде*** **«Взвод, в две шеренги – СТАНОВИСЬ»**.

Действия командира взвода и командиров отделений те же, что и при построении взвода в одну шеренгу.

Обратить внимание следует на то, что *последний ряд в каждом отделении должен был полным.*

По команде **«РАЗОЙДИСЬ»** военнослужащие выходят из строя.

Перестроение взвода из одной шеренги в две и обратно выполняется в составе отделений и изложено в статьях 85–87 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

85. Для перестроения отделения из одной шеренги в две предварительно производится расчет на первый и второй по команде «Отделение, на первый и второй – РАССЧИТАЙСЬ».

По этой команде каждый военнослужащий, начиная с правого фланга, по очереди быстро поворачивает голову к стоящему слева от него военнослужащему, называет свой номер и быстро ставит голову прямо. Левофланговый военнослужащий голову не поворачивает.

Так же производится расчет по общей нумерации, для чего подается команда «Отделение, по порядку – РАССЧИТАЙСЬ».

В двухшереножном строю левофланговый военнослужащий второй шеренги по окончании расчета строя по общей нумерации докладывает: «Полный» или «Неполный».

86. Перестроение отделения на месте из одной шеренги в две производится по команде «Отделение, в две шеренги – СТРОЙСЯ».

По исполнительной команде вторые номера делают с левой ноги шаг назад, не приставляя правой ноги, шаг вправо, чтобы стать в затылок первым номерам, приставляют левую ногу.

87. Для перестроения отделения на месте из сомкнутого двухшереножного строя в одношереножный строй отделение предварительно размыкается на один шаг, после чего подается команда «Отделение, в одну шеренгу – СТРОЙСЯ.

По исполнительной команде вторые номера выходят на линию первых, делая с левой ноги шаг влево, не приставляя правой ноги, шаг вперед и приставляют левую ногу.

Для разучивания ***перестроения из одной шеренги в две*** руководитель приказывает одному из обучаемых стать рядом с собой с правой стороны и показывает действия второго номера при перестроении в две шеренги, как показано на рисунке 7.1, а также действия второго номера при перестроении в одношереножный строй.

Перестроение из одной шеренги в две выполняют ***по разделениям на три счета:***

по счету **«Делай – РАЗ»** вторым номерам сделать левой ногой шаг назад, не приставляя правой;

по счету **«Делай – ДВА»** перенести правую ногу по кратчайшему пути на шаг вправо;

по счету **«Делай – ТРИ»** приставить левую ногу к правой и принять положение строевой стойки.

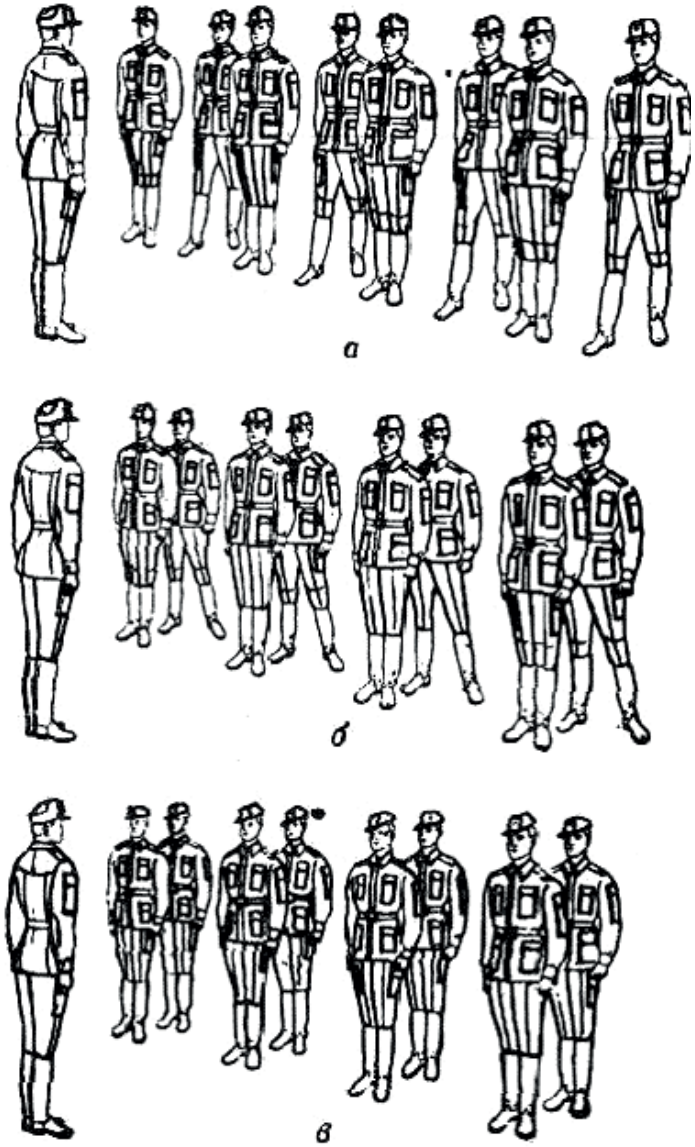


Рис. 9.1. Перестроение отделения из одной шеренги в две

Перестроение из двухшереножного строя в одношереножный выполняют ***по разделениям на три счета:***

по счету **«Делай – РАЗ»** вторым номерам сделать левой ногой шаг влево, не приставляя правую;

по счету **«Делай – ДВА»** сделать правой ногой шаг вперед и стать на линию первого номера;

по счету **«Делай – ТРИ»** приставить левую ногу к правой и принять положение строевой стойки.

Возможные ошибки, на которые необходимо обратить внимание:

при расчете не производится поворот головы;

при перестроении производится движение руками;

при перестроении обучаемы приставляют ногу до завершения выполнения приема.

Размыкание (смыкание) изложено в статьях 78–79 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

78. Для размыкания отделения на месте подается команда «Отделение, вправо (влево, от средины) на столько-то шагов, разом-КНИСЬ (бегом, разом-КНИСЬ)». По исполнительной команде все военнослужащие, за исключением того, от которого производится размыкание, поворачиваются в указанную сторону, одновременно с приставлением ноги поворачивают голову в сторону фронта строя и идут учащенным полушагом (бегом), смотря через плечо на идущего сзади и не отрываясь от него; после остановки идущего сзади каждый делает еще столько шагов, сколько было указано в команде, и поворачивается налево (направо).

При размыкании от средины указывается, кто средний. Военнослужащий, названный средним, услышав свою фамилию, отвечает: «Я», вытягивает вперед левую руку и опускает ее.

При выравнивании отделения установленный при размыкании интервал сохраняется.

79. Для смыкания отделения на месте подается команда «Отделение, вправо (влево, к средине), сом-КНИСЬ (бегом, сом-КНИСЬ)». По исполнительной команде все военнослужащие, за исключением того, к которому назначено смыкание, поворачиваются в сторону смыкания, после чего учащенным полушагом (бегом) подходят на установленный для сомкнутого строя интервал и по

мере подхода самостоятельно останавливаются и поворачиваются налево (направо).

Размыкание взвода выполняется по команде **«Взвод, вправо (влево, от средины), разом-КНИСЬ».**

Для формирования первичных навыков целесообразно проводить размыкание от командира взвода (влево), как показано на рисунке 9.2.

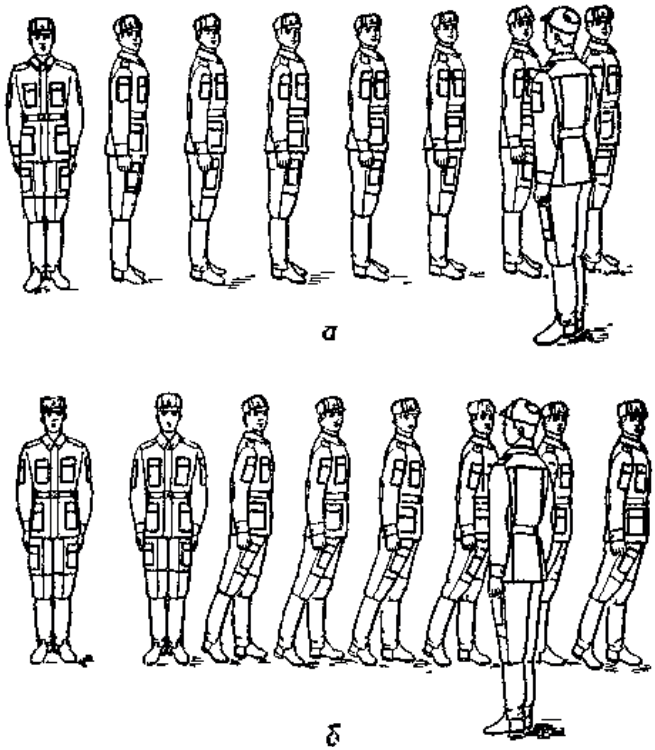


Рис. 9.2. Размыкание подразделения

Если в команде интервал не был указан, размыкание производится на один шаг. В это случае необходимо:

по счету **«Делай – РАЗ»** сделать поворот в указанную сторону, не приставляя сзади стоящую ногу.

по счету **«Делай – ДВА»** приставить сзади стоящую ногу и одновременно повернуть голову в сторону фронта построения (голова должна быть повернута настолько, чтобы видеть через плечо сзади стоящего обучаемого, сохраняя положение корпуса, как при строевой стойке);

по счету **«Делай – ТРИ»** начать движение учащенным полушагом (бегом), смотря через плечо на идущего сзади и не отрываясь от него; после остановки сзади идущего сделать еще один шаг или сколько было указано в команде, остановиться и сделать поворот в сторону фронта.

Обучение смыканию подразделения целесообразно проводить одновременно с размыканием.

Смыкание взвода выполняется по команде **«Взвод, вправо (влево, к средине), сом-КНИСЬ»**. По этой команде необходимо:

по счету **«Делай – РАЗ»** всем обучающимся, за исключением того, к которому назначено смыкание, сделать поворот в сторону смыкания;

по счету **«Делай – ДВА»** приставить ногу, но поворот головы не выполнять;

по счету **«Делай – ТРИ»** учащенным полушагом (бегом) подойти на установленный для сомкнутого строя интервал и по мере подхода самостоятельно остановиться, повернуться в сторону фронта и принять строевую стойку.

Возможные ошибки, на которые необходимо обратить внимание:

При размыкании не одновременно приставляется нога и поворачивается голова;

отрыв впереди идущих более, чем на дистанцию вытянутой руки;

не производится движение руками в такт шагу.

Построение взвода в походный строй, его перестроение в развернутый строй и обратно изложено в статьях 103–104, 107, 113 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

103. Походный строй взвода может быть в колонну по три (во взводе из четырех отделений – в колонну по четыре), в колонну по два или в колонну по одному. Построение взвода на месте в колонну по три (по четыре) производится по команде «Взвод, в колонну по три (по четыре) – СТАНОВИСЬ».

104. Перестроение взвода из развернутого одношереножного строя в колонну по одному (из двухшереножного строя в колонну по два) производится поворотом взвода направо.

107. Перестроение взвода из колонны по одному в развернутый одношереножный строй (из колонны по два в двухшереножный строй) производится поворотом взвода налево.

113. Для сбора взвода подается команда «Взвод – КО МНЕ», по которой отделения бегом собираются к командиру взвода и по его дополнительной команде выстраиваются.

Перестроение целесообразно провести из двухшереножного строя по команде **«Взвод, напра–ВО»**, пояснить, что после поворота направо взвод оказывается построенным в походный строй в колонну по два, напомнить, что в колонне следует стоять строго в затылок впереди стоящему, дистанция между военнослужащими – один шаг.

Тренировку следует провести по командам **«Взвод, в колонну по три (по два по одному) – СТАНОВИСЬ»** и **«РАЗОЙДИСЬ».**

В ходе построения целесообразно тренировать обучаемых в выравнивании и поворотах на месте.

Перестроения взвода и отделений изложены в статьях 93–95, 105–106, 108–112, 114 Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации [10]:

93. Перестроение отделения из колонны по одному в колонну по два производится по команде «Отделение, в колонну по два, шагом – МАРШ» (на ходу – «МАРШ»).

По исполнительной команде командир отделения (направляющий военнослужащий) идет в полшага, вторые номера, выходя вправо, в такт шага занимают свои места в колонне; отделение двигается в полшага до команды «ПРЯМО» или «Отделение – СТОЙ».

94. Перестроение отделения из колонны по два в колонну по одному производится по команде «Отделение, в колонну по одному, шагом – МАРШ» (на ходу – «МАРШ»).

По исполнительной команде командир отделения (направляющий военнослужащий) идет полным шагом, а остальные – в полшага; по мере освобождения места вторые номера в такт шага заходят в затылок первым и продолжают движение полным шагом.

95. Для перемены направления движения колонны подаются команды:

«Отделение, правое (левое) плечо вперед – МАРШ»; направляющий военнослужащий заходит налево (направо) до команды «ПРЯМО», остальные следуют за ним;

«Отделение, за мной – МАРШ (бегом – МАРШ)»; отделение следует за командиром.

105. Перестроение взвода из развернутого двухшереножного строя в колонну по одному (из одношереножного строя в колонну по два) производится по команде: «Взвод, напра-ВО»; «В колонну по одному (по два), шагом – МАРШ» (на ходу – «МАРШ».

По команде «МАРШ» первое отделение на ходу перестраивается в колонну по одному, как указано в ст. 94 (в колонну по два, как указано в ст. 93) настоящего Устава; остальные отделения, последовательно перестраиваясь в колонну по одному (по два), следуют одно за другим в затылок первому отделению.

106. Перестроение взвода из развернутого двухшереножного строя в колонну по три (по четыре) производится по командам: «Взвод, напра-ВО»; «В колонну по три (по четыре), шагом – МАРШ» (на ходу – «МАРШ»).

По команде «МАРШ» первое отделение идет вполшага, перестраиваясь на ходу в колонну по одному, остальные отделения выходят влево на линию первого на установленный интервал, также перестраиваясь в колонну по одному, после чего командир взвода подает команду «ПРЯМО» или «Взвод – СТОЙ».

108. Перестроение взвода из колонны по три (по четыре) в колонну по два производится по команде «Взвод, в колонну по два, шагом – МАРШ» (на ходу – «МАРШ»).

По этой команде первое отделение идет прямо, перестраиваясь на ходу в колонну по два, как указано в ст. 93 настоящего Устава, остальные отделения обозначают шаг на месте, затем последовательно выходят в затылок впереди идущему отделению, перестраиваясь в колонну по два.

109. Для перестроения взвода из колонны по три (по четыре) в развернутый двухшереножный строй взвод предварительно перестраивается в колонну по два (ст. 108) и затем – как указано в ст. 107.

110. Перестроение взвода из колонны по три (по четыре) в колонну по одному производится по команде «Взвод, в колонну по одному, шагом – МАРШ» (на ходу – «МАРШ»).

По этой команде первое отделение идет прямо, остальные отделения обозначают шаг на месте и по мере выхода отделений из колонны последовательно по команде своих командиров «ПРЯМО» начинают движение полным шагом, следуя в затылок впереди идущему отделению.

111. Перестроение взвода из колонны по одному в колонну по три (по четыре) производится по команде «Взвод, в колонну по три (по четыре), шагом – МАРШ» (на ходу – «МАРШ»).

По этой команде первое отделение обозначает шаг на месте, остальные отделения, выйдя на линию первого, также обозначают шаг на месте до команды командира взвода «ПРЯМО» или «Взвод – СТОЙ».

112. Перестроение взвода из колонны по два в колонну по три (по четыре) производится по команде «Взвод, в колонну по три (по четыре), шагом – МАРШ» (на ходу – «МАРШ»). По команде «МАРШ» взвод перестраивается в колонну по три, как указано в ст. 106.

114. Перемена направления движения взвода в походном строю производится по командам и правилам, указанным для походного строя отделения.

Обучение целесообразно выполнить показом в медленном темпе и пояснениями по каждому перестроению, а затем провести тренировку.

Перестроение взвода из развернутого одношереножного строя в колонну по два целесообразно выполнять по командам: **«Взвод, напра-ВО», «В колонну по два, шагом – МАРШ»** (на ходу – «МАРШ»).

Перестроение взвода из развернутого двухшереножного строя в колонну по одному целесообразно выполнять по командам: **«Взвод, напра-ВО»**, «**В колонну по одному, шагом – МАРШ»**.

Перестроение взвода из развернутого двухшереножного строя в колонну по три целесообразно выполнять по командам: **«Взвод, напра-ВО», «В колонну по три, шагом – МАРШ»** (в движении – «МАРШ»).

Перестроение взвода производится одновременно с перестроением всех отделений. При этом по исполнительной команде первое отделение идет в полшага, перестраиваясь на ходу в колонну по одному, второе и третье отделения выходят полным шагом влево на линию первого отделения на уставной интервал, также перестраиваясь на ходу в колонну по одному. После того как отделения перестроятся командир взвода подает команду «ПРЯМО» или «Взвод – СТОЙ».

Перестроение взвода из колонны по три в колонну по два целесообразно выполнять по команде **«Взвод, в колонну по два, шагом – МАРШ»** (в движении – «МАРШ»). По этой команде первое отделение идет полным шагом, на ходу перестраиваясь в колонну по два, второе и третье отделения обозначают шаг на месте. Как только первое отделение перестроиться, второе отделение выходит в затылок первому, также перестраиваясь в колонну по два, затем аналогично действует третье отделение.

Перестроение взвода из колонны по два в развернутый двухшереножный строй целесообразно выполнять по командам: **«Взвод – СТОЙ», «Нале-ВО»**.

Перестроения взвода из колонны по три в колонну по одному целесообразно выполнять по команде **«Взвод, в колонну по одному, шагом – МАРШ»** (в движении – «МАРШ»). По исполнительной команде первое отделение идет полным шагом, второе и третье отделения обозначают шаг на месте. Как только первое отделение выйдет из колонны, второе отделение заходит ему в затылок и продолжает движение полным шагом, затем третье.

Перестроение взвода из колонны по одному в колонну по три целесообразно выполнять по команде **«Взвод, в колонну по одному, шагом – МАРШ»** (в движении – «МАРШ»). По исполнительной команде первое отделение обозначает шаг на месте, второе и третье отделения движутся полным шагом. По мере выхода с левой стороны на уровень первого отделения второе обозначает шаг на месте, затем также действует третье отделение.

Когда взвод перестроится в колонну по три, подается команда **«ПРЯМО»** или **«Взвод – СТОЙ»**.

Для перемены направления движения взвода подаются команды: **«Взвод, правое (левое) плечо вперед – МАРШ», «ПРЯМО»**;

«Взвод, кругом – МАРШ»*;*
«Взвод, за мной – МАРШ» (бегом – «МАРШ»).

9.2. Выполнение воинского приветствия взводом в строю

Для выполнения воинского приветствия в двухшереножном строю на месте командир взвода, при подходе руководителя на 10–15 шагов, подает команду: **«Взвод, СМИРНО, равнение на-ПРАВО, на-ЛЕВО; на-СРЕДИНУ»,** прикладывает руку к головному убору (командиры отделений руку к головному убору не прикладывают). Личный состав взвода принимает положение «Смирно», поворачивает голову в соответствующую сторону. По прохождении руководителя или по команде «Вольно» командир взвода командует: **«ВОЛЬНО»** и опускает руку, личный состав взвода поворачивает голову прямо.

Для тренировки выполнения воинского приветствия в строю в движении руководитель перестраивает взвод в колонну по три. Взвод движется по периметру плаца, а руководитель принимает приветствие.

Командир взвода за 10–15 шагов до начальника командует: **«Взвод, СМИРНО, равнение на-ПРАВО (на-ЛЕВО)»**. По команде **«СМИРНО»** все военнослужащие переходят на строевой шаг, а по команде **«Равнение на–ПРАВО (на–ЛЕВО)»** одновременно поворачивают голову в сторону начальника и прекращают движение руками (рукой, не занятой оружием). Командир взвода, повернув голову, прикладывает руку к головному убору (командиры отделений руку к головному убору не прикладывают).

Поворот головы должен быть однообразным и выполняться одновременно всеми обучаемыми; четкость и одновременность должны соблюдаться и при переходе на строевой шаг и прекращении движения руками.

По прохождении начальника или по команде «Вольно» командир взвода командует «Вольно» и опускает руку.

Руководитель может изменить направление движения подразделения.

Если начальник приветствует взвод словами: «Здравствуйте, товарищи», военнослужащие отвечают, например: «Здравия желаем, товарищ майор». При этом начинают ответ с постановкой левой ноги на землю, произнося каждое последующее слово с постановкой ноги.

Вопросы для контроля и самопроверки

1. Как проводится выравнивание носков обуви в отделении и во взводе?
2. По какой команде выполняется перестроение из одношереножного взвода в двухшереножный?
3. Колонна или шеренга является походным строем?
4. Какие особенности следует учитывать при воинском приветствии подразделением в движении?

Раздел 4

ОГНЕВАЯ ПОДГОТОВКА

10. Сведения из внутренней и внешней баллистики

С появлением в начале XIV века в Европе пороха, а затем и созданием огнестрельного оружия, процессы, происходящие внутри канала ствола под действием пороховых газов, а также вопросы, связанные с влиянием сил на пулю (снаряд) при нахождении ее на траектории, постоянно занимают внимание изобретателей, конструкторов и ученых.

Баллистика (нем. Ballistik, от греч. bállō – бросаю) – наука о движении искусственных тел по принципу бросания, применительно к военному делу – изучение движения артиллерийских снарядов (пуль, мин и пр.) как свободно брошенных тел.

Как самостоятельная наука баллистика получила широкое развитие в середине XVIII века. Основными ее разделами являются внутренняя баллистика и внешняя баллистика.

Сведения из внутренней и внешней баллистики изложены в [2, 5, 7], других источниках и приведены ниже в следующей редакции.

10.1. Сведения из внутренней баллистики

Внутренняя баллистика – это наука, занимающаяся изучением процессов, которые происходят при выстреле, и в особенности при движении пули (гранаты) по каналу ствола.

Изучая процессы, происходящие внутри ствола, внутренняя баллистика призвана определять: каким образом снаряду данного веса и калибра сообщить заданную начальную скорость при условии, чтобы максимальное давление в стволе не превышало допустимой величины.

Опираясь на данные других наук (физики, химии, математики, газо- и термодинамики), внутренняя баллистика дает отправные (исходные) данные для внешней баллистики, которая изучает движение снаряда в пространстве после прекращения действия на него пороховых газов.

При воздействии на пороховое зерно внешнего (теплового) импульса оно начинает гореть. Процесс горения пороха разделяют на три фазы:

зажжение;

воспламенение;

собственно горение.

При горении выделяется достаточно много энергии, при этом:

примерно 25–35% выделяемой энергии затрачивается на сообщение пуле поступательного движения (основная работа);

примерно 15–25% энергии затрачивается на совершение второстепенных работ (врезание и преодоление трения пули при движении по каналу ствола, нагревание стенок ствола, гильзы и пули, перемещение подвижных частей оружия, газообразной и несгоревшей частей пороха);

около 40% энергии не используется и теряется после вылета пули из канала ствола.

10.1.1. Выстрел и его периоды

Выстрелом называется выбрасывание пули (гранаты) из канала ствола под действием сжатых пороховых газов.



Рис. 10.1. Выстрел

Выстрел показан на рисунке 10.1. Он представляет собой процесс очень быстрого превращения химической энергии пороха в кинетическую энергию движения оружия (системы снаряд – заряд – ствол), т.е. химический взрыв в фазе молниеносного горения.

Выстрел характеризуется следующими особенностями:

большой величиной давления газов (2–3 тысячи и более атмосфер);

высокой температурой пороховых газов (2500–3500°С);

малой продолжительностью явления (0,001–0,06 сек.);

горением порохового заряда в быстро изменяющемся объеме.

От внешнего импульса (удара бойка по капсюлю) ударный состав капсюля воспламеняется, форс пламени через затравочные отверстия проникает внутрь гильзы, инициируя горение порохового заряда, во время которого образуются газы, количество которых увеличивается, следовательно, увеличивается и давление. Они распространяются во все стороны и, стремясь расшириться, давят на стенки на дно гильзы и пулю. Давление на дно гильзы заставляет его при-

жиматься к чашечке затвора, давление на стенки гильзы заставляет их плотно прижиматься к стенкам патронника, а давление на пулю заставляет ее врезаться в нарезы канала ствола, как показано на рисунке 10.2.

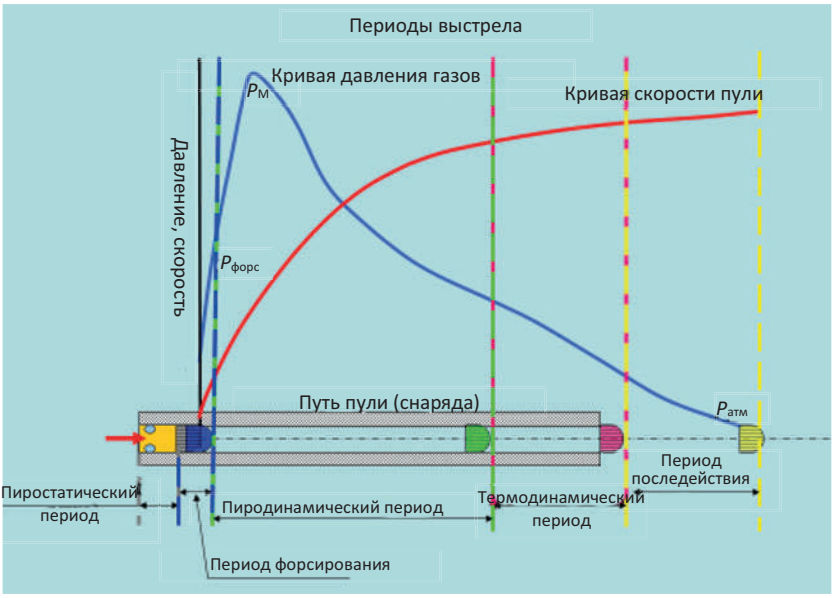


Рис. 10.2. Явление выстрела

Период явления выстрела, в котором происходит горение порохового заряда в постоянном объеме и нарастание давления до форсированного $P_{форс}$ называется **предварительным периодом.**

Предварительный период включает два периода явления выстрела (см рис. 10.2):

пиростатический, от момента начала воспламенения заряда до момента врезания снаряда (пули) в нарезы ствола;

форсирования, от момента начала движения до окончания врезания ведущих поясков снаряда (пули) в нарезы.

Давление газов, необходимое для того, чтобы сдвинуть пулю с места и преодолеть сопротивление ее оболочки врезанию в нарезы ствола называется *давлением форсирования. Это давление зависит*

от устройства нарезов, веса пули (снаряда) и твердости ее оболочки; для стрелкового оружия достигает 300–500 кг/см^2.

Далее следует **первый или основной (пиродинамический)** период выстрела, в течение которого происходит горение порохового заряда в быстроизменяющемся объеме. Этот период длится от момента, когда достигнуто давление форсирования до полного сгорания порохового заряда.

В начале периода, когда скорость движения пули по каналу ствола еще невелика, количество газов растет быстрее, чем объем запульного пространства (пространство между дном пули и дном гильзы), поэтому давление быстро повышается и достигает наибольшей величины. Для стрелкового оружия максимальное давление достигает 2500–4000 кг/см^2. Это давление называется максимальным давлением. Оно создается при прохождении пулей 4–6 см пути.

Затем, вследствие быстрого увеличения скорости движения пули, объем запульного пространства увеличивается быстрее притока новых газов, и давление начинает падать, к концу периода оно равно примерно 2/3 максимального давления. Скорость движения пули постоянно возрастает. Пороховой заряд полностью сгорает незадолго до того, как пуля вылетит из канала ствола.

После окончания горения порохового заряда приток новых газов прекращается, однако сильно сжатые и нагретые газы расширяются, и, вследствие этого, происходит увеличение скорости движения пули. Это – **второй период (термодинамический)** явления выстрела, в котором пуля движется под действием постоянного количества свободно расширяющихся газов. Он длится от окончания горения порохового заряда до момента вылета пули из канала ствола и характеризуется падением давления (для стрелкового оружия 300–900 кг/см^2) и ростом скорости пули.

В системах с короткими стволами (пистолеты) полного сгорания порохового заряда вообще не происходит (частицы пороха догорают в воздухе), т. е. второй период явления выстрела фактически отсутствует.

Третий период, или **период последействия** газов, характеризуется тем, что газы, истекающие из ствола вслед за пулей, продолжают воздействовать на нее. В течение этого периода пороховые газы,

истекающие из канала ствола со скоростью 1200–2000 м/сек, продолжают воздействовать на пулю и сообщают ей дополнительную скорость. Наибольшей (максимальной) скорости пуля достигает в конце третьего периода на удалении нескольких десятков сантиметров от дульного среза ствола. Этот период заканчивается в тот момент, когда давление пороховых газов на дно пули будет уравновешено сопротивлением воздуха.

Таким образом, давление пороховых газов в канале ствола сначала почти мгновенно возрастает, затем продолжает резко возрастать до максимального значения, после чего начинается падение в момент вылета пули из канала ствола и происходит дальнейшее падение в период последействия газов.

Скорость пули непрерывно возрастает, вначале быстро, а затем медленнее, достигая максимального значения.

Для каждого периода выстрела внутренняя баллистика установила точные закономерности, показывающие зависимость давления газов и скорости пули от времени или пройденного пути. Эти зависимости позволяют полностью решить основную задачу внутренней баллистики: рассчитывать, какую скорость получает пуля данного веса при заданном давлении газов в стволе.

Данные о величинах давления и скорости на каждом участке получают расчетным путем при решении основной задачи внутренней баллистики, а после создания опытного образца оружия – специальными приборами.

Деление явления выстрела на рассмотренные периоды основывается на возможности для каждого отдельного периода производить математические расчеты величин давления газов и скорости снаряда.

Так, в предварительном периоде, когда горение происходит в постоянном объеме, расчеты производятся по формулам пиростатики.

Пиростатика – раздел внутренней баллистики, изучающий законы горения пороха, образования газов и развития давления при неподвижном снаряде.

В первом периоде расчеты производятся по формулам, учитывающим горение пороха в изменяющемся объеме, а во втором периоде величина давления газов и скорости снаряда определяется по формулам свободного расширения газов.

Эти два периода входят в раздел баллистики, называемый пиродинамикой.

Пиродинамика – раздел баллистики, изучающий законы газообразования и возникновения движения снаряда с учетом охлаждения газов и совершения механических работ.

Период последействия изучается разделом внутренней баллистики – газодинамикой.

Газодинамика изучает явления, связанные с движением и истечением газов в период последействия, а также истечения их через сопло реактивных снарядов, через отверстия дульных тормозов и пр.

За время движения по стволу пуля приобретает поступательное и вращательное движение. Вращение необходимо для придания устойчивости пуле на траектории, а поступательное движение – для сообщения ей определенного запаса энергии, чтобы доставить пулю к цели и произвести работу по ее поражению.

10.1.2. Начальная скорость пули. Отдача и угол вылета

Начальной скоростью пули называют скорость ее движения у дульного среза ствола. По своей величине, как показано на рисунке 10.3, начальная скорость больше дульной и меньше максимальной. Она необходима для того, чтобы привязать систему координат внешней баллистики к середине дульного среза ствола. Начальная скорость является одной из важнейших баллистических характеристик оружия.



Рис. 10.3. Начальная скорость полета пули

Чем больше начальная скорость полета пули, тем больше пробивное и убойное действие пули, меньше влияние ветра и движения цели на вероятность попадания, выше вероятность попадания в цель.

Величина начальной скорости зависит от:

длины канала ствола, с увеличением которого до определенных пределов начальная скорость увеличивается, т.к. пуля большее вре-

мя подвергается действию давления пороховых газов;

веса пули; одинаковое давление газов в стволе оружия придает пуле меньшей массы большее ускорение;

веса порохового заряда, с увеличением которого при одном и том же весе пули начальная скорость увеличивается;

качественного состояния пороха (его температуры, влажности, формы и размера зерен пороха). При повышении влажности пороха на 1 % начальная скорость падает на 15 %. С увеличением температуры заряда начальная скорость пули увеличивается, т.к. при этом увеличивается скорость горения пороха и быстрее возрастает давление пороховых газов на пулю, а, следовательно, быстрее растет скорость движения пули в канале ствола. При изменении температуры заряда на 10 %, изменяется начальная скорость пули на 1 %, а давление в канале ствола изменяется на 4 %;

плотности заряжания.

Плотностью заряжания называется отношение веса заряда к объему гильзы при вставленной пуле (каморы сгорания заряда). При глубокой посадке пули значительно увеличивается плотность заряжания, что может привести при выстреле к резкому скачку давления и вследствие этого к разрыву ствола, поэтому такие, патроны нельзя использовать для стрельбы. При увеличении плотности заряжания образовавшиеся газы создают большее давление, благодаря чему скорость горения пороха увеличивается.

Запас энергии, который будет иметь снаряд при вылете из ствола, называют *дульной энергией.*

Она характеризует дальнобойность оружия и поражающее действие пули и расходуется на совершение работы по преодолению силы сопротивления воздуха и на поражение цели. Дульная энергия зависит от начальной скорости и массы пули, причем с падением скорости резко уменьшается запас энергии, которым обладает пуля. Для того чтобы поразить человека пуля должна обладать запасом энергии порядка 8 кгм[1], пробить легкую броню крупнокалиберной пулей – 1000–1200 кгм. *Например: пуля промежуточного патрона*

[1] Килограммометр – работа, производимая силой в 1 килограмм при перемещении точки ее приложения на 1 м по направлению этой силы.

калибра 7,62-мм имеет дульную энергию 140 кгм. Этого запаса хватает для того, чтобы убить человека на дистанции 1350 м; 14,5 мм пуля Б-32, обладая дульной энергией 2910 кгм, пробивает 20 мм броню на дистанции 800 м.

Раскаленные пороховые газы, истекающие из ствола вслед за снарядом, при встрече с воздухом вызывают ***ударную волну***, которая является источником звука выстрела.

Смешивание раскаленных пороховых газов с кислородом воздуха вызывает вспышку, наблюдаемую как пламя выстрела. Звук выстрела, порождаемый дульной волной – основная составляющая «шумности» любого огнестрельного оружия (объясняется высокими давлением и температурой пороховых газов у дульного среза, намного превосходящими давление и температуру окружающего воздуха).

Быстрое расширение пороховых газов после вылета из ствола, сменяющееся разрежением, в силу упругости воздуха создает дульную ударную волну и сопровождается резким и громким звуком, распространяющимся по всем направлениям. Особенно резок звук выстрела в начальной фазе возбуждения дульной волны.

Изучая движение замкнутой системы оружие – заряд – пуля, можно определить, что при выстреле возникает явление отдачи, когда начинают двигаться не только пуля, но и оружие в сторону, противоположную движению пули, как показано на рисунке 10.4.



Рис. 10.4. Явление отдачи

Движение оружия или его откатных частей назад под действием давления пороховых газов во время выстрела называют **отдачей**.

При обращении с легким стрелковым оружием отдача воспринимается рукой или через приклад плечом стрелка, при стрельбе из БМП, БТР, танков – гасится за счет массы машины и специальных

противооткатных устройств, в артиллерии часть силы отдачи станинами передается на землю. Она зависит от площади поперечного сечения канала ствола и давления поровых газов в канале ствола и может развить скорость обратно пропорциональную массам оружия и пули.

Скорость отдачи оружия примерно во столько раз меньше начальной скорости пули, во сколько раз пуля легче оружия. *Энергия отдачи* у ручного стрелкового оружия обычно не превышает 2 кгм и воспринимается стреляющим безболезненно.

Тем не менее, отдача вредное явление. Она утомляет стрелка, увеличивает рассеивание снарядов.

Снизить отдачу возможно уменьшением веса заряда за счет применения порохов, обладающих большей силой, но так, чтобы это не приводило к уменьшению начальной скорости. Другим направлением борьбы с отдачей является усложнение конструкции оружия за счет:

применения дульных тормозов. *Дульный тормоз представляет собой специальное приспособление на дульной части ствола, действуя на которое, пороховые газы после вылета снаряда уменьшают скорость отдачи оружия. В русской артиллерии дульный тормоз впервые был применен в 1862 году для трехпудовой бомбовой пушки обр. 1838 г. Устройство его было простое. В стенке ствола вблизи дульного среза было восемь окон, наклоненных к оси ствола под углом 45°;*

создания противооткатных устройств;

создания безоткатных систем оружия.

Конструкторы при создании оружия иногда используют энергию отдачи для обеспечения работы автоматики оружия (ПМ, ПЯ, КПВТ, АГС-17 и пр.). Поэтому энергия отдачи при выстреле из такого оружия меньше, чем при стрельбе из неавтоматического оружия или из автоматического оружия, устройство которого основано на принципе использования энергии пороховых газов, отводимых через отверстие в стенке ствола.

Направление силы давления пороховых газов (силы отдачи) и силы сопротивления ей обычно не совпадают. Они образуют пару сил, под действием которой дульная часть ствола оружия отклоняется кверху. Кроме того, при выстреле ствол оружия совершает ко-

лебательные движения – *вибрирует*. В результате вибрации дульная часть ствола в момент вылета пули может также отклониться от первоначального положения в любую сторону (вверх, вниз, вправо, влево).

У автоматического оружия, имеющего газоотводное отверстие в стволе, в результате давления газов на переднюю стенку газовой каморы дульная часть ствола оружия при выстреле несколько отклоняется в сторону, противоположную расположению газоотводного отверстия.

Сочетание влияния вибрации ствола, отдачи оружия и других причин приводит к образованию угла между направлением оси канала ствола до выстрела и ее направлением в момент вылета пули из канала ствола. Т.е. угол между направлением оси канала ствола до выстрела и ее направлением в момент вылета пули из канала ствола, образованный в результате вибрации ствола, отдачи оружия и других причин называется **углом вылета.**

Угол вылета считается ***положительным***, когда ось канала ствола в момент вылета пули выше ее положения до выстрела, и считается ***отрицательным,*** когда она ниже.

При решении огневой задачи важно уяснить значение правильной и однообразной прикладки оружия.

Если поднять приклад на плече, момент сил увеличивается и пули пойдут ниже центра цели. При опускании приклада вниз пули попадут в цель выше, чем обычно. Угол вылета автоматически учитывается при приведении оружия к нормальному бою.

При стрельбе из автоматического оружия при помощи специальных устройств – **компенсаторов,** можно стабилизировать положение ствола при автоматической стрельбе. Компенсатор, представленный на рисунке 10.5, приближает ствол к первоначальному положению для последующего выстрела, повышая тем самым кучность стрельбы.

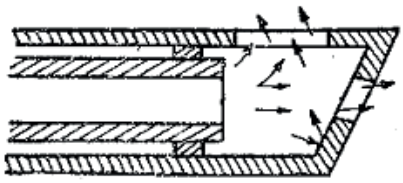


Рис. 10.5. Компенсатор

Однако при стрельбе из стрелкового оружия правильность изготовки существенно сказывается на разнообразии углов вылета пули. У обученного стрел-

ка, имеющего однообразные от выстрела к выстрелу углы вылета, отсутствует их вредное влияние на результаты стрельбы. У слабо обученного стрелка не однообразная прикладка резко увеличивает рассеивание пуль и снижает эффективность стрельбы.

10.1.3. Прочность ствола. Действия пороховых газов на ствол и меры по его сбережению

При выстреле внутри ствола, продольный разрез которого представлен на рисунке 10.6, развивается высокое давление. Поэтому стенки ствола должны быть достаточно прочными.

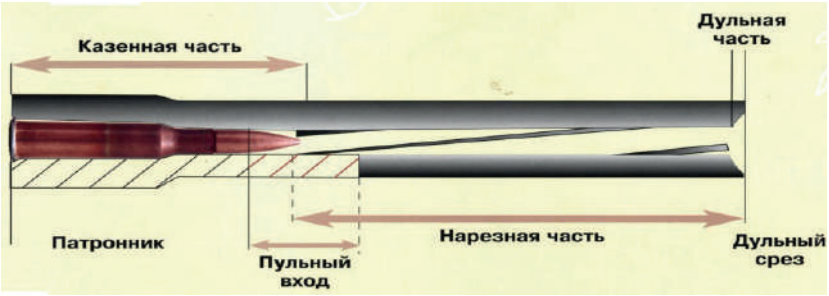


Рис. 10.6. Продольный разрез ствола

Прочностью ствола называется способность его стенок выдерживать определенные давления без остаточной деформации.

Нет смысла весь ствол рассчитывать на максимальное давление газов, так как по мере продвижения снаряда вперед давление падает. Поэтому толщина стенок (см. рис. 10.6) делается наибольшей вблизи казенного среза ствола, постепенно уменьшаясь в дульной его части. В каждом сечении стенки ствола изготавливаются с запасом прочности, позволяющей выдерживать давление в 1,3–1,5 раза больше, чем давление, возникающее при выстреле на случай отклонения графика изменения давления в зависимости от различных условий.

Тем не менее при эксплуатации оружия по вине стрелка могут возникнуть условия, при которых давление превзойдет рассчитанный запас прочности. В этом случае произойдет раздутие или разрушение ствола. В большинстве случае раздутие ствола, как показано

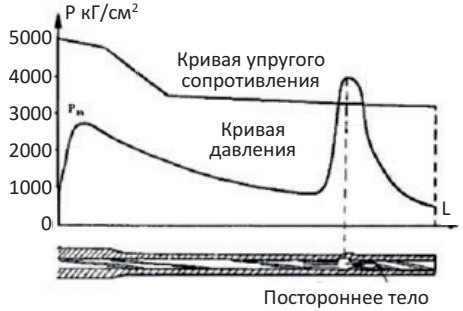


Рис. 10.7. Раздутие ствола

на рисунке 10.7, получается от попадания в канал посторонних предметов.

Оружие, имеющее раздутие ствола, непригодно к стрельбе. Для предупреждения раздутия или разрыва ствола перед стрельбой необходимо тщательно протирать и осматривать канал ствола, не допускать затыкания его ветошью в сырую погоду.

Высокое давление, возникающее в канале ствола при выстреле, требует полной надежности запирания его затвором, что обеспечивается определенной конструкцией оружия. Поэтому при стрельбе необходимо тщательно следить за работой узла запирания, так как случайный выстрел при не полностью закрытом затворе приводит к тяжелым последствиям.

При длительной эксплуатации оружия, а также при недостаточно тщательной подготовке его к стрельбе может образоваться увеличенный зазор между зеркалом затвора и стволом. При выстреле этот зазор позволяет гильзе двигаться назад. Но стенки гильзы, расширившись под давлением газов, плотно прижаты к патроннику. Возникшие при этом силы трения препятствуют движению гильзы; гильза растягивается и, если зазор велик, рвется. Происходит так называемый поперечный разрыв гильз.

Для того чтобы избежать разрывов гильз, необходимо при подготовке оружия к стрельбе проверять величину зазора, содержать патронник в чистоте и не применять для стрельбы загрязненные патроны, что может вызвать увеличение сил сцепления стенок гильз с патронником. Предотвращению поперечных разрывов гильз способствует протирание патронника и легкая смазка гильз ружейным маслом.

В процессе стрельбы ствол изнашивается. Под ***износом*** понимается разрушение и вынос металла с поверхности канала ствола под действием причин *механического*, *теплового* и *химического* характера.

К причинам ***механического*** характера, вызывающих износ ствола оружия, кроме упругих деформаций, следует отнести трение и вымывание металла струей раскаленных газов. Это вызывает изменение диаметра канала по нарезам и по полям, как показано на рисунке 10.8, а также изменение профиля нарезки.

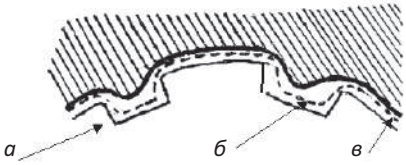


Рис. 10.8. Изменение диаметра и профиля нарезки канала ствола после большого числа выстрелов: а) новый ствол, б) до предельного числа выстрелов, в) после большего числа выстрелов

Наибольшую нагрузку трения испытывают боевые грани нарезов, которые заставляют вращаться снаряд с определенной угловой скоростью и поля нарезов. Увеличение числа нарезов позволяет уменьшить удельное давление пули на боевую грань и увеличить срок службы ствола.

Износ стенок ствола может проходить не только при стрельбе, но и при неправильной чистке оружия.

Высокая ***температура*** газов неравномерно прогревает металл стенок. Вследствие кратковременности процесса выстрела, наиболее сильно нагревается тонкий слой металла внутри ствола. Стремясь расшириться, этот слой встречает противодействие менее нагретой массы металла. Остывание внутренних стенок ствола происходит так же более быстро. Такое попеременное расширение и сжатие в сочетании с перекалом тонкого слоя металла вызывает образование сетки микротрещин, которая ускоряет износ ствола и ведет к образованию сколов хрома. Частицы отколовшегося металла выносятся из канала ствола.

При стрельбе из автоматического оружия вследствие большого количества выстрелов в короткий промежуток времени ствол может нагреться до высоких температур. Температура порядка 680–700 °С делает ствольную сталь настолько мягкой, что может произойти сглаживание полей нарезов и увеличение калибра ствола под действием пули, диаметр которой несколько больше калибра ствола.

Для повышения эффективности оружия некоторые образцы изготавливают со съемными стволами. В этом случае в комплекте к

ним придается запасной ствол. Своевременная замена ствола позволяет вести огонь в высоком темпе, что важно в напряженные моменты боя.

В продуктах разложения порохового заряда при выстреле имеется много активных веществ, которые в условиях высоких температур и давлений ускоряют разрушение внутренних поверхностей ствола. Наличие окиси углерода и азота в продуктах разложения порохового заряда вызывает цементацию и нитрирование стенок ствола, придающие поверхностному слою большую хрупкость. В результате причин ***химического*** характера в канале ствола образуется нагар, который оказывает большое влияние на износ канала ствола. Количество нагара в стволе зависит от числа выстрелов и качественного состояния ствола. Чем больше произведено выстрелов и чем хуже состояние ствола, тем больше в нем остается нагара.

Например: после ста выстрелов из стрелкового оружия в стволе, не пораженном сыпью[4], остается около 0,06 г нагара; в стволе, пораженном сыпью и раковинами – 0,22 г, т. е. почти в 4 раза больше.

Образующийся при стрельбе нагар, состоит из растворимых и нерастворимых веществ, которые вызывают коррозию канала ствола, как показано на рисунке 10.9.

Растворимые вещества – соли, образующиеся при взрыве ударного состава капсюля. Наиболее вредной примесью растворимых солей нагара является хлористый калий. Эта соль плавится при температуре 768°С и обращается в пар при 1415°С.

Во время выстрела, когда температура достигает 2800°С, хлористый калий в виде пара находится в пороховых газах. Соприкасаясь с холодными стенками ствола, пары хлористого калия конденсируются и в виде расплавленной соли или мелких кристалликов покрывают поверхность ствола. При этом стальная поверхность канала ствола нагревается и частички хлористого калия приплавляются к ней, образуя блестящий, стекловидный слой.

Калиевые соли пропитывают все остальные частицы рыхлого нагара, как бы цементируют их, превращая из легко удаляемой массы в твердое, трудно сдираемое вещество, плотно приклеившееся к поверхности металла.

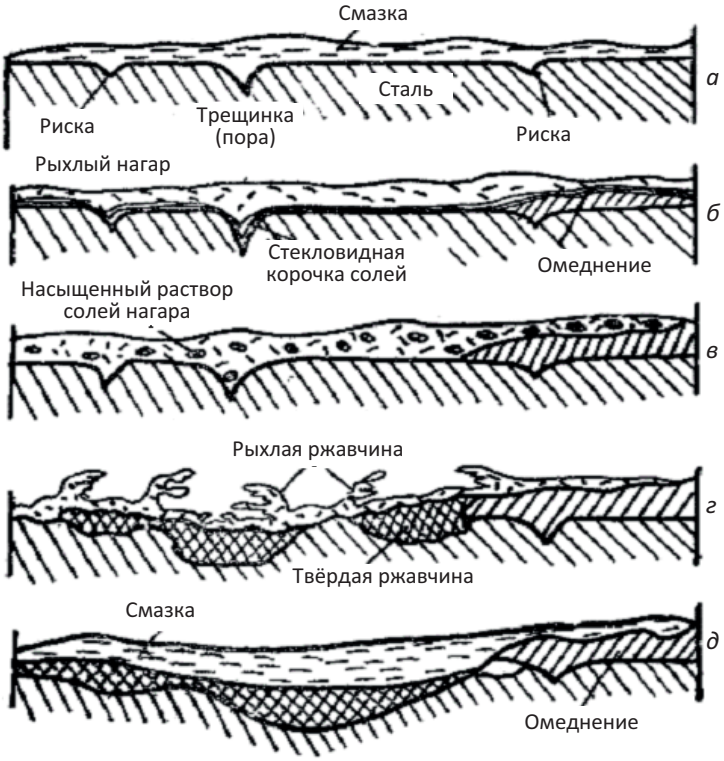


Рис. 10.9. Схема коррозии канала ствола винтовки, не вычищенной после стрельбы: а – до выстрела; б – после нескольких выстрелов; в – после отпотевания; г – после ржавления; д – после чистки ствола

Содержащиеся в нагаре соли легко впитывают влагу из атмосферного воздуха и превращаются в насыщенные растворы солей, вызывающие усиленное ржавление металла, особенно в местах трещин и сколов. (Напомним, что один литр воздуха, считающегося сухим, при температуре 20°С содержит около 10 миллиграммов воды).

Нерастворимые вещества (зола, образовавшаяся при сгорании порохового заряда; томпак, сорванный с оболочки пули; медь, латунь, оплавленные из гильзы; свинец, выплавленный из дна пули; железо, оплавленное из ствола и сорванное с пули, и т. п.) в присутствии солей усиливают ржавление.

До выстрела (см. рис. 10.9, а) поверхность канала ствола со всеми ее рисками, порами, трещинами покрыта тонким слоем смазки.

После нескольких выстрелов смазка сгорает, поверхность канала ствола покрывается рыхлым слоем нагара, под которым к металлу приплавилась стекловидная корочка солей (см. рис. 10.9, б). На отдельных местах поверхности канала приплавливаются частицы меди, сорванные с оболочки пули.

После окончания стрельбы ствол остывает и происходит отпотевание металла, при котором соли нагара поглощают влагу из воздуха и образуется их насыщенный раствор (см. рис. 10.9, в). Так создаются благоприятные условия для ржавления (см. рис. 10.9, г).

На поверхности канала ствола, особенно в местах углублений и трещин, образуются раковины, которые быстро увеличиваются в своих размерах.

Особенно быстро образуются раковины в непосредственной близости от омедненных участков (см. рис. 10.9, д), так как медь и сталь, покрытые солями нагара, как электролитом, образуют гальванический элемент, где быстро разрушающимся отрицательным полюсом является сталь.

Таким образом, износ внутренних стенок ствола является результатом действия многих причин и зависит как от химического и термического воздействия пороховых газов, так и от причин механического характера.

Если после стрельбы не удалить весь пороховой нагар, то канал ствола в течение короткого времени в местах скола хрома покроется ржавчиной, после удаления которой остаются следы. При повторении таких случаев степень поражения ствола будет повышаться и может дойти до появления раковин, т. е. значительных углублений в стенках канала ствола.

Все эти причины вызывают изменение поверхности канала ствола и приводят к его расширению, особенно у дульного среза и у пульного входа, что ухудшает центрирование снаряда в стволе. Это приводит к значительному увеличению рассеивания, неправильности полета снаряда и уменьшению дальности стрельбы, сокращая общий срок службы ствола.

Основными признаками, по которым в практике можно судить о непригодности стволов, являются следующие.

Для артиллерийских стволов – падение начальной скорости более, чем на 5–7 % по сравнению с табличной. Падение начальной скорости в войсковых условиях определяется по удлинению зарядной каморы для раздельного заряжания способами, описанными в Руководствах службы.

Для стрелкового оружия – увеличение рассеивания пуль до 2,5 раз по сравнению с табличным или появление срывов пуль с нарезов (свыше 50%), которые устанавливаются наличием на мишени овальных пробоин. При увеличении рассеивания пуль до указанных величин считают, что ствол потерял свою *живучесть.* Такие стволы выбраковываются, а оружие переводится в учебное.

Живучестью ствола называется максимальное количество выстрелов, которое можно произвести из данного ствола до потери им баллистических качеств, соблюдая режим огня.

Режимом огня называется наибольшее количество выстрелов, которое может быть произведено за определенный промежуток времени без ущерба для материальной части оружия, безопасности и без ухудшения результатов стрельбы. Каждый вид оружия имеет свой режим огня.

Увеличение живучести ствола ведется по двум направлениям.

Первое направление – **технологическое**, которое предполагает:

применение высококачественного металла для изготовления стволов (легированных сталей);

тщательную обработку внутренних поверхностей;

хромирование канала ствола для повышения твердости его поверхности;

применение порохов с возможно меньшей температурой горения;

применением неоржавляющего капсюльного состава и ряд других мер.

Второе направление – **эксплуатационное,** которое предполагает своевременный и качественный уход за стволом перед стрельбой, после стрельбы и в процессе хранения в соответствии с требованиями наставлений.

Так как живучесть ствола сильно снижается при повышении температуры, необходимо принимать меры по уменьшению нагрева стволов во время стрельбы (без особой надобности, не вызванной обстановкой боя, не следует вести излишне интенсивную стрельбу).

На температуру и давление пороховых газов при выстреле сильно влияет температура заряда.

С повышением температуры заряда (происходит, например, при хранении боеприпасов на огневой позиции на солнцепеке) скорость горения заряда, наибольшее давление и температура газов в канале ствола увеличиваются, следовательно, ускоряются разгар и износ канала ствола. Этим объясняется требование к хранению патронов стрелкового оружия и зарядов артиллерийских выстрелов на позициях в тени, в нишах, под брезентом и т. п.

Перед каждой стрельбой канал ствола следует тщательно протереть, удалив из него загустевшую смазку, пыль и посторонние предметы.

Нужно также следить, чтобы канал ствола не загрязнялся от боеприпасов, для чего их перед заряжанием необходимо обтереть от смазки и тщательно осмотреть.

Правила чистки оружия заключаются в следующем:

оружие необходимо чистить немедленно после стрельбы, по возможности на самом стрельбище;

весь нагар необходимо удалять при первой же чистке;

оружие следует чистить вторично для удаления нагара, который мог остаться в стволе, если первая чистка производилась в недостаточно удобных условиях (на стрельбище). Вторичная чистка производится немедленно по возвращении в места постоянной дислокации;

для стрелкового оружия, если ствол отпотел при внесении его после стрельбы с холода в теплое помещение, чистка производится немедленно, чтобы не дать оружию согреться, а капелькам росы высохнуть;

после чистки ствол протирается насухо и затем слегка смазывается.

При правильном уходе за стволом можно избежать ржавления и, следовательно, образования сыпи и раковин. Правильный уход за оружием позволяет значительно повысить срок службы ствола.

Живучесть стволов стрелкового оружия малого и основного калибров достигает 10–12 тысяч выстрелов, а хромированного – до 30 тысяч выстрелов.

Стволы крупнокалиберных пулеметов, где при выстреле максимальное давление достигает 3050 кг/см^2 имеют меньшую жи-

вучесть – 5–7 тыс. выстрелов. Например, у 14,5-мм крупнокалиберного пулемета уже после 1000 выстрелов начальная скорость падает.

Отсюда становится понятной важность строгого соблюдения режима огня, своевременной смены нагретых стволов и учета по формулярам общего числа выстрелов.

10.2. Сведения из внешней баллистики

Внешняя баллистика – это артиллерийско-техническая наука, изучающая движение пули (снаряда, гранаты) после прекращения действия на нее пороховых газов.

Основной задачей внешней баллистики является решение вопроса о том, с какой начальной скоростью, под каким углом возвышения, какой формы нужно бросить пулю (снаряд, гранату), чтобы она достигла данной точки поверхности земли или пространства.

В настоящее время эта задача решена достаточно полно и на основе ее решения рассчитаны все таблицы стрельбы и шкалы прицельных приспособлений.

Помимо основной задачи внешняя баллистика решает ряд других задач, связанных со стрельбой:

учет влияния метеорологических условий на полет пули (гранаты) и составление поправочных таблиц, так называемая теория поправок. Практические выводы по этой теории учитывают: выбирая исходные установки для стрельбы (прицел, точку прицеливания) и определяя поправки на ветер, движение цели, температуру воздуха и заряда, атмосферное давление, угол места цели;

исследование полета вращающегося продолговатого снаряда (пули, гранаты), так называемая теория вращательного движения. Практические выводы учитывают, определяя величину деривации пуль (снарядов, гранат);

исследование изменения сопротивления воздуха в зависимости от формы пули (гранаты) и их начальной скорости. Практические выводы учитывают при конструировании боеприпасов и оружия.

В практической деятельности, связанной с применением оружия на поле боя, пользуются выводами внешней баллистики. *Выби-*

рая исходные установки угломера, прицела и уровня для стрельбы из орудий и минометов, из стрелкового оружия, выбирая прицел и точку прицеливания, внося поправки в установку прицела и целика на ветер, температуру и другие условия стрельбы, определяя упреждение при стрельбе по движущимся целям, пользуются таблицами, которые дает внешняя баллистика.

Организуя систему огня, определяя, где можно поразить противника огнем стрелкового оружия, где пушечной артиллерией, а где огнем гранатометов, гаубиц и минометов, пользуются знаниями свойств траекторий данных видов оружия. Данные знания дает внешняя баллистика.

При всех действиях на поле боя, связанных с построением боевого порядка, маневром подразделений и т.д., всегда учитывают огневые средства противника, избегая возможности одновременного поражения наших подразделений настильным и навесным огнем, учитывая наличие мертвых пространств и возможность использования различных укрытий и т. п. Эти сведения также дает внешняя баллистика.

10.2.1. Траектория и ее элементы. Форма траектории и ее практическое значение. Виды траекторий

Для изучения сил внешняя баллистика сначала рассматривает движение снаряда без учета силы сопротивления воздуха под действием только силы тяжести (параболическая теория).

При рассмотрении полета пули (гранаты) в безвоздушном пространстве и в случае, когда нет силы тяжести необходимо отметить, что пуля (граната) в этом случае будет сохранять равномерное и прямолинейное движение до бесконечности (согласно 1 закону Ньютона).

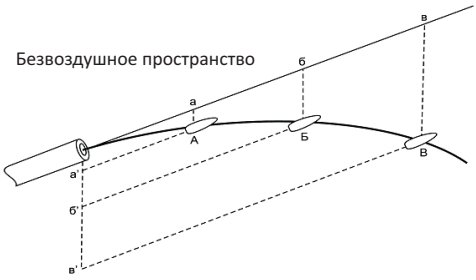


Рис. 10.10. Полет пули в безвоздушном пространстве

Однако и в безвоздушном пространстве на пулю (снаряд, гранату) действует сила тяжести, изменяя характер ее полета, как показано на рисунке 10.10.

Действие силы тяжести не зависит от начальной скорости пули (гранаты). Поэтому пуля (граната), выпущенная под определенным углом к горизонту оружия, будет иметь понижение под линией бросания вследствие закона всемирного тяготения и опишет кривую.

При стрельбе в воздухе пуля (граната) при полете подвергается, как показано на рисунке 10.11, действию двух сил: силы тяжести и силы сопротивления воздуха. Сила тяжести заставляет пулю (снаряд, гранату) постепенно понижаться, а сила сопротивления воздуха непрерывно замедляет движение пули (гранаты) и стремится опрокинуть ее.

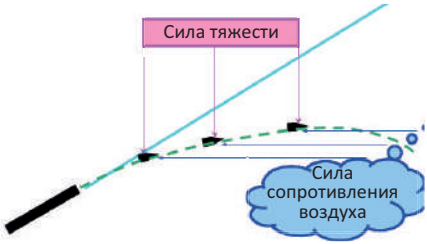


Рис. 10.11. Силы, действующие на пулю в воздухе

Силы, действующие на пулю при ее полете в воздухе, формируют траекторию. В результате действия этих сил скорость полета пули (гранаты) постепенно уменьшается, а ее траектория представляет собой по форме неравномерно изогнутую кривую линию.

Траектория – это линия, описываемая центром тяжести пули при ее полете.

Сила сопротивления воздуха больше силы тяжести и является одним из главных факторов, препятствующих достижению больших дальностей стрельб.

Например, дальность полета пули в безвоздушном пространстве при угле бросания 15° и начальной скорости 825 м/с, независимо от ее размеров и формы, была бы равна 68550 м; дальность полета пули обр. 1908 г. при тех же условия, но при наличии сопротивления воздуха равна 3825 м.

Эта разница тем больше, чем меньше вес пули (гранаты) и больше скорость ее полета. Сила сопротивления воздуха резко снижает дальность полета пули (гранаты). Она вызывается тремя основными причинами:

трением воздуха;

отрывом пограничного слоя с образованием завихрений;

образованием баллистической волны.

Каждая из этих причин проявляется в результате давления воздуха на снаряд или возникновения сил трения, как показано на рисунке 10.12.

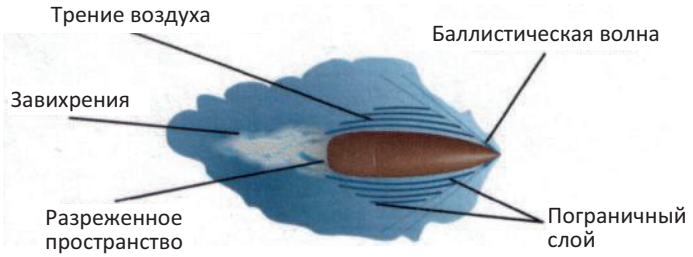


Рис. 10.12. Образование силы сопротивления воздуха

Частицы воздуха, соприкасающиеся с движущейся пулей (снарядом, гранатой), вследствие внутреннего сцепления с поверхностью пули (гранаты) создают трение воздуха. Возникающая сила трения воздуха уменьшает скорость полета пули (гранаты), так как пуля (граната), двигаясь сама, приводит в движение значительное количество частиц воздуха, цепляющихся друг за друга, и тратит на это часть своей энергии.

Большое значение для дальности полета имеет состояние поверхности пули (гранаты): шероховатость, загрязненность, наличие смазки. Частицы воздуха, непосредственно примыкающие к снаряду, вследствие сцепления с его поверхностью, движутся со скоростью снаряда. Следующий слой частиц воздуха в результате внутреннего сцепления также приходит в движение, но уже с несколько меньшей скоростью. Движение этого слоя передается следующему, и так до тех пор, пока разность скоростей частиц не станет равной нулю. Образуется так называемый **пограничный** слой (см. рис. 10.12). Этот слой воздуха, обтекая пулю, достигнув донного среза, отрывается от него и не успевает сразу сомкнуться за донной частью. За донной частью пули образуется разреженное пространство, куда засасываются частицы воздуха из пограничного слоя.

Струи воздуха, от разорванного пограничного слоя и, особенно, за донной частью, стремясь заполнить зону разряжения, образуют сильные турбулентные завихрения (см. рис. 10.12). В связи с этим

давление за донной частью ниже атмосферного, и пуле (снаряду) приходится преодолевать эти разности давлений.

При движении пуль со скоростью меньшей скорости звука образование завихрения является главной причиной сопротивления воздуха. В этом случае на характер завихрений влияет форма хвостовой части пули (гранаты). Наиболее выгодной формой пули является каплевидная форма.

Чем больше скорость пули (гранаты) и чем менее совершенна ее форма, тем больше перепад давления на головной и донной частях и тем на большей части ее нарушается пограничный слой, что в результате существенно уменьшает скорость ее полета.

При всяком колебании и движении тел в воздухе создаются бесконечно малые уплотнения, которые распространяются со скоростью звука. При скорости снаряда, равной скорости звука, эти уплотнения накладываются одно на другое у головной части, создавая уже значительно плотный слой. Еще более плотным оказывается слой воздуха, когда скорость пули (снаряда) становится большей скорости звука, и пуля (снаряд) должна как бы «разрывать» уже образовавшуюся волну сгущения. Пока сила действия пули (гранаты, снаряда), меньше силы внутреннего сцепления частиц воздуха, эти частицы не раздвигаются, а двигаются впереди пули (гранаты), уплотняя, сжимая впереди лежащие слои воздуха.

Образуется **баллистическая волна** непосредственно у вершины пули (гранаты). Давление во фронте баллистической волны может достигать 5–10 кг/см^2.

Таким образом, баллистическая волна представляет собой скачок уплотнений у головной части, а, следовательно, имеет место скачок давления. Образование баллистической волны является основным фактором, вызывающим сопротивление воздуха пуле (гранате) движущейся со скоростью, большей скорости звука[1], что необходимо учитывать при организации системы огня.

[1] Снаряды калибром от 50 мм и выше с высокими начальными скоростями, пролетая в 3 метрах от человека, могут привести, за счет резкого скачка давления, к контузии, а ближе 3 метров – к смертельному исходу. Поэтому величину 3 метра называют медицинским запасом и учитывают при организации огня из-за флангов, в промежутки и поверх своих подразделений. При проведении учений в мирное время, стрельба поверх своих войск запрещена.

Вследствие упругости, сталкиваясь с пулей (снарядом, гранатой) частицы воздуха испытывают колебания. Если частота этих колебаний находится в пределах 20–20000 колебаний в секунду, мы воспринимаем их как звук. Поэтому полет пули (гранаты) в воздухе сопровождается характерным «свистящим» звуком.

С увеличением скорости движения пули (гранаты), при всех прочих равных условиях, увеличивается сила сопротивления воздуха.

При скорости пуль (снарядов, гранат) больше 350 м/сек основная энергия расходуется на преодоление баллистической волны.

Стремление увеличить дальность и меткость стрельбы потребовало придать пули такую форму, которая позволяла бы ей как можно дольше сохранить скорость и устойчивость в полете. Исследования приводят к следующему выводу, что пуля (граната) должна быть продолговатой (длина в несколько раз больше поперечного сечения), цилиндрической формы, с заостренной головной частью и скошенной хвостовой частью – в виде усеченного конуса.

Впервые обратил внимание на важность заострения головной части пули Г.В. Киснемский, который в 1895 году предложил заостренную пулю.

Наиболее выгодными в отношении уменьшения сил сопротивления воздуха являются снаряды, имеющие очертание головной части по так называемой кривой наименьшего сопротивления. Очертание головной части современных снарядов и пуль приближается к этой кривой.

Тупоконечная форма пули удобна для перезарядки оружия и обладает большей останавливающей способностью[1] по сравнению с остроконечной пулей, что немаловажно при скорострельности и поражения целей на коротких расстояниях.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что:

под действием силы тяжести пуля (граната) стремится к поверхности земли;

[1] Останавливающее действие (останавливающая способность) – характеристика пули, определяющая усредненную степень потери противником способности к совершению враждебных действий после попадания в него пули.

сопротивление воздуха тормозит движение пули, постепенно снижая ее скорость, тем самым значительно сокращает дальность ее полета;

в результате силы тяжести и силы сопротивления воздуха центр тяжести пули (гранаты) движется по кривой линии, которая по своим свойствам близка к параболе.

Стабилизация полета снаряда понимается как решение следующих двух задач:

придание снаряду такой устойчивости, чтобы он не опрокидывался в воздухе;

достижение такого полета, при котором бы снаряд «следил» осью за траекторией.

Известно, что тело приобретает значительную устойчивость, если ему придать быстрое вращательное движение вокруг своей оси.

Всякое симметричное твердое тело, быстро вращающееся вокруг своей оси, называется гироскопом. Примером устойчивости вращающегося тела – гироскопа, может служить игрушка «волчок».

Способность вращающихся тел сохранять положение оси велика и тем больше, чем больше скорость вращения.

Для того чтобы пуля не опрокидывалась под действием силы сопротивления воздуха, ей придают быстрое вращательное движение с помощью нарезов в канале ствола. Для стабилизации полета пули скорость вращения должна быть тем больше, чем меньше ее масса.

Например, при выстреле АК-74 скорость вращения пули в момент вылета из канала ствола равна около 3000 об/с.

Однако ось пули не остается на одном месте. При движении на снаряд начнет действовать опрокидывающий момент.

Пусть в первый момент снаряд отклонится головной частью вверх. Тогда воздух будет давить на его нижнюю часть. Снаряд вследствие свойств гироскопа не опрокинется, а отклонится головной частью вправо. Теперь воздух будет давить на левый бок снаряда, но снаряд повернется головной частью вниз, и воздух будет давить на верхнюю часть снаряда, в результате чего он отклонится влево.

Так как действие силы сопротивления воздуха непрерывно, то головная часть пули (гранаты) будет описывать окружность в сторону

вращения, а ось пули (гранаты) – конус с вершиной в центре тяжести, как показано на рисунке 10.13.

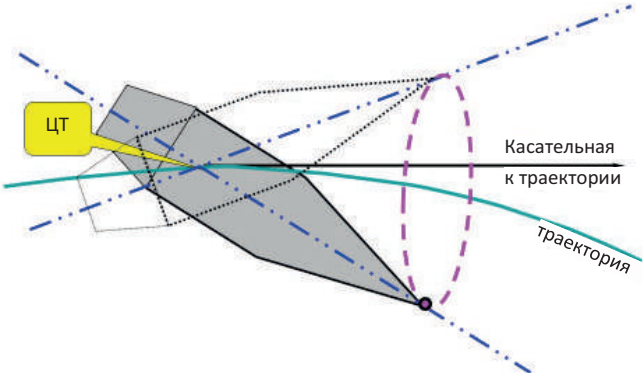


Рис. 10.13. Медленное коническое движение

Это вращение принято называть ***медленным коническим движением*** или ***прецессией***.

На криволинейном участке касательная к траектории все время понижается. Это приводит к тому, что пуля (снаряд) с набегающим потоком воздуха больше сталкивается нижней и левой частями, вследствие чего возникают некоторая подъемная сила и боковая составляющая, которые вызывают смещение центра тяжести всей пули (снаряда) вправо.

Смещение вращающейся пули (гранаты) при полете в воздухе в сторону вращения называется ***деривацией.***

Процесс деривации представлен на рисунке 10.14.

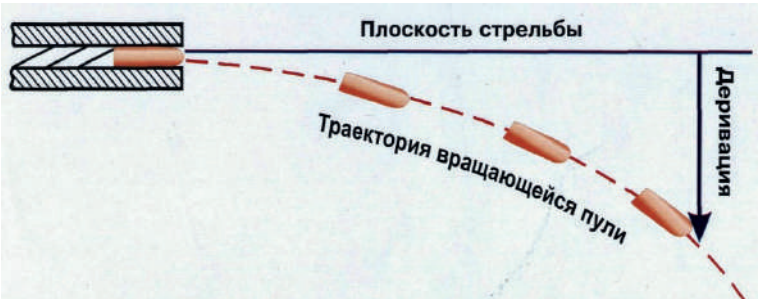


Рис. 10.14. Деривация (вид сверху)

Деривация – вредное явление, осложняющее стрельбу. Деривация искривляет траекторию полета пули (гранаты) в горизонтальной плоскости, а ее величина зависит от скорости вращения пули (гранаты). Однако величина деривации очень мала по сравнению с дальностью стрельбы и легко может быть учтена с помощью специальных таблиц.

В некоторых образцах вооружения деривация устраняется при помощи устройств, установленных в прицел. Они при установке прицела смещают мушку в противоположную сторону от угла деривации.

Так как внешняя баллистика изучает движение пули (гранаты) после прекращения действия на нее пороховых газов, а пуля (граната) в воздухе описывает кривую, названную **траекторией,** то внешняя баллистика непосредственно связана с изучением всех элементов этой траектории, представленной на рисунке 10.15.



Рис. 10.15. Элементы траектории

Для изучения траектории пули (гранаты) и ее элементов приняты следующие определения.

Ось канала ствола – геометрическая линия, проходящая через середину канала ствола.

Горизонт оружия – горизонтальная плоскость, проходящая через точку вылета (центр дульного среза канала ствола).

Точка вылета – центр дульного среза канала ствола оружия. Она является началом траектории.

Точка прицеливания (наводки) – точка на цели или вне ее, в которую наводится оружие.

Вершина траектории – наивысшая точка траектории.

Точка встречи – точка пересечения траектории с поверхностью цели (земли, преграды).

Точка падения – точка пересечения траектории с горизонтом оружия.

Полное время полета – время движения пули (гранаты) от точки вылета до точки падения.

Прицельная линия – прямая линия, соединяющая середину прорези прицела с вершиной мушки. Чем она больше, тем точнее бой оружия, лучше меткость стрельбы.

Линия прицеливания – прямая линия, проходящая от глаза стрелка через середину прорези прицела (на уровне с ее краями) и вершину мушки в точку прицеливания.

Линия бросания – прямая линия, являющаяся продолжением оси канала ствола оружия в момент вылета пули (гранаты).

Линия возвышения – прямая линия, являющаяся продолжением оси канала ствола наведенного в цель оружия.

Высота траектории – кратчайшее расстояние от вершины траектории до горизонта оружия.

Восходящая ветвь траектории – часть траектории от точки вылета до вершины.

Нисходящая ветвь траектории – часть траектории от вершины до точки падения.

Прицельная дальность – расстояние от точки вылета до пересечения траектории с линией прицеливания.

Полная горизонтальная дальность – расстояние от точки вылета до точки падения.

Превышение траектории над линией прицеливания – кратчайшее расстояние от любой точки траектории до линии прицеливания.

Линия цели – прямая, соединяющая точку вылета с целью.

Наклонная дальность – расстояние от точки вылета до цели по линии цели.

Угол прицеливания – угол, заключенный между линией прицеливания и линией возвышения.

Угол места цели – угол, заключенный между линией прицеливания и горизонтом оружия. Если цель выше горизонта оружия, то угол места цели – положительный, если ниже – отрицательный.

Угол бросания – угол, заключенный между линией бросания и горизонтом оружия.

Угол возвышения – угол, заключенный между линией возвышения и горизонтом оружия. При стрельбе сверху вниз возможны случаи, когда линия возвышения будет проходить ниже горизонта оружия. В этом случае это будет угол склонения.

Угол вылета – угол, заключенный между линией возвышения и линией бросания. Этот угол характеризует величину смещения оружия в момент выстрела вследствие отдачи оружия и вибрации ствола. Например, *величина табличного угла вылета: АК-74 – 4′; АКМ, РПК-74, НСВС-12,7 – -2′; ПК – 12′.*

Угол падения – угол, заключенный между касательной к траектории в точке падения и горизонтом оружия.

Угол встречи – угол, заключенный между касательной к траектории и касательной к поверхности цели (земли, преграды) в точке встречи. За угол встречи принимается меньший из смежных углов, измеряемый от 0° до 90°. Чем ближе угол встречи к 90°, тем больше пробивное и убойное действие пули (гранаты).

Траектория пули (снаряда, гранаты) ***в воздухе имеет следующие основные свойства***:

нисходящая ветвь короче и круче восходящей;

угол падения больше угла бросания;

окончательная скорость пули[1] (снаряда, гранаты) меньше начальной;

наименьшая скорость полета пули (гранаты) при стрельбе под большими углами бросания – на нисходящей ветви траектории, а при стрельбе под небольшими углами бросания – в точке падения;

время движения пули (гранаты) по восходящей ветви траектории меньше, чем по нисходящей;

траектория вращающейся продолговатой пули (снаряда) вследствие понижения пули (снаряда) под действием силы тяжести и деривации представляет собой линию двоякой кривизны.

[1] Окончательная скорость пули (гранаты) – скорость пули (гранаты) в точке падения.

Форма траектории зависит от величины угла возвышения.

С увеличением угла возвышения высота траектории и полная горизонтальная дальность полета пули (гранаты) увеличивается, но это происходит до определенного предела. За этим пределом высота траектории продолжает увеличиваться, а полная горизонтальная дальность начинает уменьшаться, как показано на рисунке 10.16.

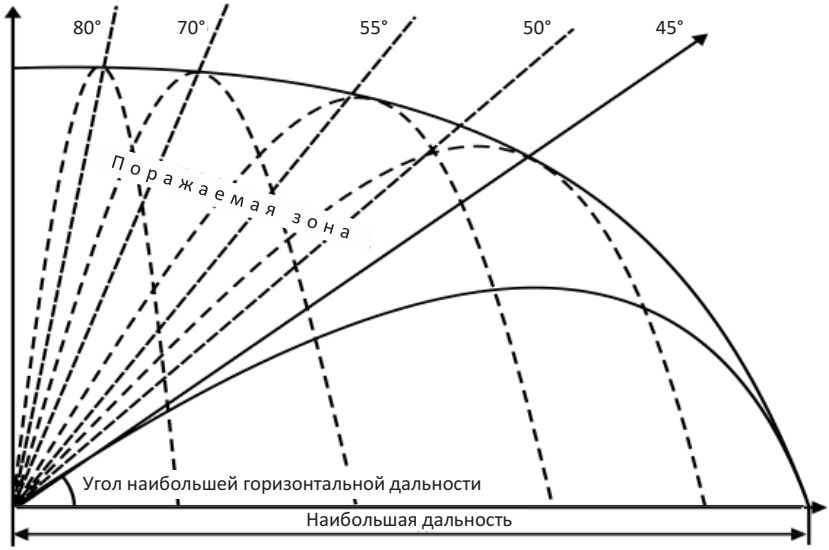


Рис. 10.16. Поражаемая зона и наибольшие горизонтальные и прицельные дальности при стрельбе под различными углами возвышения

Угол возвышения, при котором полная горизонтальная дальность полета пули (гранаты) становится наибольшей называется **углом наибольшей дальности** (см. рис. 10.16).

Величина этого угла отлична для различных пуль (снарядов, гранат) и зависит от их конструктивных особенностей и оружия. Например, для стрелкового оружия углы наибольшей горизонтальной дальности колеблются в пределах 30–35°, для минометов – 45°.

Угол наибольшей дальности позволяет разделить весь спектр траекторий на настильные и навесные, которые представлены на рисунке 10.17.

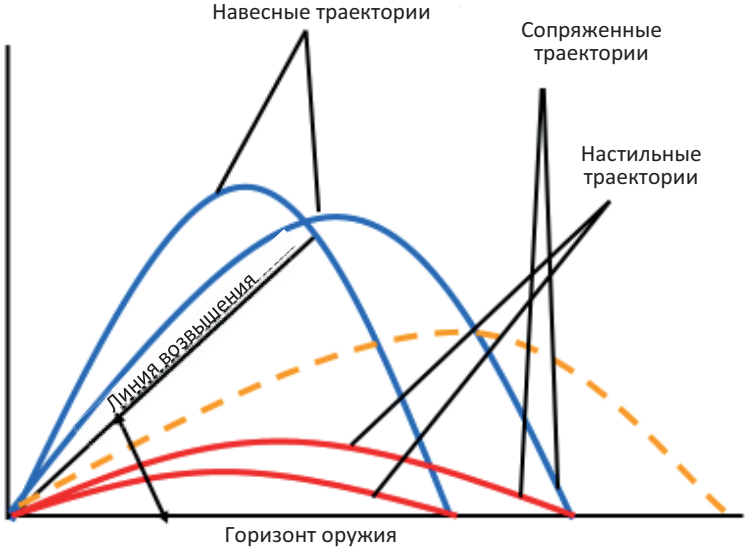


Рис. 10.17. Виды траекторий

Настильные траектории – траектории, получаемые при углах возвышения, меньших углов наибольшей дальности.

Навесные траектории – траектории, получаемые при углах возвышения, больших угла наибольшей дальности.

Сопряженные траектории – траектории, имеющие одинаковую горизонтальную дальность при разных углах возвышения, при ведении огня из одного и того же оружия.

Настильные траектории играют решающую роль при стрельбе по целям, выступающим над поверхностью земли. Чем настильнее траектория, тем на большем протяжении местности цель может быть поражена с одной установкой прицела (тем меньшее влияние на результаты стрельбы оказывают ошибки в определении установки прицела).

Настильность траектории характеризуется наибольшим ее превышением над линией прицеливания. При заданной дальности траектория тем более настильна, чем меньше она поднимается над линией прицеливания.

При стрельбе из стрелкового оружия и гранатометов используются только настильные траектории.

Навесные траектории дают хорошую возможность поражать цели за укрытиями и в глубоких складках местности, а также разрушать потолочные перекрытия сооружений. Применение навесных траекторий для поражения открыто расположенных и движущихся целей дает значительно меньший эффект (по сравнению с настильными траекториями), так как время полета снаряда по навесной траектории значительно больше времени полета снаряда на эту же дальность по настильной траектории.

Эти различные тактические свойства настильных и навесных траекторий нужно учитывать при организации системы огня.

Если бы траектория имела вид прямой линии, то не нужно было бы измерять расстояние до цели и устанавливать соответствующий прицел. Для того чтобы поразить цель, достаточно было бы совместить нулевую линию прицеливания с целью и направить ствол оружия в цель.

Однако траектория полета снаряда представляет собой кривую линию и поэтому решение задачи представляет собой определенные трудности.

Но все же, если вести стрельбу на такие дальности, когда вершина траектории не поднимается выше цели данной высоты, криволинейность ее не оказывает влияния на результат стрельбы.

10.2.2. Прямой выстрел. Поражаемое, прикрытое и мертвое пространства

Прямой выстрел – выстрел, при котором траектория не поднимается над линией прицеливания выше цели на всем своем протяжении.

Явление прямого выстрела представлено на рисунке 10.18, характеризуется высотой цели и дальностью прямого выстрела.

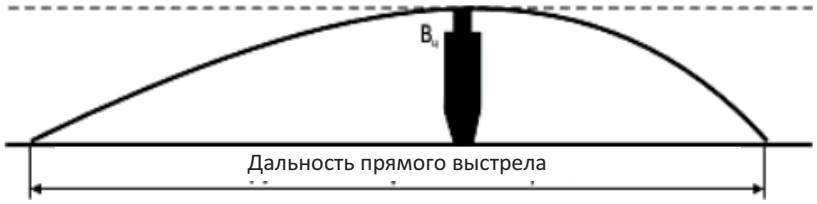


Рис. 10.18. Прямой выстрел

Дальность прямого выстрела – такая дальность стрельбы, при которой траектория пули (гранаты) не превышает высоту цели на всем своем протяжении.

В пределах дальности прямого выстрела в напряженные моменты боя стрельба может вестись без перестановки прицела, при этом точка прицеливания по высоте, как правило, выбирается по нижнему краю цели. Она зависит от высоты цели и настильности траектории.

Явление прямого выстрела используют в подвижных маневренных боевых действиях при дефиците времени, когда нужно все время двигаться, некогда выставлять прицел по дальности, и неважно, куда будет поражен противник (идущих на вас в атаку противников будет очень много), важно, чтобы он до вас не дошел. В таких условиях прицеливаться в голову − ненужная роскошь. Важнее стрелять почаще, чтобы атака неприятеля быстрее захлебнулась.

Следовательно, **практическое значение прямого выстрела** состоит в том, что он дает возможность ***поражать цели в пределах своей дальности с одной установкой прицела***.

Каждый стрелок (*автоматчик, пулеметчик, гранатометчик, артиллерист и танкист*) ***должен знать величину дальности прямого выстрела по различным целям из своего вида оружия.***

Зоны сплошного огня перед передним краем обороны, а также перед второй позицией строятся с учетом дальности прямого выстрела из индивидуальных образцов стрелкового оружия (ручной пулемет, автомат).

При выборе открытых огневых позиций для вооружения боевых машин исходят из того, чтобы они могли успешно вести борьбу с легко бронированными целями противника в пределах дальности прямого выстрела ПТУР с танками противника.

При стрельбе по целям, которые находятся на расстояниях, превышающих дальность прямого выстрела, траектория вблизи ее вершины поднимается выше цели, и цель на каком-то участке не будет поражаться при той же установке прицела. Однако около цели будет пространство (расстояние) на котором траектория пули не поднимается выше цели, и цель будет поражаться, как показано на рисунке 10.19.

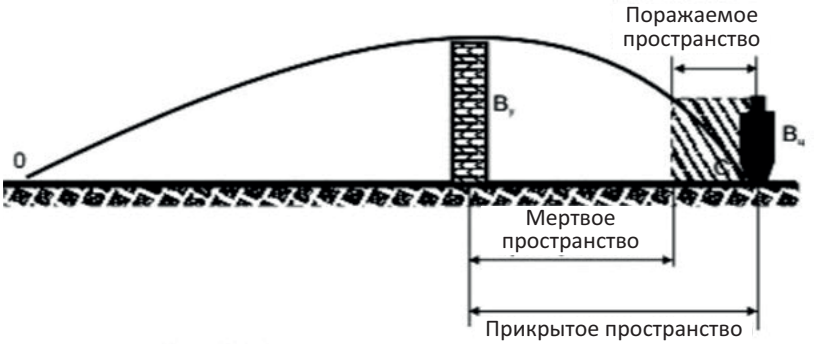


Рис. 10.19. Поражаемое, прикрытое и мертвое пространства.

Расстояние на местности, на протяжении которого нисходящая ветвь траектории не превышает высоты цели, называется **поражаемым пространством** (глубиной поражаемого пространства).

Она зависит от высоты цели (чем выше цель, тем она будет больше), настильности траектории (чем настильнее траектория, тем она будет больше) и угла наклона местности (на переднем скате она уменьшается, на обратном – увеличивается).

При стрельбе из оружия настильного огня на пересеченной местности образуется большое количество прикрытых пространств. Прикрытые пространства позволяют, с одной стороны, скрытно располагать свои огневые средства и боевую технику, а также производить маневр своих подразделений. С другой стороны, они затрудняют ведение огня по противнику, который также стремится наилучшим образом использовать защитные свойства местности.

Наибольших успехов в этом единоборстве на поле боя достигнет тот командир, который лучше знает теорию и практику использования местности.

Пространство за укрытием, не пробиваемым пулей (снарядом), от его гребня до точки встречи называется **прикрытым пространством**.

Прикрытое пространство создается определенным местным предметом (см. рис. 10.19). Поэтому оно рассматривается, как протяжение местности за непробиваемым укрытием, на которую при данных условиях не может упасть ни одна пуля (снаряд).

Это и обеспечивает целям, находящимся в пределах этого пространства, определенную гарантию от поражения огнем противника.

Величина прикрытого пространства зависит от высоты укрытия и угла встречи, расположения укрытия относительно вершины траектории.

Чем выше укрытие, тем больше величина прикрытого пространства и, наоборот, чем ниже укрытие, тем меньше его величина в данных условиях стрельбы.

Для увеличения угла встречи и, следовательно, уменьшения величины прикрытого пространства, как показано на рисунке 10.20, выбирают огневые позиции на высотах, крышах домов и т. д. Однако при этом следует учитывать, что увеличение угла встречи приводит к резкому уменьшению поражаемого пространства на наклонной местности.

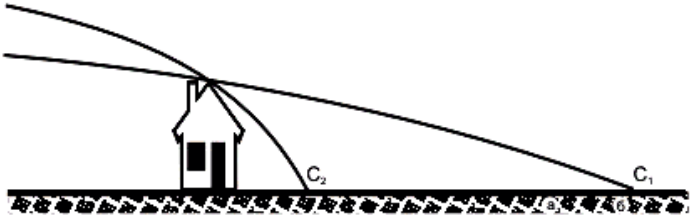


Рис. 10.20. Зависимость прикрытого пространства от угла встречи.

На высоких местах особенно выгодно располагать снайперов и отличных стрелков, так как при стрельбе одиночными выстрелами по отдельным целям поражаемое пространство на наклонной местности не имеет практического значения. Уменьшение же прикрытых пространств позволяет снайперам в больших пределах применять меткий огонь своего оружия.

За укрытием есть и другой участок, на котором цель не может быть поражена.

Часть прикрытого пространства, на котором цель не может быть поражена при данной траектории, называется **мертвым пространством** (см. рис. 10.19).

Мертвое пространство будет тем больше, чем больше высота укрытия, меньше высота цели и настильнее траектория.

Мертвое пространство находится как разность глубины прикрытого пространства и поражаемого пространства на наклонной местности.

Знание величины прикрытого и мертвого пространства позволяет правильно использовать укрытия для защиты от огня противника, а также принимать меры для уменьшения мертвых пространств путем правильного выбора огневых позиций и обстрела целей из оружия с более навесной траекторией.

10.2.3. Влияние условий стрельбы на полет пули

Для достижения определенной дальности стрельбы стволу оружия необходимо придать угол возвышения. Величина этого угла зависит от: расстояния до цели, начальной скорости, веса снаряда, его баллистического коэффициента, состояния атмосферы и т. д.

Влияние всех этих факторов при стрельбе учесть одновременно невозможно. Поэтому, рассчитывая прицелы для оружия, допускают, что величина угла прицеливания зависит только от дальности стрельбы. Все остальные величины учитываются поправками относительно нормальных или табличных условий стрельбы.

За нормальные (табличные) условия приняты следующие.

Метеорологические условия. Атмосферное (барометрическое) давление на горизонте оружия 750 мм рт. ст. (100 кПа). Температура воздуха на горизонте оружия +15° С. Относительная влажность воздуха 50% (относительной влажностью называется отношение количества водяных паров, содержащихся в воздухе, к наибольшему количеству водяных паров, которое может содержаться в воздухе при данной температуре). Ветер отсутствует (атмосфера неподвижна).

Баллистические условия. Вес пули, начальная скорость и угол вылета равны значениям, указанным в таблицах стрельбы. Температура заряда +15°С. Форма пули (снаряда) соответствует установленному чертежу. Высота мушки установлена по данным приведения оружия к нормальному бою. Высоты (деления) прицела соответствуют табличным углам прицеливания.

Топографические условия. Цель находится на горизонте оружия. Боковой наклон оружия отсутствует.

При стрельбе в нормальных условиях установка прицела соответствует величине прицельной дальности, как на рисунке 10.21.

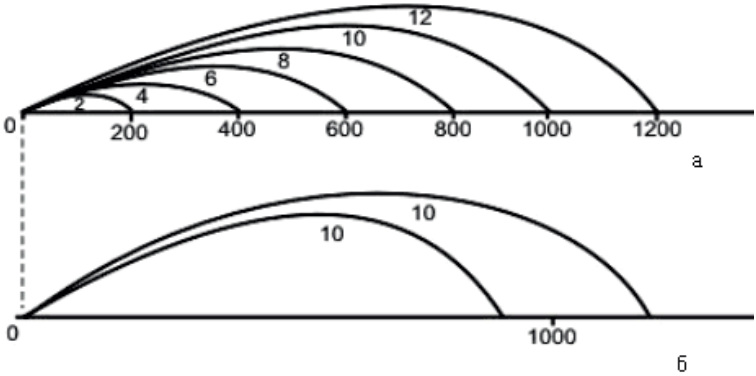


Рис. 10.21. Зависимость дальности стрельбы от метеорологических условий: а) при нормальных условиях табличная установка прицела соответствует прицельной дальности стрельбы; б) при отклонении условий стрельбы от нормальных установка прицела не соответствует прицельной дальности

Например, если произвести выстрел с установкой прицела, соответствующего дальности в 1000 м, то снаряд пересечет линию прицеливания на удалении 1000 м от точки вылета.

При отклонении условий стрельбы от нормальных (см. рис. 10.21) может возникнуть необходимость определения и учета поправок дальности и направления стрельбы. К основным факторам, вызывающим отклонения снарядов, относятся: атмосферное давление; плотность воздуха; ветер; влажность воздуха; производственные погрешности.

С увеличением атмосферного давления плотность воздуха увеличивается, вследствие чего возрастает сила сопротивления воздуха и уменьшается дальность полета пули (гранаты). При повышении местности на каждые 100 м атмосферное давление понижается в среднем на 9 мм.рт.ст. При стрельбе из стрелкового оружия на равнинной местности поправки дальности на изменение атмосферного давления незначительные и не учитываются.

В горных условиях при высоте местности над уровнем моря 2000 м и более эти поправки необходимо учитывать при стрельбе, руководствуясь установленными правилами.

Плотность воздуха при повышении окружающей температуры уменьшается, вследствие чего уменьшается сила сопротивления воздуха и увеличивается дальность полета пули (гранаты). При подъеме на каждые 100 м температура понижается на 3°С.

Влияние ветра на полет пули (гранаты) зависит от направления ветра относительно плоскости стрельбы и его скорости: при попутном ветре пуля полетит дальше, чем при безветрии; при встречном ветре дальность полета пули уменьшится; продольный (попутный, встречный) ветер на полет пули оказывает незначительное влияние; боковой ветер оказывает давление на боковую поверхность пули и отклоняет ее в сторону от плоскости стрельбы.

С увеличением влажности воздуха плотность его уменьшается, а дальность полета пули (гранаты) увеличивается. *Необходимо помнить, что влажность воздуха зависит от количества водяных паров, содержащихся в нем, а не от количества воды, поэтому туман и дождь к рассматриваемому вопросу отношения не имеют*.

Производственные погрешности в весе пули (снаряда, гранаты) могут достигать 3% и более. С увеличением веса начальная скорость уменьшается, но при этом увеличивается поперечная нагрузка (отношение массы снаряда к площади его поперечного сечения), которая способствует большей дальности полета.

В процессе боевого использования оружия наблюдается падение начальной скорости пули вследствие износа канала ствола. При этом, чем меньше начальная скорость, тем меньше дальность полета пули (гранаты).

Внутренняя и внешняя баллистика взаимосвязаны. Необходимо, чтобы не только командиры, но и все военнослужащие разбирались в различных категориях баллистики. Это позволит диагностировать неисправность оружия и принять меры к продлению его жизни (внутренняя баллистика), обеспечить высокую вероятность поражения движущейся цели на основе скорректированной точки прицеливания (внешняя баллистика), а следовательно – выполнить поставленную огневую задачу и боевую задачу в целом.

Вопросы для контроля и самопроверки

1. Что изучает внутренняя баллистика?
2. Что называется выстрелом?
3. Чем определяется длительность периодов выстрела?
4. Что такое начальная скорость полета пули?
5. От чего зависит величина начальной скорости полета пули?
6. Что такое плотность заряжания?
7. Что такое отдача оружия?
8. Что такое угол вылета?
9. Что такое износ ствола?
10. Каковы причины износа ствола?
11. Что такое живучесть ствола?
12. Какие меры применяют для увеличения живучести ствола?
13. Что изучает внешняя баллистика?
14. Что такое траектория полета пули?
15. Какие факторы оказывают влияние на пулю в полете?
16. Что такое деривация?
17. Каковы причины образования деривации?
18. Что такое горизонт оружия?
19. Что такое линия прицеливания?
20. Что такое линия бросания?
21. Что такое восходящая ветвь траектории?
22. Что такое нисходящая ветвь траектории?
23. Что такое угол бросания?
24. Какие траектории являются настильными?
25. Какие траектории являются навесными?
26. Какие траектории являются сопряженными?
27. Что понимают под прямым выстрелом?
28. Какова дальность прямого выстрела?
29. Что понимают под поражаемым пространством?
30. Что понимают под прикрытым пространством?
31. Что понимают под мертвым пространством?
32. Какие факторы оказывают влияние на стрельбу по цели?

11. Пистолет Макарова

Пистолет – это стрелковое оружие, конструктивно предназначенное для удержания и управления при стрельбе одной рукой.

В результате изучения опыта применения личного оружия во второй мировой войне в 1945 году был объявлен конкурс на разработку нового пистолета взамен 7,62-мм пистолета ТТ (Тульский Токарева). Военные представители хотели увидеть пистолет в двух калибрах: 7,62 мм и 9 мм, но остановились на калибре 9 мм под патрон 9х18 мм с энергией пули в 300 Дж (создатель патрона Б.В. Семин), которая обладала лучшим останавливающим действием.

В проектировании пистолетов приняли участие Ф.В. Токарев, С.Г. Симонов, С.А. Коровин, П.В. Воеводин, И.И. Раков, Н.Ф. Макаров и другие. В конкурсе приняли участие и зарубежные пистолеты: FN model 1910/22, Beretta M1934, Sauer 38H, Mauser HSc, Walther PP.



Николай Федорович Макаров
(9 (22) мая 1914 – 13 мая 1988)

Во время полигонных испытаний лучшие результаты показал 9-мм пистолет Макарова, выпуск которого был освоен уже в 1949 году на Ижевском механическом заводе, где была изготовлена пробная партия из 5000 пистолетов.

Как вспоминал сам конструктор Николай Федорович Макаров: «Достаточно сказать, что я в то время работал ежедневно, практически без выходных дней, с восьми часов утра и до двух-трех часов ночи, в результате чего я дорабатывал и расстреливал образцов в два, а то и в три раза больше, чем мои соперники, что, безусловно, дало возможность в совершенстве отработать надежность и живучесть».

В 1951 году пистолет официально поступил на вооружение Советской Армии под наименованием «9-мм пистолет Макарова (ПМ)».

Пистолет Макарова сконцентрировал в себе ряд передовых идей того времени. В нем удачно сочеталась мощность патрона с относительно малыми массой и габаритами оружия. Пистолет является самозарядным оружием, позволяет вести только одиночный огонь, прост по устройству и в обращении, мал по своим размерам, удобен для ношения и всегда готов к действию, является личным оружием офицерского состава Вооруженных Сил и сотрудников силовых структур государства.

За основу по созданию пистолета Макарова был взят немецкий пистолет Walther PP образца 1927 года имевший положительные отзывы оружейников.

Пистолет Макарова сильно отличается от своего предшественника:

в нем была решена проблема перекоса патрона при подаче в патронник. Подача патрона из магазина стала максимально близка к высоте патронника;

кнопка отделения магазина была переделана в защелку, которая располагается снизу рукоятки, что делало случайное выпадение магазина маловероятным;

в конструкцию пистолета была добавлена затворная задержка, что дает огромный плюс при перезарядке пистолета новым магазином, а также сигнализирует стрелку, что патроны закончились.

Николаю Федоровичу Макарову удалось добиться того, что пистолет находясь в разных климатических условиях эксплуатации при реальных боевых действиях оставался безотказным и спасал жизнь его владельцам.

Пистолет Макарова прошел реальные боевые испытания во Вьетнаме, Афганистане, в других конфликтах, где после длительного отсутствия ухода оставался надежным и готовым к бою.

Назначение и боевые свойства пистолета Макарова, его общее устройство, работа частей и механизмов, разборка и сборка, осмотр и подготовка к стрельбе, уход и сбережение изложены в [2, 5, 7], других источниках и приведены ниже.

11.1. Назначение и боевые свойства

9-мм пистолет Макарова является личным оружием нападения и защиты, предназначенным для поражения противника на коротких расстояниях.

Для однозначного понимания содержания материала, изложенного ниже, введем следующие определения.

Тактико-технические характеристики (ТТХ) – это совокупность качественных и количественных параметров (характеристик) изделия военной техники или вооружения, описывающая его свойства (как эксплуатационные, так и боевые).

Боевые свойства – это совокупность количественных и качественных показателей, характеризующих способность оружия к выполнению огневых задач в установленные сроки и в конкретных условиях.

Боевая скорострельность – способность оружия произвести определенное число выстрелов за единицу времени с учетом времени на перезаряжание, наводку и корректировку огня.

Предельная дальность полета боеприпаса – кратчайшее расстояние от точки вылета до точки падения.

Дальность наиболее эффективного огня – расстояние, на котором поражающие свойства пули достаточны для надежного поражения цели.

Основные тактико-технические характеристики пистолета Макарова, описывающие его боевые и эксплуатационные свойства приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1

Тактико-технические характеристики пистолета Макарова

Наименование показателя (характеристики)	Значение
Боевые свойства	
Калибр, мм	9
Боевая скорострельность, выс/мин.	30
Нач. скорость полета пули, м/с	315
Предельная дальность, м	800

Окончание табл. 11.1

Наименование показателя (характеристики)	Значение
Убойное действие пули, м.	350
Прицельная дальность, м.	50
Ресурс ствола (выстр.)	10000
Емкость магазина (патр.)	8
Эксплуатационные свойства	
Число нарезов в стволе	4
Длина пистолета, см	16,1
Высота пистолета, см	12,68
Длина ствола, см	9,3
Масса пистолета с магазином без патронов, кг	0,73
Масса снаряженного пистолета, кг.	0,81
Масса патрона, г	10
Масса пули, г	6,1

11.2. Устройство

9-мм пистолета Макарова состоит из следующих основных **частей и механизмов**:

рамки со стволом и спусковой скобой;

затвора с ударником, выбрасывателем и предохранителем;

возвратной пружины;

ударно-спускового механизма (курок, шептало, спусковая тяга с рычагом взвода, спусковой крючок);

рукоятки с винтом;

затворной задержки;

магазина.

К каждому пистолету придается **принадлежность:** запасный магазин, протирка, кобура, пистолетный ремешок.

Части, механизмы и принадлежность 9-мм пистолета Макарова представлены на рисунке 11.1.



Рис. 11.1. Части, механизмы и принадлежность 9-мм пистолета Макарова

11.3. Назначение частей и механизмов.



Рис. 11.2. Рамка со стволом и спусковой скобой

Рамка со стволом и спусковой скобой представлена на рисунке 11.2.

Рамка предназначена для соединения всех частей и механизмов в единое целое. Рамка с основанием рукоятки составляет одно целое.

Ствол предназначен для направления полета пули и придания ей вращательного движения.

Внутри ствол имеет канал с четырьмя нарезами, вьющимися слева вверх направо. Нарезы служат для сообщения пуле вращательного движения. Промежутки между нарезами называются полями. Расстоянием между двумя противоположными полями (по диаметру) определяется калибр канала ствола, *он равен 9 мм.*

С казенной части канал ствола гладкий и большего диаметра. Он служит для помещения патрона и называется патронником. Патронник имеет уступ. На казенной части ствола имеется прилив для крепления ствола к стойке рамки и отверстие для штифта ствола. На приливе и в нижней части патронника имеется скос для направления патрона из магазина в патронник.

Наружная поверхность ствола гладкая. На ствол надевается возвратная пружина. Ствол соединяется с рамкой прессовой посадкой и закрепляется штифтом.

Основание рукоятки предназначено для крепления рукоятки, боевой пружины и для помещения магазина. Оно имеет:

боковые окна (правое и левое) для уменьшения веса пистолета;

нижнее окно для вставления магазина, на задней стенке – прилив с резьбовым отверстием для крепления боевой пружины с помощью задвижки и рукоятки с помощью винта, внизу – вырез для защелки магазина;

в передней стенке – прилив с гнездом для крепления спусковой скобы к рамке с помощью оси.

Спусковая скоба предназначена для предохранения хвоста спускового крючка от нечаянного нажатия на него. Она имеет на переднем конце прилив для ограничения хода затвора при движении назад.

Затвор с ударником, выбрасывателем и предохранителем представлен на рисунке 11.3.

Затвор предназначен для подачи патрона из магазина, запирания канала ствола при выстреле, извлечения гильзы и постановки курка на боевой взвод.



Рис. 11.3. Затвор с ударником, выбрасывателем и предохранителем

Снаружи затвор имеет: мушку для прицеливания, по-

перечный паз для целика; насечку между мушкой и целиком для исключения отсвечивания поверхности затвора при прицеливании; на правой стороне – окно выбрасывания гильзы (патрона); паз для выбрасывателя, гнездо для гнетка с пружиной выбрасывателя; с левой стороны – гнездо для предохранителя и две выемки для фиксатора предохранителя (верхнюю – для положения флажка «предохранение» и нижнюю – для положения флажка «огонь»); с обеих сторон – насечку для удобства отведения затвора рукой; на заднем конце затвора – паз для прохода курка.

Внутри затвор имеет: канал для помещения ствола с возвратной пружиной; продольные выступы для направления движения затвора по рамке; зуб для постановки затвора на затворную задержку; гребень; паз для отражателя; паз для разобщающего выступа рычага взвода; чашечку для помещения дна гильзы; досылатель для досылания патрона из магазина в патронник; выступ для разобщения рычага взвода с шепталом; выем для помещения разобщающего выступа рычага взвода при нажатом спусковом крючке; на правой стороне гребня затвора имеется выем, предназначенный для разобщения шептала с рычагом взвода при снятии затвора с затворной задержки при нажатом спусковом крючке; канал для помещения ударника.

Ударник предназначен для разбития капсюля. Он имеет: в передней части – боек, в задней части – срез для предохранителя, который удерживает ударник в канале затвора. Ударник изготавливается трехгранным с целью уменьшения его веса и уменьшения трущихся поверхностей.

Выбрасыватель предназначен для удержания гильзы (патрона) в чашечке затвора до встречи с отражателем. Он имеет зацеп, который заскакивает в кольцевую проточку гильзы и удерживает гильзу (патрон) в чашечке затвора, и пяточку для соединения с затвором. Выбрасыватель вставляется в паз в затворе.

Гнеток с пружиной выбрасывателя вставляется в гнездо в затворе. Под действием пружины зацеп выбрасывателя все время наклонен к чашечке затвора.

Предохранитель предназначен для обеспечения безопасности обращения с пистолетом. Он имеет: флажок для перевода предохранителя из положения «огонь» в положение «предохранение» и

обратно; фиксатор для удержания предохранителя в приданном ему положении; ребро для запирания затвора с рамкой при постановке предохранителя в положение «предохранение»; зацеп для запирания курка в положении «предохранение». Предохранитель вставляется в гнездо затвора.

Целик вместе с ***мушкой*** предназначены для прицеливания.

Возвратная пружина предназначена для возвращения затвора в переднее положение, представлена на рисунке 11.4.



Рис. 11.4. Возвратная пружина

Крайний виток одного из концов пружины имеет меньший диаметр по сравнению с другими витками. Этим витком пружина при сборке надевается на ствол, чтобы обеспечить ее надежное удержание на стволе при разборке пистолета. Пружина, надетая на ствол, помещается вместе с ним в канале затвора.

Ударно-спусковой механизм предназначен для нанесения удара по капсюлю патрона и воспламенения порохового заряда, а также обеспечения управления началом и окончанием стрельбы, представлен на рисунке 11.5.



Рис. 11.5. Ударно-спусковой механизм

Курок предназначен для нанесения удара по ударнику. Он имеет: сверху – головку с насечкой для взведения курка рукой; на передней плоскости – вырез для обеспечения свободного хода курка при спуске его с боевого взвода; выем для зацепа предохранителя; по бокам – цапфы, на которых вращается курок; справа – зуб самовзвода для взведения курка рычагом взвода; слева – выступ для запирания курка предохранителем; снизу – углубление для широкого пера боевой пружины.

Шептало предназначено дли удержания курка на боевом и предохранительном взводе. Оно имеет: слева − зуб для подъема

шептала полочкой уступа предохранителя при переводе предохранителя в положение «предохранение»; справа – выступ, на который действует рычаг взвода при спуске курка. На левой цапфе шептала надета пружина. Свободный конец пружины изогнут в виде крючка для соединения с затворной задержкой.

Спусковая тяга с рычагом взвода предназначена для спуска курка с боевого взвода и взведения курка при нажатии на хвост спускового крючка. Передней цапфой она соединяется со спусковым крючком, а задней – с рычагом взвода. Рычаг взвода имеет: разобщающий выступ, с помощью которого он расцепляется с шепталом при движении затвора назад; вырез для выступа шептала; выступ самовзвода, который взводит курок при нажиме на хвост спускового крючка; пяточку, на которую опирается узкое перо боевой пружины. Пяточка рычага взвода помещается в кольцевом выеме курка.

Спусковой крючок предназначен для спуска курка с боевого взвода и взведения курка при стрельбе самовзводом. Он имеет: цапфы, которые помещаются в цапфенные гнезда рамки; отверстие для соединения со спусковой тягой и хвост. Спусковой крючок своей головкой вставляется в окно стойки рамки.

Боевая пружина предназначен для приведения в действие курка, рычага взвода и спусковой тяги. Она имеет: широкое перо для действия на курок; узкое перо для действия на рычаг взвода и спусковую тягу. Нижний конец боевой пружины является защелкой магазина. Конец широкого пера боевой пружины изогнут для обеспечения «отбоя» курка, т. е. для постановки курка на предохранительный взвод в спущенном положении. Боевая пружина крепится на основании рукоятки задвижкой.



Рис. 11.6. Рукоятка с винтом

Рукоятка с винтом предназначена для прикрытия боковых окон и задней стенки рукоятки, удобства удержания пистолета в руке, представлена на рисунке 11.6. Она имеет: отверстие для винта, который крепит рукоятку к основанию рукоятки; антабку для пристегивания пистолетного ремешка, пазы для свободного надвигания рукоятки на основание рукоятки; в задней стенке – выем для защелки магазина.

Рукоятка изготовлена из пластмассы. Винт рукоятки служит для крепления рукоятки и задвижки на основании рукоятки.

Затворная задержка предназначена для удержания затвора в заднем положении при израсходовании всех патронов в магазине, представлена на рисунке 11.7. Она имеет: в передней части – выступ для удержания затвора в заднем положении; кнопку с насечкой для освобождения затвора нажатием руки; в верхней части – отражатель для отражения наружу гильз (патронов) через окно в затворе. Затворная задержка передней частью вставляется в вырез в левой стенке рамки.



Рис. 11.7. Затворная задержка

Магазин предназначен для помещения патронов и подачи их на линию досылания, представлен на рисунке 11.8.



Рис. 11.8. Магазин

Корпус магазина соединяет все части магазина. Верхние края боковых стенок корпуса загнуты внутрь для удержания патронов и подавателя, а также для направления патронов при подаче их в патронник затвором. Магазин вставляется в основание рукоятки через нижнее окно.

Подаватель предназначен для подачи патронов. Он имеет два отогнутых конца, которые направляют движение его в корпусе магазина. На одном из отогнутых концов подавателя с левой стороны имеется зуб для включения затворной задержки по израсходовании всех патронов из магазина.

В принадлежность к пистолету, представленную на рисунке 11.9, входят: кобура, протирка, запасный магазин, пистолетный ремешок.

Кобура предназначена для ношения и хранения пистолета, запасного магазина и протирки.

Протирка используется для разборки, сборки, чистки и смазки пистолета.



Рис. 11.9. Принадлежность

Пистолетный ремешок обеспечивает крепление пистолета к поясному (брючному) ремню.

11.4. Работа автоматики пистолета

Пистолет – оружие самозарядное, так как его перезаряжание во время стрельбы производится автоматически.

Работа автоматики пистолета основана на принципе использования энергии отдачи при коротком откате затвора и жестком запирании ствола (запирание ствола осуществляется перекосом затвора в вертикальной плоскости, одним большим выступом в казенной части за окно для выброса гильз в затворе).

Затвор со стволом сцепления не имеет. Надежность запирания канала ствола при выстреле достигается большой массой затвора и силой возвратной пружины.

Благодаря наличию в пистолете самовзводного ударно-спускового механизма куркового типа можно быстро открывать огонь непосредственным нажатием на хвост спускового крючка без предварительного взведения курка.

Безопасность обращения с пистолетом обеспечивается надежно действующими предохранителями. Пистолет имеет предохранитель, расположенный на левой стороне затвора. Кроме того, курок автоматически становится на предохранительный взвод под действием боевой пружины после спуска курка («отбой» курка) и при отпущенном спусковом крючке. Курок под действием изогнутого (отбойного) конца широкого пера боевой пружины повернут на некоторый угол от затвора (это есть «отбой» курка) так, что носик шептала находится впереди предохранительного взвода курка. После того как спусковой крючок будет отпущен, спусковая тяга под действием узкого пера боевой пружины продвинется в заднее крайнее положение. Рычаг взвода и шептало опустятся вниз, шептало под действием своей пружины прижмется к курку и автоматически курок встанет на предохранительный взвод.

Для производства выстрела необходимо нажать указательным пальцем на спусковой крючок. Курок при этом наносит удар по ударнику, который разбивает капсюль патрона. В результате этого

воспламеняется пороховой заряд и образуется большое количество пороховых газов. Пуля давлением пороховых газов выбрасывается из канала ствола. Затвор под давлением газов, передающихся через дно гильзы, отходит назад, удерживая выбрасывателем гильзу и сжимая возвратную пружину. Гильза при встрече с отражателем выбрасывается наружу через окно затвора. Затвор при отходе в крайнее заднее положение поворачивает курок на цапфах назад и ставит его на боевой взвод. Отойдя назад до отказа, затвор под действием возвратной пружины возвращается вперед. При движении вперед затвор досылателем продвигает из магазина очередной патрон и досылает его в патронник. Канал ствола заперт свободным затвором; пистолет снова готов к выстрелу.

Для производства следующего выстрела нужно отпустить спусковой крючок, а затем снова нажать на него. Так стрельба будет вестись до полного израсходования патронов в магазине. По израсходовании всех патронов из магазина затвор становится на затворную задержку и остается в заднем положении.

11.5. Работа частей и механизмов

Части и механизмы пистолета до заряжания находятся в следующих положениях.

Затвор под действием возвратной пружины – в крайнем переднем положении; чашечка затвора упирается в казенный срез ствола, в результате чего ствол заперт свободным затвором. Продольные выступы затвора входят в пазы, имеющиеся в задней части рамки. Затвор с рамкой заперт ребром предохранителя.

Курок под действием широкого пера боевой пружины спущен и упирается передней плоскостью в выступ предохранителя так, что не может продвинуться вперед.

Шептало полочкой уступа на оси предохранителя поднято вверх и удерживается в таком положении так, что между предохранительным взводом курка и носиком шептала имеется небольшой зазор.

Спусковая тяга с рычагом взвода под действием узкого пера боевой пружины отведена в крайнее заднее положение; рычаг взвода утоплен в рамку и его выступ самовзвода сцеплен с зубом самовзво-

да курка так, что при нажатии на хвост спускового крючка курок не взводится, но имеет некоторый свободный ход назад.

Магазин вставлен в основание рукоятки. Подаватель находится вверху и упирается в гребень затвора. Зуб подавателя нажимает на затворную задержку.

Флажок предохранителя находится в положении «предохранение». При этом выступ предохранителя опущен вниз и соприкасается с передней плоскостью курка; полочка уступа на оси предохранителя действием на зуб шептала поднимает вверх шептало и удерживает его в этом положении; зацеп предохранителя входит в выем курка и, упираясь в его выступ, запирает курок в положении «предохранение» так, что он не может быть взведен; ребро предохранителя зашло за левый выступ рамки и запирает затвор с рамкой.

11.5.1. Работа частей и механизмов при заряжании

Для заряжания пистолета необходимо: снарядить магазин патронами; вставить магазин в основание рукоятки; выключить предохранитель (повернуть флажок вниз); отвести затвор в крайнее заднее положение и резко отпустить его.

При снаряжении магазина патроны ложатся на подавателе один на другой в один ряд, сжимая пружину подавателя; по мере наполнения магазина патронами пружина подавателя сжимается и, нажимая на подаватель снизу, поднимает патроны вверх. Верхний патрон удерживается загнутыми краями боковых стенок корпуса магазина.

Если вставить снаряженный магазин в основание рукоятки, защелка магазина заскакивает за выступ на стенке магазина и удерживает магазин в основании рукоятки. Верхний патрон упирается в гребень затвора. Подаватель находится внизу, его зуб не действует на затворную задержку.

При выключении предохранителя (повороте флажка вниз) выступ предохранителя поднимается и освобождает курок. При повороте предохранителя его зацеп, выходя из выема курка, освобождает выступ курка, чем обеспечивается свободное отведение курка назад. Полочка уступа на оси предохранителя освобождает шептало, которое опускается под действием своей пружины несколько вниз, и носик шептала становится впереди предохранительного взвода

курка (курок становится на предохранительный взвод). При повороте предохранителя его ребро выходит из-за левого выступа рамки и разъединяет затвор с рамкой. При этом затвор может быть отведен рукой назад.

При отведении затвора назад происходит следующее.

Затвор, двигаясь по продольным пазам рамки, поворачивает курок. Шептало под действием пружины заскакивает своим носиком за боевой взвод курка. Движение затвора назад ограничивается гребнем спусковой скобы. Возвратная пружина находится в наибольшем сжатии.

Курок при повороте передней частью кольцевого выема смещает спусковую тягу с рычагом взвода вперед и несколько вверх, благодаря чему выбирается часть свободного хода спускового крючка. При подъеме рычага взвода вверх его вырез подходит к выступу шептала.

Подаватель магазина под действием пружины подавателя поднимает патроны вверх так, что верхний патрон становится впереди досылателя затвора.

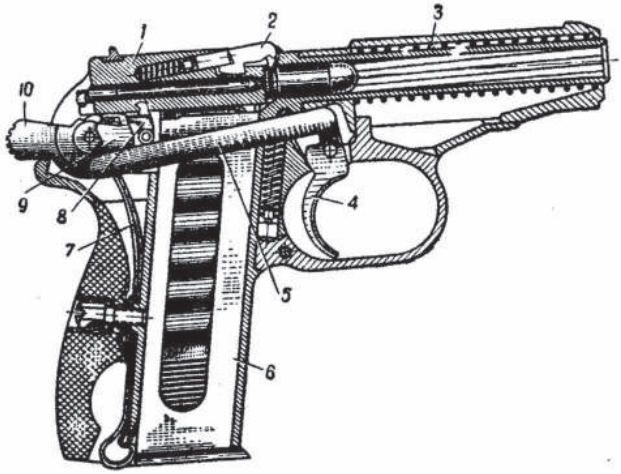


Рис. 11.10. Положение частей и механизмов пистолета перед выстрелом: 1 – затвор; 2 – выбрасыватель; 3 – возвратная пружина; 4 – спусковой крючок; 5 – спусковая тяга; 6 – магазин; 7 – боевая пружина; 8 – шептало с пружиной; 9 – рычаг взвода; 10- курок

При отпускании затвора возвратная пружина посылает затвор вперед. Двигаясь по продольным пазам рамки, затвор досылателем продвигает верхний патрон в патронник. Патрон, скользя по загнутым краям боковых стенок корпуса магазина и по скосу на приливе ствола и в нижней части патронника, входит в патронник и упирается передним срезом гильзы в уступ патронника; канал ствола заперт свободным затвором. Второй патрон под действием пружины подавателя поднимается подавателем вверх до упора в гребень затвора.

Если выстрела производить не требуется, то, не спуская курка с боевого взвода, следует включить предохранитель, повернув его флажок вверх до отказа так, чтобы красный кружок закрылся флажком предохранителя.

11.5.2. Работа частей и механизмов заряженного пистолета при включении предохранителя

При повороте флажка выступ предохранителя опускается и до начала подъема шептала встает на пути движения курка; ось предохранителя полочкой уступа поднимает шептало, вследствие чего шептало поворачивается и освобождает курок; курок под действием широкого пера боевой пружины поворачивается и наносит удар по выступу предохранителя; ребро предохранителя, поворачиваясь, заходит за левый выступ рамки и запирает затвор с рамкой. Зацеп предохранителя, опускаясь, входит в выем курка и запирает его так, что взвести курок невозможно.

Если в этом положении выключить предохранитель, то курок благодаря «отбою» автоматически становится на предохранительный взвод. В этом случае пистолет готов к немедленному открытию огня самовзводом.

Безопасность обращения с пистолетом при случайных ударах обеспечивается автоматической постановкой курка на предохранительный взвод.

Если спуск курка производится не предохранителем, а вручную, т. е. нажатием на хвост спускового крючка указательным пальцем правой руки с придержанием за головку курка большим пальцем этой же руки, то курок после освобождения спускового крючка также автоматически (благодаря «отбою») становится на предохранительный взвод.

11.5.3. Работа частей и механизмов пистолета при выстреле

Для производства выстрела необходимо выключить предохранитель, взвести курок и нажать пальцем руки на хвост спускового крючка.

При нажатии пальцем на хвост спускового крючка спусковая тяга смещается вперед, а рычаг взвода, соединенный с задним концом спусковой тяги, поворачивается на задней цапфе спусковой тяги и поднимается до тех пор, пока не упрется своим вырезом в выступ шептала; затем рычаг взвода приподнимает шептало и расцепляет его с боевым взводом курка. Разобщающий выступ рычага взвода входит в выем затвора.

Курок освобождается от шептала и под действием широкого пера боевой пружины резко поворачивается на цапфах вперед и резко ударяет по ударнику.

Ударник энергично двигается вперед и бойком разбивает капсюль патрона; происходит выстрел. Давлением образовавшихся газов пуля выбрасывается из канала ствола, в то же время газы давят на дно и стенки гильзы. Гильза расширяется и плотно прижимается к стенкам патронника. Давление газов на дно гильзы передается на затвор, вследствие чего он движется назад.

После выстрела затвор от давления пороховых газов на дно гильзы отходит назад вместе с гильзой. В начале движения назад (на длине 3–5 мм) затвор своим выступом смещает разобщающий выступ рычага извода вправо, расцепляя его тем самым с шепталом (происходит разобщение).

Освобожденное шептало под действием пружины прижимается к курку; когда курок повернется назад до отказа, носик шептала заскакивает за боевой взвод курка и удерживает его до следующего выстрела.

При дальнейшем движении затвора назад разобщающий выступ рычага взвода скользит по пазу затвора; гильза, удерживаемая выбрасывателем в чашечке затвора, ударяется об отражатель и выбрасывается наружу через окно в стенке затвора.

Подаватель подает очередной патрон и ставит его перед досылателем затвора.

Затвор, дойдя до крайнего заднего положения, под действием возвратной пружины возвращается в переднее положение; затвор досылателем выталкивает из магазина очередной патрон и досылает его в патронник. Когда затвор дойдет до крайнего переднего положения и дошлет патрон в патронник, зацеп выбрасывателя заскакивает в кольцевую проточку гильзы.

Рычаг взвода упирается в шептало (сбоку), и разобщающий выступ его находится против выема на затворе. Пистолет готов к очередному выстрелу.

Для производства следующего выстрела необходимо отпустить хвост спускового крючка и снова нажать на него.

При отпускании хвоста спускового крючка спусковая тяга с рычагом взвода под действием узкого пера боевой пружины отходит назад, одновременно рычаг взвода опускается вниз и своим вырезом заходит под выступ шептала.

При нажатии на хвост спускового крючка рычаг взвода поднимает шептало и снова освобождает курок от шептала. Происходит следующий выстрел.

Если затвор не дойдет до крайнего переднего положения (помят патрон), то разобщающий выступ рычага взвода не войдет в выем на затворе, вследствие чего рычаг взвода не войдет в сцепление с шептало и при очередном нажатии на спусковой крючок не повернет шептало и не произведет спуска курка. Этим исключается возможность выстрела, если патрон не полностью дослан в патронник.

Если стрельба ведется без предварительного взведения курка, то при нажиме на хвост спускового крючка курок взводится автоматически. При этом рычаг взвода, войдя в зацепление своим выступом самовзвода с зубом самовзвода курка, взводит курок. Курок, не становясь на боевой взвод (так как шептало в момент срыва оказывается приподнятым в верхнее положение выступом рычага взвода), срывается с выступа самовзвода рычага взвода и ударяет по ударнику; происходит выстрел.

При израсходовании патронов из магазина подаватель магазина своим зубом поднимает передним конец затворной задержки вверх. Затвор, упираясь своим зубом в выступ затворной задержки, останавливается в заднем положении.

Курок поставлен на боевой взвод. Пружина подавателя имеет наименьшее сжатие. Затвор остается в заднем положении так же и после извлечения магазина из основания рукоятки пистолета, удерживаясь на затворной задержке.

Затвор освобождается от затворной задержки (при извлеченном или вставленном магазине) путем нажатия пальцем руки на кнопку затворной задержки.

11.6. Задержки при стрельбе из пистолета и способы их устранения

Пистолет при правильном обращении с ним, внимательном уходе и сбережении является надежным и безотказным оружием. Однако при длительной работе вследствие износа частей и механизмов, а чаще при неосторожном обращении и невнимательном уходе могут возникнуть задержки при стрельбе.

Для предупреждения задержек при стрельбе из пистолета и обеспечения безотказности работы пистолета необходимо:

правильно подготавливать пистолет к стрельбе;

своевременно и с соблюдением всех правил осматривать, чистить и смазывать пистолет;

особенно тщательно следить за чистотой и смазкой трущихся частей пистолета;

своевременно производить ремонт пистолета;

перед стрельбой осматривать патроны; неисправные, ржавые и грязные патроны для стрельбы не применять;

во время стрельбы и при передвижениях оберегать пистолет от загрязнения и ударов;

перед заряжанием, если пистолет перед стрельбой находился продолжительное время на сильном морозе, несколько раз энергично отвести затвор рукой и отпустить его, причем после каждого отведения и отпускания затвора производить спуск курка нажимом на хвост спускового крючка.

Если при стрельбе произойдет задержка, то ее нужно устранить перезаряжанием пистолета. Если перезаряжанием задержка не

устраняется, то необходимо выяснить причину задержки и устранить ее, как указано в таблице 11.2.

Таблица 11.2

Задержки при стрельбе из ПМ и способы их устранения

Задержки и их характеристика	Причины задержек	Способы устранения задержек
Осечка Затвор в крайнем переднем положении, курок спущен, но выстрела не произошло.	Капсюль патрона неисправен. Сгущение смазки или загрязнение канала ударника. Не полностью ввинчен винт рукоятки (в пистолетах без задвижки боевой пружины). Мал выход ударника или забоины на бойке.	Перезарядить пистолет и продолжить стрельбу. Осмотреть и почистить пистолет. Ввинтить винт рукоятки до отказа. Отправить пистолет в мастерскую.
Недокрытие патрона затвором Затвор остановился не дойдя до крайнего переднего положения; спуск курка произвести нельзя.	Загрязнение патронника, пазов рамки или чашечки затвора. Затруднительное движение выбрасывателя из-за загрязнения пружины выбрасывателя или гнетка.	Дослать затвор вперед толчком руки и продолжить стрельбу. Осмотреть и почистить пистолет.
Неподача или непродвижение патрона из магазина в патронник Затвор находится в переднем положении, но патрона в патроннике нет; затвор остановился в среднем положении вместе с патроном, не дослав его в патронник.	Загрязнение магазина и подвижных частей пистолета	Перезарядить и продолжить стрельбу. Прочистить пистолет и магазин.
	Погнутость верхних краев корпуса магазина.	Заменить магазин.
Прихват (ущемление) гильзы затвором Гильза не выброшена нару-	Загрязнение подвижных частей пистолета.	Выбросить прихваченную гильзу и продолжить стрельбу.

Окончание табл. 11.2

Задержки и их характеристика	Причины задержек	Способы устранения задержек
жу через окно в затворе и заклинилась между затвором и казенным срезом ствола.	Неисправность выбрасывателя, его пружины или отражателя.	При неисправности выбрасывателя с пружиной или отражателя отправить пистолет в мастерскую.
Автоматическая стрельба	Сгущение смазки или загрязнение частей ударно-спускового механизма. Износ боевого взвода курка или носика шептала. Ослабление или излом пружины шептала. Касание полочки уступа предохранителя зуба шептал	Осмотреть и почистить пистолет. Отправить пистолет в мастерскую. То же. То же.

С целью обеспечения безотказной работы пистолета во время стрельбы и сохранения его нормального боя необходимо произвести подготовку пистолета к стрельбе. Для этого необходимо: осмотреть пистолет и патроны; снарядить магазин патронами; непосредственно перед стрельбой прочистить и протереть насухо канал ствола.

11.7. Разборка и сборка пистолета

Разборка пистолета может быть неполная и полная.

Неполная разборка производится для чистки, смазки и осмотра пистолета. Полная разборка производится для чистки при сильном загрязнении пистолета, после нахождения его под дождем или в снегу, при переходе на новую смазку, а также при ремонте.

Частая полная разборка пистолета не допускается, так как она ускоряет изнашивание частей и механизмов.

При разборке и сборке пистолета необходимо соблюдать следующие правила:

разборку и сборку производить на столе или скамейке, а в поле – на чистой подстилке;

части и механизмы класть в порядке разборки, обращаться с ними осторожно, не допускать излишних усилий и резких ударов;

при сборке обращать внимание на нумерацию частей, чтобы не перепутать их с частями других пистолетов.

11.7.1. Порядок неполной разборки



Рис. 11.11. Извлечение магазина



Рис. 11.12. Проверка отсутствия патрона



Рис. 11.13. Оттягивание спусковой скобы

1. Извлечь магазин из основания рукоятки. Удерживая пистолет за рукоятку правой рукой, большим пальцем левой руки отвести защелку магазина назад до отказа, одновременно оттягивая указательным пальцем левой руки выступающую часть крышки магазина, как показано на рисунке 11.11, извлечь магазин из основания рукоятки.

2. Проверить, нет ли в патроннике патрона. Выключить предохранитель (опустить флажок вниз), отвести левой рукой затвор в заднее положение, поставить его на затворную задержку, как показано на рисунке 11.12, и осмотреть патронник. Нажатием большим пальцем правой руки на затворную задержку отпустить затвор.

3. Отделить затвор от рамки. Взяв пистолет в правую руку за рукоятку, левой рукой оттянуть спусковую скобу вниз и, перекосив ее влево, как показано на рисунке 11.13, упереть в рамку так, чтобы она удерживалась в этом

положении. *При дальнейшей разборке удерживать ее в приданном положении указательным пальцем правой руки,* как показано на рисунке 11.14.



Рис. 11.14. Отделение затвора от рамки

Левой рукой отвести затвор в крайнее заднее положение и, приподняв его задний конец, как показано на рисунке 11.14, дать ему возможность продвинуться вперед под действием возвратной пружины. Отделить затвор от рамки и поставить спусковую скобу на свое место.

4. Снять со ствола возвратную пружину. Удерживая рамку левой рукой за рукоятку и вращая возвратную пружину на себя правой рукой, как показано на рисунке 11.15, снять ее со ствола.



Рис. 11.15. Снятие возвратной пружины

11.7.2. Сборка пистолета после неполной разборки

1. Присоединить возвратную пружину. Взяв рамку за рукоятку в левую руку, правой рукой надеть, как показано на рисунке 11.16, возвратную пружину на ствол обязательно тем концом, в котором крайний виток имеет меньший диаметр по сравнению с другими витками.



Рис. 11.16. Присоединение возвратной пружины

2. Присоединить затвор к рамке. Удерживая рамку за рукоятку в правой руке, а затвор в левой, ввести свободный конец возвратной пружины, как показано на рисунке 11.17, в канал затвора и отвести затвор в крайнее заднее положение так, чтобы дульная часть ствола прошла через канал затвора и выступила наружу.



Рис. 11.17. Присоединение затвора к рамке



Рис. 11.18. Включение предохранителя



Рис. 11.19. Присоединение магазина

Опустить задний конец затвора на рамку так, чтобы продольные выступы затвора поместились в пазах рамки (см. рис. 11.17) и, прижимая затвор к рамке, отпустить его. Затвор под действием возвратной пружины энергично возвращается в переднее положение.

Спусковую скобу установить на место. Включить, как показано на рисунке 11.18, предохранитель (поднять флажок вверх).

3. Вставить магазин в основание рукоятки. Удерживая пистолет в правой руке, большим и указательным пальцами левой руки вставить магазин в основание рукоятки через нижнее окно основания рукоятки, как показано на рисунке 11.19.

11.8. Осмотр и подготовка к стрельбе пистолета и патронов, уход и сбережение

Для выяснения состояния оружия, его исправности и боевой готовности производятся периодические осмотры пистолетов в сроки, установленные Уставом внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации.

Осмотр пистолета производится в собранном или разобранном виде. Одновременно с осмотром пистолета производится осмотр кобуры, запасного магазина, протирки и пистолетного ремешка.

Каждый военнослужащий, вооруженный пистолетом, должен осматривать пистолет ежедневно, перед выходом на занятия, перед стрельбой и во время чистки. Перед выходом на занятия и непосредственно перед стрельбой пистолет необходимо осматривать в собранном виде, а во время чистки – в разобранном и собранном виде.

При ежедневном осмотре пистолета необходимо проверить:

нет ли на металлических частях налета ржавчины, загрязнения, царапин, забоин и трещин;

в каком состоянии находится смазка;

исправно ли действуют затвор, магазин, ударно-спусковой механизм, предохранитель и затворная задержка;

исправны ли мушка и целик;

удерживается ли магазин в основании рукоятки;

чист ли канал ствола.

Неисправности пистолета должны устраняться немедленно. Если они в подразделении не могут быть устранены, пистолет необходимо отправить в ремонтную мастерскую.

Характерными неисправностями, являющимися причинами ненормального боя пистолета, являются:

мушка побита или погнута – пули будут отклоняться в сторону, противоположную перемещению вершины мушки;

целик смещен – пули будут отклоняться в сторону смещения целика;

забоины на дульном срезе ствола – пули будут отклоняться в сторону, противоположную забоинам;

растертость канала ствола (особенно в дульной части), сношенность (округление) полей нарезов, царапины и забоины в канале ствола, шатание целика – все это увеличивает рассеивание пуль.

При осмотре пистолета в собранном виде проверить:

1. Нет ли на частях пистолета налета ржавчины, царапин, забоин и трещин; соответствуют ли номера на затворе, предохранителе и на магазинах номеру на рамке.

2. Нет ли забоин на мушке и в прорези целика, мешающих прицеливанию; прочно ли удерживается целик в пазу затвора и совпадает ли риска на целике с риской на затворе.

3. Легко ли переключается предохранитель из одного положения в другое и надежно ли фиксируется в крайних положениях.

4. Имеет ли курок «отбой»: при спущенном курке и отведенном до отказа назад спусковом крючке головка курка при нажиме на нее пальцем руки должна подаваться вперед, а после прекращения нажима – энергично возвращаться в первоначальное положение; при отпущенном спусковом крючке и по прекращении нажима на головку курка курок должен встать на предохранительный взвод и в этом положении под достаточно сильным нажимом руки не должен срываться с предохранительного взвода и смещаться вперед.

5. Надежно ли, удерживается спусковая скоба в рамке и устанавливается ли для отделения затвора в перекошенное положение.

6. Довернут ли винт рукоятки.

7. Нет ли в канале ствола грязи, налета ржавчины и других дефектов. Для этого необходимо затвор поставить на затворную задержку и посмотреть в канал ствола с дульной части, вставив в окно затвора белую бумагу.

8. Не погнуты ли стенки и верхние края корпуса магазина и свободно ли передвигается подаватель в магазине.

9. Свободно ли вставляется магазин (запасный магазин) в основание рукоятки и извлекается из него и надежно ли он удерживается защелкой магазина.

10. Правильно ли работают части и механизмы пистолета.

Для проверки необходимо проделать следующую работу.

Поставить флажок предохранителя в положение «огонь» (опустить вниз), отвести затвор рукой назад до отказа и отпустить его;

затвор, продвинувшись несколько вперед, под действием затворной задержки должен остаться в заднем положении.

Нажать на кнопку затворной задержки; затвор под действием возвратной пружины должен энергично возвратиться в переднее положение, а курок должен стоять на боевом взводе.

Нажать на хвост спускового крючка; курок должен сорваться с боевого взвода и ударить по ударнику.

Извлечь магазин из основания рукоятки пистолета и снарядить его учебными патронами; вставить магазин в основание рукоятки пистолета, отвести затвор назад и отпустить его; при этом затвор под действием возврат ной пружины должен дойти до крайнего переднего положения и дослать патрон в патронник; при повторном отведении затвора назад патрон должен быть энергично отражен наружу через окно в затворе.

Повернуть флажок предохранителя вверх в положение «предохранение»; при этом курок должен сорваться с боевого взвода, нанести удар по выступу предохранителя и остаться в положении, несколько отведенном назад; после этого затвор должен быть заперт, курок не должен взводиться как при непосредственном действии на него большим пальцем руки, так и при нажиме на хвост спускового крючка (самовзводом).

Поставить флажок предохранителя в положение «огонь» и нажать на хвост спускового крючка; при этом курок должен взводиться и, не становясь на боевой взвод, наносить удар по ударнику.

Поставить курок на боевой взвод и нажать на головку курка сзади; при этом он не должен срываться с боевого взвода. Затем нажать на хвост спускового крючка; при этом курок должен сорваться с боевого взвода и нанести энергичный удар по ударнику.

В разобранном пистолете подробно осматривается каждая часть и механизм в отдельности, для того чтобы проверить, нет ли скрошенности металла, сорванной резьбы, царапин и забоин, погнутостей, сыпи, ржавчины и загрязнения, все ли детали имеют одинаковые номера.

При осмотре рамки со стволом и спусковой скобой особое внимание обратить на состояние канала ствола. Канал ствола осматривать с дульной и с казенной частей. При этом проверять чистоту канала ствола, патронника и исправность казенного среза ствола.

При осмотре нехромированного канала ствола могут наблюдаться следующие недостатки.

Сыпь – первичное поражение металла ржавчиной. Сыпь имеет вид точек и крапинок, расположенных местами или по всей поверхности канала ствола.

Ржавчина – темный налет на металле. Ржавчину, незаметную глазом, можно обнаружить, протирая канал ствола чистой ветошью, на которой ржавчина оставляет желтоватые пятна. Следы ржавчины – темные неглубокие пятна, которые остаются после удаления ржавчины.

Раковины – значительные углубления в металле, возникшие вследствие длительного воздействия ржавчины. Удалять их в подразделении запрещается.

Омеднение – появляется при стрельбе пулями, покрытыми томпаком. Омеднение наблюдается в виде легкого медного налета на стенках канала ствола. Удаляется только в ремонтной мастерской.

Царапины – черточки, иногда с заметным подъемом металла по краям. Выведение царапин в канале ствола не допускается.

Забоины – более или менее значительные углубления, иногда с подъемом металла.

Раздутие ствола – заметное в канале ствола в виде поперечного темного сплошного кольца (полукольца) или обнаруживаемое по выпуклости металла на наружной поверхности ствола.

При осмотре *затвора с выбрасывателем, ударником и предохранителем* особое внимание обратить на состояние внутренних пазов, гнезд и выступов, которые не должны быть загрязнены и не должны иметь забоин. Проверить, свободно ли перемещается ударник в канале затвора, энергично ли поджимается выбрасыватель к чашечке затвора и не скрошен ли зацеп выбрасывателя и боек ударника.

При осмотре *предохранителя* проверить, утапливается ли фиксатор, нет ли больших побитостей на зацепе для запирания курка, не изношена ли цапфа, не изношено ли ребро предохранителя.

При осмотре *возвратной пружины* проверить, нет ли на ней заусениц, ржавчины, погнутостей, грязи и надломов, прочно ли она удерживается на стволе.

При осмотре частей *ударно-спускового механизма* особое внимание обратить на исправность курка, шептала, спусковой тяги с

рычагом взвода. Проверить, нет ли скрошенности и износа боевого и предохранительного взвода курка, растянутости пружины шептала и износа его носика. Перья боевой пружины не должны быть поломаны.

При осмотре *рукоятки с винтом* проверить, нет ли трещин и отколов, нет ли сорванной резьбы на винте.

При осмотре *затворной задержки* убедиться в ее исправности. Затворная задержка не должна быть погнута или надломлена.

При осмотре *магазина* особое внимание обратить на исправность зуба подавателя и выступа для защелки магазина; проверить, не погнуты ли верхние края корпуса магазина.

При осмотре *протирки, кобуры и пистолетного ремешка* проверить, не погнута ли протирка, нет ли на ней забоин и царапин. На лезвии не должно быть скрошенности металла. Не допускается погнутость выступа протирки. При осмотре кобуры проверить, нет ли разрывов и нарушения швов, наличие петель, застежки и вспомогательного ремешка. Проверить исправность пистолетного ремешка.

Осмотр боевых патронов производится с целью обнаружения неисправностей, которые могут привести к задержкам при стрельбе из пистолета. При осмотре патронов необходимо проверить:

нет ли на гильзах ржавчины и зеленого налета, особенно на капсюле, помятостей, царапин, препятствующих вхождению патрона в патронник;

не вытаскивается ли пуля из гильзы рукой и не выступает ли капсюль выше поверхности дна гильзы; патроны с указанными дефектами должны быть отобраны и сданы;

нет ли среди боевых патронов учебных.

Пистолет всегда должен содержаться в чистоте и исправности. Это достигается своевременной и правильной чисткой и смазкой, бережным обращением с пистолетом и правильным хранением его.

Чистку пистолета производить в следующем порядке.

1. Подготовить протирочные и смазочные материалы.

2. Осмотреть принадлежность и подготовить ее для использования при чистке.

3. Разобрать пистолет.

4. Прочистить канал ствола.

5. Вычистить рамку пистолета со стволом и спусковой скобой. Насухо протереть части ветошью до полного удаления грязи и влаги. Ржавчину удалять паклей или ветошью, пропитанной жидкой ружейной смазкой.

6. Вычистить затвор, возвратную пружину, затворную задержку и части ударно-спускового механизма. Если чистка пистолета производится после стрельбы, то чашечку затвора чистить паклей или ветошью, пропитанной жидкой ружейной смазкой, до полного удаления нагара. После чистки протереть ее насухо. Если стрельба из пистолета не производилась и на чашечке затвора нет нагара и ржавчины, то протереть ее сухой ветошью.

Остальные металлические части и механизмы насухо протереть ветошью до полного удаления грязи и влага, применяя для этого деревянные палочки.

Излишняя смазка на частях пистолета способствует загрязнению и может вызвать отказ в работе пистолета.

Кобуру не смазывать, а лишь насухо протереть ветошью и просушить.

Пистолет Макарова является простым и надежным пистолетом, продолжительное время находящимся на вооружении различных силовых структур. Для обеспечения надежности работы, чтобы оружие не подвело в ответственный момент, необходим своевременных уход за ним. Пистолет всегда должен содержаться в чистоте и исправности.

Вопросы для контроля и самопроверки:

1. Для чего предназначен пистолет Макарова ПМ?
2. Какие боевые свойства присущи ПМ?
3. Каково назначение рамки и ствола пистолета?
4. Какое назначение имеет затвор?
5. Какое назначение имеет возвратная пружина?
6. Каково назначение частей ударно-спускового механизма?
7. Для чего предназначена затворная задержка?
8. Какой принцип работы пистолета Макарова, как вы его понимаете?

9. Как работают части и механизмы пистолета при выстреле?

10. Как работают части и механизмы пистолета по израсходовании патронов из магазина?

11. Какие существуют основные причины задержек при стрельбе?

12. Какими способами устраняется осечка?

13. Какими способами устраняется утыкание патрона?

14. Какими способами устраняется прихват гильзы затвором?

15. Какова цель разборки пистолета?

16. Какой установлен порядок неполной разборки пистолета?

17. Какой установлен порядок сборки пистолета после неполной разборки?

12. Автомат (ручной пулемет) Калашникова



Михаил Тимофеевич Калашников
(10.11.1919 – 23.12.2013)

История создания автомата Калашникова АК-74 (ручного пулемета РПК-74) связана с переходом винтовок на малоимпульсные патроны меньшего калибра. Еще в годы Второй Мировой войны стала очевидной потребность пехоты в большом количестве боеприпасов. Это создавало определенные проблемы как для солдат, так и для производства.

После войны большая часть стрелкового оружия имела калибр в 7-8 мм. Однако параллельно велись исследования по его снижению. Успеха достигли американские оружейники, создав винтовку под патрон 5,56х45 мм, ставший впоследствии одним из стандартов НАТО.

Разработка стала толчком для ускорения схожих исследований в СССР. И в 1966 году появилось указание на разработку винтовки под патрон 5,60 мм, позднее обозначенного как 5,45 мм (измерение делалось по полям нарезов). Работы по созданию 5,45-мм автоматного комплекса проводились на конкурсной основе. Для участия в испытаниях было представлено 10 проектов автоматов.

Полный комплекс обширных Государственных (полигонных и войсковых) испытаний, проводившихся в различных климатических зонах, выявил преимущества варианта Константинова А.С., представленного на рисунке 12.1, по эффективности стрельбы за счет сбалансированной автомати-



Рис. 12.1. Автомат Константинова

ки. Однако по производственным и эксплуатационным показателям предпочтение отдали образцу А-3, представленному Калашниковым М.Т. и Крякушиным А.Д.

Выбор обуславливался экономическими соображениями. Около 70% автомата соответствовало его прежней версии, что упрощало производство. Немаловажной считалась и приспособленность солдат к АКМ. На основе данных соображений в 1974 году на вооружение Советской Армии был принят 5,45-мм комплекс, включающий в себя: 5,45-мм патрон с пулей ПС, 5,45-мм патрон с пулей Т, 5,45-мм автоматы АК-74, АКС-74 и их модификации, укомплектованные ночными прицелами.

Несколько позже, в 1979 году, на вооружение был принят 5,45-мм автомат АКС-74У, отличающийся от АКС-74 меньшими массой и габаритами.

Конструкция АК-74 во многом повторяет своего предшественника: с АКМ унифицировано 9 узлов и 52 детали. Ключевым новшеством стало двухкамерное дульное устройство, выполняющее одновременно задачи тормоза, компенсатора и пламегасителя. Его применение позволило снизить отдачу оружия, соответственно повысилась кучность стрельбы и ее точность при стрельбе очередями или быстрыми одиночными.

Уже с началом серийного производства в конструкцию автомата вносились дополнительные изменения. Деревянный приклад и цевье заменили на пластиковые, что облегчило вес оружия. Также некоторые изменения внесены во внешние и рабочие узлы.

Автомат АК-74, принятый на вооружение в 1974 году, и его модификации, представленные на рисунках 12.2–12.6, являются самым распространенным и самым известным стрелковым оружием после второй мировой войны.



Рис. 12.2. Автомат Калашникова (АК-74) с обычным прикладом



Рис. 12.3. Автомат Калашникова со складывающимся прикладом (АКС-74)



Рис. 12.4. Автомат Калашникова модернизированный (АК-74М)



Рис. 12.5. Автомат Калашникова с приспособлением для крепления ночного прицела (АК-74Н)



Рис. 12.6. Автомат Калашникова со складывающимся прикладом и укороченным стволом (АКС-74У)

Выдающиеся качества оружия Калашникова, над постоянным совершенствованием которого более полувека работали сам Михаил Тимофеевич и тысячи рабочих, конструкторов, технологов, испытателей, получили признание даже у врага, который в различных военных конфликтах предпочитал АК своему штатному вооружению.

По оценкам международных экспертов, несмотря на появление многочисленных перспективных образцов, оружие Калашникова еще несколько десятилетий будет служить основой системы стрелкового вооружения многих армий мира.

Назначение и боевые свойства автомата Калашникова, его общее устройство, работа частей и механизмов, разборка и сборка, осмотр и подготовка к стрельбе, уход и сбережение изложены в [2, 5, 7, 8], других источниках и приведены ниже.

12.1. Назначение и боевые свойства

5,45-мм автомат Калашникова (см. рис. 12.2–12.6) является индивидуальным оружием, а **5,45-мм ручной пулемет Калашникова,** представленный на рисунке 12.7, является оружием стрелкового отделения.



Рис. 12.7. Ручной пулемет Калашникова (РПК–74)

Автомат и пулемет Калашникова предназначены для уничтожения живой силы и поражения огневых средств противника.

Для поражения противника в рукопашном бою к автомату присоединяется штык-нож.

Для стрельбы из автомата (пулемета) применяются патроны с обыкновенными (со стальным сердечником) и трассирующими пулями.

Из автомата (пулемета) ведется автоматический или одиночный огонь. Автоматический огонь является основным видом огня.

Подача патронов при стрельбе производится из коробчатого магазина емкостью:

у автомата – на 30 патронов;

у пулемета – на 45 патронов.

Магазины автомата и пулемета взаимозаменяемы.

Боевые свойства автомата (пулемета) Калашникова приведены в таблице 12.1, а эксплуатационные характеристики с указанием весовых и линейных данных – в таблице 12.2.

Таблица 12.1

Боевые свойства автомата (пулемета) Калашникова

Боевые свойства	АК-74	РПК-74
Калибр	5,45х39 мм	
Режим огня очередями (выстрелов): короткими длинными непрерывно	 до 5 до 10 +	 до 5 до 15 +
Число нарезов	4	4
Темп стрельбы, выс/мин	до 600	до 600
Боевая скорострельность, выс/мин: одиночными выстрелами очередями	 до 40 до 100	 до 50 до 150
Начальная скорость полета пули, м/сек	900	960
Предельная дальность полета пули, м	3150	3150
Убойное действие пули, м	1350	1350
Прицельная дальность, м	1000	1000
Дальность прямого выстрела, м по грудной фигуре по ростовой фигуре	 440 625	 460 640
Дальность наиболее действительного огня, м	500	600
Дальность сосредоточенного огня, м	до 1000	до 1000

Таблица 12.2

Эксплуатационные свойства автомата (пулемета) Калашникова

Эксплуатационные свойства	АК-74	РПК-74
Вес, кг: с неснаряженным пластмассовым магазином со снаряженным пластмассовым магазином	 3,2 3,5	 5,0 5,61
Емкость магазина, патронов	30	45
Вес пластмассового магазина, кг	0,23	0,30
Вес штыка-ножа, кг: с ножнами без ножен	 0,49 0 32	 - -
Длина автомата (пулемета), мм: автомата с примкнутым штыком-ножом и откинутым прикладом автомата без штыка-ножа с откинутым прикладом пулемета с откинутым прикладом со сложенным прикладом	 1089 940 - 700	 - - 1060 845
Вес патрона, г	10,2	10,2
Вес пули со стальным сердечником, г	3,4	3,4
Вес порохового заряда, г	1,45	1,45

Пробивное действие пули со стальным сердечником 5,45-мм патрона при стрельбе из автомата Калашникова (АК-74 и АКС-74), ручного пулемета Калашникова (РПК-74 и РПКС-74) представлено в таблице 12.3.

Таблица 12.3

Пробивное действие пули со стальным сердечником

Наименование преграды (защитных средств)	Дальность стрельбы, м	Процент сквозных пробитий или глубина проникновения пули
Стальные листы (при угле встречи 90°) толщиной: 2 мм 3 мм 5 мм	 950 670 350	 50% 50% 50%

Окончание табл. 12.3

Наименование преграды (защитных средств)	Дальность стрельбы, м	Процент сквозных пробитий или глубина проникновения пули
Стальной шлем (каска)	800	80-90%
Бронежилет	550	75-100%
Брустверизплотного утрамбованного снега	400	50-60 см
Земляная преграда из утрамбованного суглинистого грунта	400	20-25 см
Стенка из сухих сосновых брусьев толщиной 20 см	650	50%
Кирпичная кладка	100	10-12см

12.2. Устройство

Автомат (пулемет) состоит из следующих основных частей и механизмов:

ствола со ствольной коробкой, прицельным приспособлением, прикладом и пистолетной рукояткой;

крышки ствольной коробки;

затворной рамы с газовым поршнем;

затвора;

возвратного механизма;

газовой трубки со ствольной накладкой;

ударно-спускового механизма;

цевья;

магазина.

У автомата имеется дульный тормоз-компенсатор и штык-нож, а у пулемета – пламегаситель и сошка.

В комплект автомата (пулемета) входят: принадлежность, ремень и сумка для магазинов (у пулемета две сумки).

В комплект автомата (пулемета) со складывающимся прикладом, кроме того, входит чехол для автомата (пулемета) с карманом

для магазина, а в комплект автомата (пулемета) с ночным прицелом входит ночной стрелковый прицел универсальный (НСПУ).

Основные части и механизмы автомата (ручного пулемета) представлены на рисунке 12.8.



Рис. 12.8. Основные части и механизмы автомата:

1 – ствол со ствольной коробкой, ударно-спусковым механизмом, прицельным приспособлением, прикладом и пистолетной рукояткой; 2 – дульный тормоз-компенсатор; 3 – крышка ствольной коробки; 4 – возвратный механизм; 5 – затворная рама с газовым поршнем; 6 – затвор; 7 – газовая трубка со ствольной накладкой; 8 – шомпол; 9 – цевье; 10 – магазин; 11 – пенал принадлежности; 12 – штык-нож.

12.3. Назначение частей и механизмов

Ствол предназначен для направления полета пули и придания ей вращательного движения.

Внешний вид ствола АК-74 представлен на рисунке 12.9, а РПК-74 – на рисунке 12.10.



Рис. 12.9. Ствол АК-74



Рис. 12.10. Ствол РПК–74

Внутри ствол имеет канал с четырьмя нарезами, вьющимися слева вверх направо. В казенной части канал гладкий и сделан по форме гильзы; эта часть канала служит для помещения патрона и называется патронником.

Переход от патронника к нарезной части канала ствола называется пульным входом.

Снаружи ствол автомата имеет основание мушки с резьбой для навинчивания дульного тормоза-компенсатора, а ствол пулемета имеет резьбу на дульной части для навинчивания пламегасителя. Ствол имеет втулки для стрельбы холостыми патронами, газоотводное отверстие, ***газовую камору*** (предназначена для направления пороховых газов из ствола на газовый поршень затворной рамы), соединительную муфту, колодку прицела и на казенном срезе вырез для зацепа выбрасывателя.

Основание мушки, газовая камора и колодка прицела закреплены на стволе с помощью штифтов. У пулемета, кроме того, на передней части ствола имеется основание сошки для присоединения сошки к стволу с отверстием для шомпола и кольцо с проушиной для увеличения надежности крепления шомпола.

Ствольная коробка, представленная на рисунке 12.11, предназначена для размещения частей и механизмов автомата (пулемета), защиты их от загрязнения, обеспечения действия автоматики.



Рис. 12.11. Ствольная коробка

В ствольной коробке помещается ударно-спусковой механизм. Сверху коробка закрывается крышкой. К ствольной коробке прикреплены: приклад с антабкой, пистолетная рукоятка и спусковая скоба с защелкой магазина. *У автоматов (пулеметов) с*

ночными прицелами к левой боковой стенке прикреплена планка для присоединения ночного прицела.

Прицельное приспособление предназначено для наводки автомата при стрельбе по целям на различные расстояния и состоит из прицела и мушки.

Прицел, представленный на рисунке 12.12, состоит из колодки прицела, пластинчатой дружины, прицельной планки и хомутика. Прицельная планка имеет гривку с прорезью для прицеливания и вырезы для удержания хомутика в установленном положении посредством защелки с пружиной. На прицельной планке нанесена шкала с делениями от 1 до 10; цифры шкалы обозначают дальности стрельбы в сотнях метров. У автомата на прицельной планке нанесена буква «П» – постоянная установка прицела, примерно соответствующая прицелу 4.

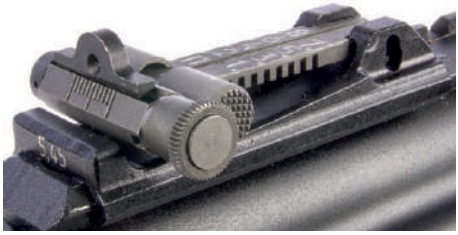


Рис. 12.12. Прицел

Мушка, представленная на рисунке 12.13, ввинчена в полозок, который закреплен в основании мушки. На полозке и на основании мушки нанесены риски, определяющие, положение мушки.



Рис. 12.13. Мушка

Приклад и пистолетная рукоятка, представленные на рисунке 12.14, предназначены для удобства действия автоматом.

Постоянный приклад автоматов АК-74, АК-74Н и пулеметов РПК-74, РПК-74Н имеет антабку для ремня,



Рис. 12.14. Приклад и пистолетная рукоятка

гнездо для пенала принадлежности и затыльник с крышкой над гнездом. В гнезде прикреплена пружина для выталкивания пенала.

Крышка ствольной коробки, представленная на рисунке 12.15, предназначена для предохранения от загрязнения частей и механизмов, помещенных в ствольной коробке.



Рис. 12.15. Крышка ствольной коробки

С правой стороны она имеет ступенчатый вырез для прохода выбрасываемых наружу гильз и для движения рукоятки затворной рамы, сзади – отверстие для выступа направляющего стержня возвратного механизма.

Крышка удерживается на ствольной коробке с помощью полукруглого выреза на колодке придела, поперечного паза ствольной коробки и выступа направляющего стержня возвратного механизма.



Рис. 12.16. Затворная рама с газовым поршнем

Затворная рама с газовым поршнем, представленная на рисунке 12.16, предназначена для приведения в действие затвора и ударно-спускового механизма.

Затворная рама имеет: внутри канал для возвратного механизма и канал для затвора; сзади предохранительный выступ; по бокам пазы для движения затворной рамы по отгибам ствольной коробки; с правой стороны выступ для опускания (поворота) рычага автоспуска и рукоятку для перезаряжания автомата (пулемета); снизу фигурный вырез для помещения в нем ведущего выступа затвора и паз для прохода отражательного выступа ствольной коробки.



Рис. 12.17. Затвор

В передней части затворной рамы укреплен газовый поршень.

Затвор, представленный на рисунке 12.17, предназначен для досылания патрона в патронник, закрывания канала ствола, разбивания

капсюля и извлечения из патронника гильзы патрона. Он состоит из остова, ударника, выбрасывателя с пружиной и осью, шпильки.

Остов имеет: на переднем срезе цилиндрический вырез для дна гильзы и паз для выбрасывателя; по бокам два боевых выступа, которые при запирании затвора заходят в вырезы ствольной коробки; сверху ведущий выступ для поворота затвора при запирании и отпирании; на левой стороне продольный паз для прохода отражательного выступа ствольной коробки.

Ударник имеет боек и уступ для шпильки.

Выбрасыватель с пружиной и осью предназначен для извлечения гильзы из патронника и удержания ее до встречи с отражательным выступом ствольной коробки. Выбрасыватель имеет зацеп для захвата гильзы, гнездо для пружины и вырез для оси.

Шпилька предназначена для закрепления ударника и оси выбрасывателя.

Возвратный механизм, представленный на рисунке 12.18, предназначен для возвращения затворной рамы с затвором в переднее положение.

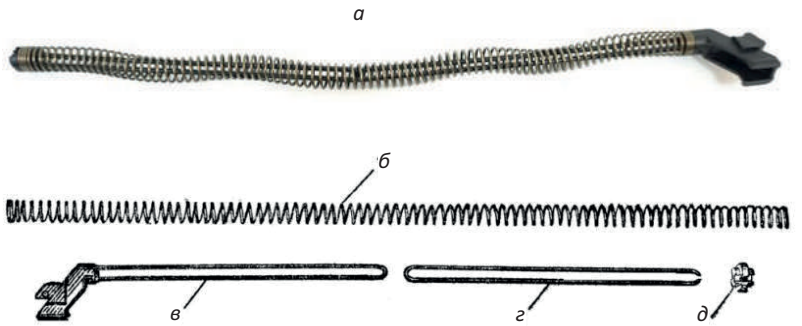


Рис. 12.18. Возвратный механизм

Он состоит из возвратной пружины (б), направляющего стержня (в), подвижного стержня (г) и муфты (д).

Направляющий стержень (см рис. 12.18, в) имеет на заднем конце упор для пружины, пятку с выступами для соединения со ствольной коробкой и выступ для удержания крышки ствольной коробки.

Подвижный стержень (см рис. 12.18, г) на переднем конце имеет загибы для надевания муфты.



Рис. 12.19. Газовая трубка со ствольной накладкой

Газовая трубка со ствольной накладкой, представленная на рисунке 12.19, предназначена для направления движения газового поршня и предохранения рук стрелка от ожогов при стрельбе.

Передним концом газовая трубка надевается на патрубок газовой каморы.

Ударно-спусковой механизм, представленный на рисунке 12.20, предназначен для спуска курка с боевого взвода (со взвода автоспуска), нанесения удара по ударнику, обеспечения ведения автоматического или одиночного огня, прекращения стрельбы, предотвращения выстрелов при незапертом затворе и постановки автомата (пулемета) на предохранитель.

Ударно-спусковой механизм помещается в ствольной коробке, где крепится тремя взаимозаменяемыми осями, и состоит из курка с боевой пружиной (а), спускового крючка (б), шептала одиночного огня с пружиной (в), переводчика (г), автоспуска с пружиной (д) и трубчатой оси (е).

Курок с боевой пружиной предназначен для нанесения удара по ударнику. На курке имеются (см. рис. 12.20, а) боевой взвод, взвод автоспуска, цапфы и отверстие для оси. Боевая пружина надевается на цапфы курка и своей петлей действует на курок, а концами – на прямоугольные выступы спускового крючка.

Спусковой крючок предназначен для удержания курка на боевом взводе и для спуска курка. Он имеет (см. рис. 12.20, б) фигурный выступ, отверстие для оси, прямоугольные выступы и хвост. Своим фигурным выступом он удерживает курок на боевом взводе.

Шептало одиночного огня (см. рис. 12.20, в) предназначено для удержания курка после выстрела в крайнем заднем положении, если при ведении одиночного огня спусковой крючок не был отпущен. Оно находится на одной оси со спусковым крючком.

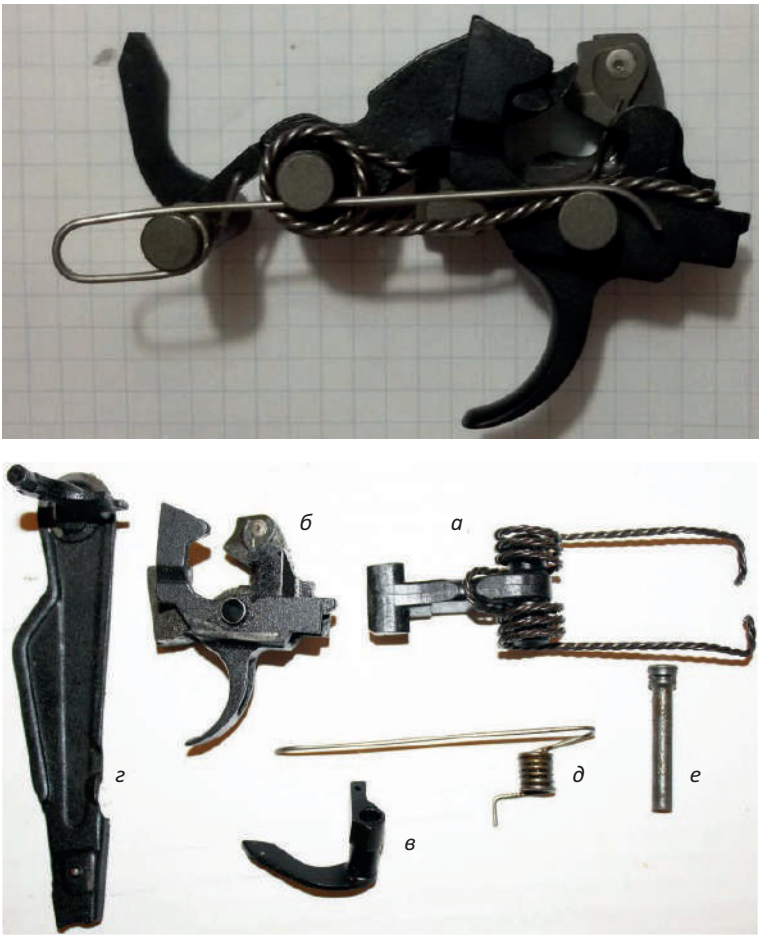


Рис. 12.20. Ударно–спусковой механизм

Переводчик (см. рис. 12.20, г) предназначен для установки автомата (пулемета) на автоматический или одиночный огонь, а также на предохранитель. Нижнее положение переводчика отвечает установке его на одиночный огонь (ОД), среднее – на автоматический огонь (АВ) и верхнее – на предохранитель.

Автоспуск (см. рис. 12.20, д) служит для автоматического освобождения курка со взвода автоспуска при стрельбе очередями, а

также для предотвращения спуска курка при незакрытом канале ствола и незапертом затворе. Он имеет шептало для удержания курка на взводе автоспуска, рычат для поворота автоспуска выступом затворной рамы при подходе ее в переднее положение и пружину.



Рис. 12.21. Цевье

Цевье, представленное на рисунке 12.21, предназначено для удобства действия и предохранения рук автоматчика от ожогов.

Цевье прикрепляется к стволу снизу с помощью соединительной муфты и к ствольной коробке посредством выступа, входящего в гнездо ствольной коробки.

Магазин, представленный на рисунке 12.22, предназначен для помещения патронов и подачи их в ствольную коробку.

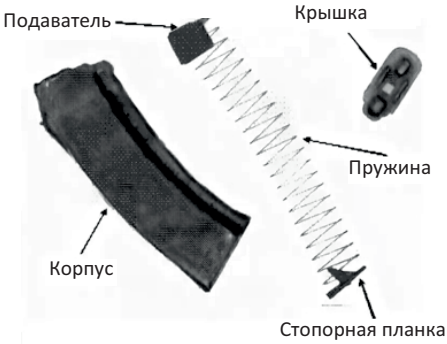


Рис. 12.22. Магазин

Он состоит из пластмассового корпуса, крышки, стопорной планки, пружины и подавателя.

Корпус магазина соединяет все части магазина. Его боковые стенки имеют сверху (на горловине) загибы для удержания патронов от выпадания и выступы, ограничивающие подъем подавателя. На передней стенке имеется зацеп, а на задней опорный выступ, посредством которых магазин присоединяется к ствольной коробке. На задней стенке корпуса внизу имеется контрольное отверстие для определения полноты снаряжения магазина патронами.

Крышкой корпус закрывается снизу. В крышке имеется отверстие для выступа стопорной планки.

Внутри корпуса помещается подаватель и пружина со стопорной планкой.

Подаватель удерживается на верхнем конце пружины с помощью внутреннего загиба на правой стенке подавателя; подаватель имеет выступ, обеспечивающий шахматное расположение патронов в магазине.

Стопорная планка закреплена неотъемно на нижнем конце пружины и своим выступом удерживает крышку магазина от перемещения.

Дульный тормоз-компенсатор для АК-74, представленный на рисунке 12.23, предназначен для повышения кучности боя и уменьшения энергии отдачи.



Рис. 12.23. Дульный тормоз – компенсатор

Он имеет переднюю и заднюю каморы с круглым отверстием в них для вылета пули.

Передняя камора имеет: венчик, на который надевается кольцо штык-ножа при примыкании его к автомату; прямоугольный паз, в который входит выступ штык-ножа; два окна для выхода пороховых газов.

Задняя камора имеет спереди две щели, а в средней части – три компенсационных отверстия для выхода пороховых газов.

Сзади дульный тормоз-компенсатор имеет внутреннюю резьбу для навинчивания на основание мушки, выем, в который заходят фиксатор и круговой скос, облегчающий вставлять и вынимать шомпол.

Пламегаситель для РПК-74, представленный на рисунке 12.24, предназначен для уменьшения величины пламени при выстреле.



Рис. 12.24. Пламегаситель

Он имеет резьбу для навинчивания на ствол, пять выемок для фиксатора и пять продольных щелей для выхода газов.

Штык-нож для АК-74, представленный на рисунке 12.25, предназначен для поражения противника в бою, использования в каче-

стве ножа, пилы для распиловки металла и ножниц для разрезки проволоки. Штык-нож состоит из лезвия и рукоятки.



Рис. 12.25. Штык–нож с ножнами

На лезвии имеется режущая грань, пила, заточенная кромка, которая в сочетании с ножнами используется как ножницы, отверстие, в которое вставляется выступ-ось ножен.

Рукоятка предназначена для удобства действия и для примыкания штык-ножа к автомату. На рукоятке имеется ремень для удобства обращения со штык-ножом. На наконечнике имеются продольные пазы, которыми штык-нож надевается на соответствующие выступы на упоре основания мушки, защелка, предохранительный выступ и отверстие для ремня.

Ножны предназначены для ношения штык-ножа на поясном ремне, использования вместе со штык-ножом для разрезки проволоки. Ножны (см. рис. 12.25) имеют подвеску с петлей, выступ-ось, упор для ограничения поворота штык-ножа при действии ими как ножницами; внутри ножен имеется пластинчатая пружина с фиксатором для удержания штык-ножа от выпадения.

Принадлежность, представленная на рисунке 12.26, предназначена для разборки, сборки, чистки, смазки автомата и ускоренного снаряжения магазина патронами.

К принадлежности относятся: масленка, пенал, отвертка, ершик, выколотка, протирка, обоймы, переходник, шомпол.

Масленка предназначена для хранения ружейной смазки; переносится в кармане сумки для магазинов.

Пенал предназначен для хранения отвертки, ершика, выколотки и протирки. Он закрывается крышкой. Пенал применяется как рукоятка для отвертки при ввинчивании и вывинчивании мушки и для поворота замыкателя газовой трубки, а также как рукоятка для шомпола.



Рис. 12.26. Принадлежность

Пенал имеет сквозные отверстия, в которые вставляется шомпол при чистке автомата (пулемета), овальные отверстия для отвертки и прямоугольное отверстие для поворота замыкателя газовой трубки при разборке и сборке автомата (пулемета).

Отвертка и выколотка применяются при разборке и сборке автомата (пулемета).

Вырез на конце отвертки предназначен для ввинчивания и вывинчивания мушки, а боковой вырез – для закрепления протирки на шомполе. Для удобства пользования отверткой она вставляется в боковые отверстия пенала. При чистке канала ствола отвертка вкладывается в пенал поверх головки шомпола.

Ершик используется для чистки канала ствола.

Протирка применяется для чистки и смазки канала ствола, каналов и полостей других частей автомата (пулемета). Она имеет внутреннюю резьбу для навинчивания на шомпол и прорезь для ветоши или пакли.

Обойма предназначена для переноски патронов и ускоренного снаряжения магазина патронами. В обойме помещается 15 патронов. Она имеет два продольных паза и пластинчатую пружину, удерживающую патроны от выпадения. Кроме того, пластинчатая пружина обеспечивает прочное соединение обоймы с переходником.

Переходник предназначен для соединения обоймы с магазином при снаряжении его патронами. Он имеет снизу (уширенная часть) два загиба, которые входят в соответствующие пазы на горловине магазина, а сверху два продольных паза для обоймы, отверстие для

пружины обоймы и упор, ограничивающий продвижение обоймы при вставлении ее в переходник.

Шомпол применяется для чистки и смазки канала ствола, а также каналов и полостей частей автомата (пулемета). Он имеет головку с отверстием для выколотки, нарезку для навинчивания протирки или ершика.

Сошка пулемета, представленная на рисунке 12.27, служит упором при стрельбе.



Рис. 12.27. Пулемет РПК на сошке

Сошка от пулемета не отделяется.

Она имеет основание, две ноги с полозками для упора в грунт и выступами для фиксации ног в сложенном положении, пружину для разведения ног, пружинную застежку на левой ноге для скрепления ног в сложенном положении.

12.4. Работа автоматики

Автоматическое действие автомата (ручного пулемета) основано на использовании энергии пороховых газов, отводимых из канала ствола в газовую камору. Схема действия автоматики представлена на рисунке 12.28.



Рис. 12.28. Схема автоматического действия АК-74 (РПК-74)

При выстреле часть пороховых газов, следующих за пулей, устремляется через отверстие в стенке ствола в газовую камору, давит на переднюю стенку газового поршня и отбрасывает поршень и затворную раму с затвором в заднее положение. При отходе затворной рамы назад происходит отпирание затвора, затвор извлекает из патронника гильзу и выбрасывает ее наружу, затворная рама сжимает возвратную пружину и взводит курок (ставит его на взвод автоспуска).

В переднее положение затворная рама с затвором возвращается под действием возвратного механизма, затвор при этом досылает очередной патрон из магазина в патронник и закрывает канал ствола, а затворная рама выводит шептало автоспуска из-под взвода автоспуска курка. Курок становится на боевой взвод. Запирание затвора осуществляется его поворотом вокруг продольной оси вправо, в результате чего боевые выступы затвора заходят за боевые упоры ствольной коробки.

Если переводчик установлен на автоматический огонь, то стрельба будет продолжаться до тех пор, пока нажат спусковой крючок и в магазине есть патроны.

Если переводчик установлен на одиночный огонь, то при нажатии на спусковой крючок произойдет только один выстрел; для производства следующего выстрела необходимо отпустить спусковой крючок и нажать на него снова.

12.5. Работа частей и механизмов.

Положение частей и механизмов до заряжания представлено на рисунке 12.29.

Затворная рама с газовым поршнем и затвором (8) под действием возвратного механизма находятся в крайнем переднем положении, газовый поршень – в патрубке газовой каморы; канал ствола закрыт затвором. Затвор повернут вокруг продольной оси вправо, его боевые выступы находятся в вырезах ствольной коробки – затвор заперт. Возвратная пружина имеет наименьшее сжатие.

Рычаг автоспуска (7) под действием выступа затворной рамы повернут вперед и вниз.

Курок (6) спущен и упирается в затвор. Ударник под действием курка подан вперед.

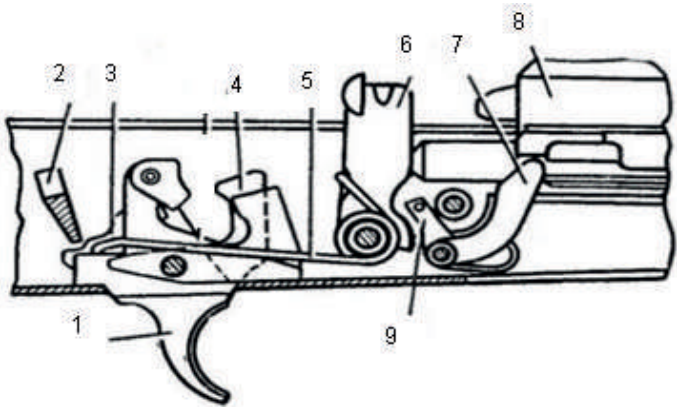


Рис. 12.29. Положение частей ударно-спускового механизма до заряжания при включенном предохранителе и спущенном курке: 1 – спусковой крючок; 2 – сектор переводчика; 3 – шептало одиночного огня; 4 – фигурный выступ спускового крючка; 5 – боевая пружина; 6 – курок; 7 – рычаг автоспуска; 8 – затворная рама; 9 – шептало автоспуска

Боевая пружина (5) находится в наименьшем сжатии; своей петлей она прижимает курок к затвору, а изогнутыми концами – прямоугольные выступы спускового крючка к дну ствольной коробки, при этом хвост спускового крючка находится в переднем положении.

Переводчик (2) находится в крайнем верхнем положении и закрывает ступенчатый вырез в крышке ствольной коробки (переводчик поставлен на предохранитель); сектор переводчика вошел в вырез шептала одиночного огня и находится над правым прямоугольным выступом спускового крючка (запирает спусковой крючок).

12.5.1. Работа частей и механизмов при заряжании

Для заряжания автомата необходимо присоединить к нему снаряженный магазин, поставить переводчик на автоматический огонь (АВ), отвести затворную раму назад до отказа и отпустить ее – автомат заряжен.

Если не предстоит немедленное открытие огня, то необходимо поставить переводчик на предохранитель.

Положение частей ударно-спускового механизма перед выстрелом представлено на рисунке 12.30.

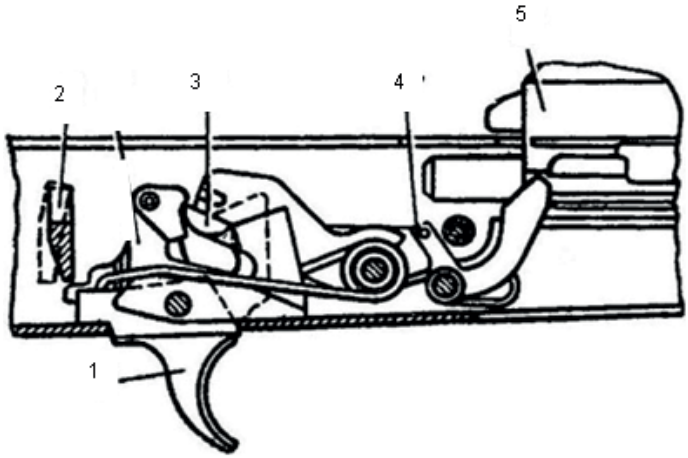


Рис. 12.30. Положение частей ударно-спускового механизма перед выстрелом: 1 – спусковой крючок; 2 – сектор переводчика; 3 – курок; 4 – шептало автоспуска; 5 – затворная рама.

При присоединении ***магазина*** его зацеп заходит за выступ ствольной коробки, а опорный выступ заскакивает за защелку и магазин удерживается в окне ствольной коробки. Верхний патрон, упираясь снизу в затворную раму, несколько опускает патроны в магазин, сжимая его пружину.

При постановке ***переводчика*** (2) на автоматический огонь ступенчатый вырез в крышке ствольной коробки для рукоятки затворной рамы освобождается, сектор переводчика остается в вырезе шептала одиночного огня, но не препятствует повороту спускового крючка.

При отведении ***затворной рамы*** (5) назад, на длину свободного хода, она, действуя передним скосом фигурного выреза на ведущий выступ затвора, поворачивает затвор влево, боевые выступы затвора выходят из вырезов ствольной коробки – происходит отпирание затвора. Выступ затворной рамы освобождает рычаг автоспуска, и шептало автоспуска под действием пружины прижимается к передней плоскости курка.

При дальнейшем отведении затворной рамы вместе с ней отходит назад затвор, открывая канал ствола. ***Возвратная пружина*** сжимается.

Курок (3) под действием затворной рамы поворачивается на оси, боевая пружина закручивается. Боевой взвод курка заскакивает за фигурный выступ спускового крючка и курок становится на ***шептало автоспуска*** (4). Рычаг автоспуска при этом поднимается вверх и становится на пути движения выступа затворной рамы.

Как только нижняя плоскость затворной рамы пройдет окно для магазина, ***патроны*** под действием пружины магазина поднимутся вверх до упора верхним патроном в загиб стенки магазина.

При отпускании затворной рамы она вместе с затвором под действием возвратного механизма подается вперед. ***Затвор*** выталкивает из магазина верхний патрон, досылает его в патронник и закрывает канал ствола. При подходе затвора к казенному срезу ствола зацеп выбрасывателя заскакивает в кольцевую проточку гильзы. Затвор под действием скоса левого выреза ствольной коробки на скос левого боевого выступа затвора, а затем под действием фигурного выреза затворной рамы на ведущий выступ затвора поворачивается вокруг продольной оси вправо. Боевые выступы затвора заходят за боевые упоры ствольной коробки – затвор запирается. Затворная рама, продолжая движение в крайнее переднее положение, своим выступом поворачивает рычаг автоспуска вперед и вниз, выводя шептало автоспуска из-под взвода автоспуска курка; курок под действием боевой пружины поворачивается и становится на боевой взвод.

Патроны в магазине под действием пружины поднимаются кверху до упора верхним патроном в затворную раму.

При постановке переводчика на предохранитель ***переводчик*** закрывает ступенчатый вырез крышки ствольной коробки и становится на пути движения рукоятки затворной рамы назад; сектор переводчика поворачивается вперед и становится над правым прямоугольным выступом спускового крючка (запирает спусковой крючок).

12.5.2. Работа частей и механизмов при автоматической стрельбе

Для производства автоматической стрельбы необходимо поставить переводчик на автоматическую стрельбу (АВ), если он не был поставлен при заряжании, и нажать на спусковой крючок.

При постановке переводчика на автоматическую стрельбу сектор ***переводчика*** освобождает прямоугольный выступ спускового крючка (отпирает спусковой крючок), но перекрывает ступенчатый выступ шептала одиночной стрельбы. ***Спусковой крючок*** получает возможность поворачиваться вокруг своей оси; шептало одиночной стрельбы от поворота вместе со спусковым крючком удерживается сектором переводчика.

При нажатии на хвост спускового крючка его фигурный выступ выходит из зацепления с боевым взводом курка. ***Курок*** под действием боевой пружины поворачивается на своей оси и энергично наносит удар по ударнику.

Ударник бойком разбивает капсюль патрона. Ударный состав капсюля патрона воспламеняется, пламя через затравочные отверстия в дне гильзы проникает к пороховому заряду и воспламеняет его. **Происходит выстрел.**

Пуля под действием пороховых газов движется по каналу ствола; как только она минует газоотводное отверстие, часть газов устремляется через это отверстие в газовую камору, давит на газовый поршень штока и отбрасывает затворную раму назад.

Отходя назад, ***затворная рама*** (как и при отведении ее назад за рукоятку) передним скосом фигурного выреза поворачивает затвор вокруг продольной оси и выводит его боевые выступы из-за боевых упоров ствольной коробки происходят отпирание затвора и открывание канала ствола, выступ затворной рамы освобождает рычаг автоспуска, он под действием пружины несколько поднимается вверх, а ***шептало автоспуска*** прижимается к передней плоскости курка. К этому времени пуля покидает канал ствола.

После вылета пули из канала ствола пороховые газы попадают в заднюю камеру дульного тормоза-компенсатора, расширяются и, истекая через компенсационные отверстия, создают реактивную силу, которая отклоняет дульную часть автомата в сторону, противоположную расположению отверстий (влево, вниз). Часть пороховых газов, ударяясь о передние стенки задней и передней камер, уменьшает отдачу. Встреча газов, выходящих из щелей задней камеры, с газами, отраженными от передней стенки передней камеры, уменьшает звук выстрела.

После вылета пули из канала ствола укороченного автомата пороховые газы попадают в камеру пламегасителя, расширяются, через отверстие и конический раструб вылетают в атмосферу, чем обеспечивается уменьшение пламени и звука при выстреле.

Затворная рама с затвором по инерции продолжает движение назад; гильза, удерживаемая зацепом выбрасывателя, наталкивается на отражательный выступ ствольной коробки и отражается (выбрасывается) наружу.

В дальнейшем работа частей и механизмов, за исключением работы курка, происходит так же, как и при заряжании.

Курок становится на верхний выступ шептала автоспуска и удерживается на нем при возвращении затворной рамы с затвором в переднее положение. После того как затвор дошлет верхний патрон из магазина в патронник, произойдут закрывание канала ствола и запирание затвора; затворная рама, продолжая движение вперед, выводит шептало автоспуска из-под взвода автоспуска курка. Курок под действием боевой пружины поворачивается и наносит удар по ударнику. Происходит выстрел. Работа частей и механизмов автомата повторяется. Автоматическая стрельба будет продолжаться до тех пор, пока нажат спусковой крючок и в магазине имеются патроны.

Для прекращения стрельбы необходимо отпустить спусковой крючок. При этом ***спусковой крючок*** под действием боевой пружины повернется и его фигурный выступ встанет на пути движения боевого взвода курка. Курок останавливается на боевом взводе. Стрельба прекращается, но автомат остается заряженным, готовым к производству дальнейшей автоматической стрельбы.

12.5.3. Работа частей и механизмов при стрельбе одиночными выстрелами

Для производства одиночного выстрела необходимо поставить переводчик на одиночную стрельбу (ОД) и нажать на спусковой крючок.

При постановке ***переводчика*** из положения на предохранитель в положение на одиночную стрельбу (ОД) сектор переводчика освобождает прямоугольный выступ спускового крючка (отпирает спусковой крючок), освобождает ступенчатый выступ шептала одиноч-

ной стрельбы и при стрельбе в работе ударно-спускового механизма участия не принимает.

При нажатии на хвост ***спускового крючка*** его фигурный выступ выходит из зацепления с боевым взводом курка. ***Курок*** под действием боевой пружины поворачивается на своей оси и энергично наносит удар по ударнику. **Происходит выстрел.**

Положение частей ударно-спускового механизма после выстрела при переводчике, установленном на одиночный огонь представлено на рисунке 12.31.

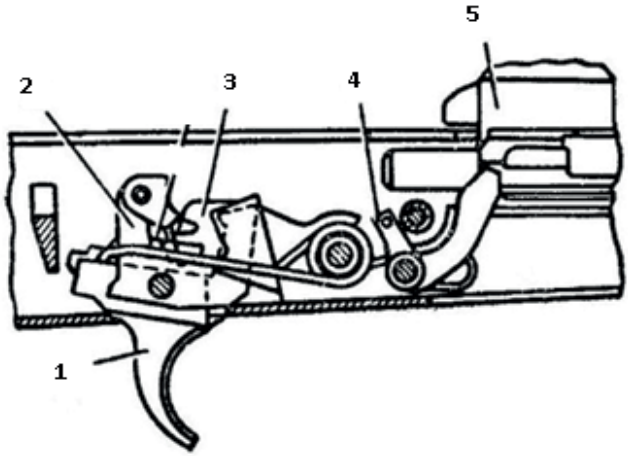


Рис. 12.31. Положение частей ударно-спускового механизма после выстрела при переводчике, установленном на одиночный огонь: 1 – спусковой крючок; 2 – шептало одиночного огня; 3 – курок; 4 – шептало автоспуска; 5 – затворная рама

После первого выстрела части и механизмы совершат ту же работу, что и при автоматической стрельбе, но следующего выстрела не произойдет, так как вместе со спусковым крючком повернулось вперед шептало одиночной стрельбы и его зацеп встал на пути движения боевого взвода курка. Боевой взвод курка заскочит за шептало одиночной стрельбы, и курок остановится в заднем положении.

Для производства следующего выстрела необходимо отпустить спусковой крючок и снова нажать на него.

Когда ***спусковой крючок*** будет отпущен, он под действием концов боевой пружины повернется вместе с ***шепталом одиночной стрельбы***, шептало одиночной стрельбы выйдет из зацепления с боевым взводом курка и освободит курок. ***Курок*** под действием боевой пружины поворачивается и становится на боевой взвод. При нажатии на спусковой крючок его фигурный выступ выйдет из зацепления с боевым взводом курка, и работа частей и механизмов повторится. **Произойдет очередной выстрел.**

При постановке автомата на предохранитель переводчик закрывает ступенчатый вырез крышки ствольной коробки и становится на пути движения рукоятки затворной рамы назад. Сектор переводчика поворачивается вперед и становится над правым прямоугольным выступом спускового крючка (запирает спусковой крючок).

12.6. Задержки при стрельбе из автомата (ручного пулемета) и способы их устранения

Части и механизмы автомата (ручного пулемета) при правильном обращении и надлежащем уходе длительное время работают надежно и безотказно. Однако в результате загрязнения механизмов, износа частей и небрежного обращения с автоматом (ручным пулеметом), а также при неисправности патронов могут возникнуть задержки при стрельбе.

Возникшую при стрельбе задержку следует попытаться устранить перезаряжанием, для чего быстро отвести затворную раму за рукоятку назад до отказа, отпустить ее и продолжать стрельбу. Если задержка не устранилась, то необходимо выяснить причину ее возникновения и устранить задержку, как указано в таблице 12.4.

Таблица 12.4

Задержки при стрельбе и их характеристика, причины и способы устранения

Задержки и их характеристика	Причины задержек	Способ устранения.
Задержки, возникающие при движении подвижных частей вперед		
Неподача патрона Затвор в переднем положении, но выстрела не произошло, в патроннике нет патрона.	1. Загрязнение, неисправность магазина. 2. Неисправность защелки магазина.	Перезарядить оружие, продолжать стрельбу. При повторении задержки заменить магазин. При неисправности защелки магазина отправить автомат (пулемет) в ремонтную мастерскую
Утыкание патрона Патрон пулей уткнулся в казенный срез ствола, подвижные части остались в среднем положении.	Неисправность магазина.	Удалить уткнувшийся патрон и продолжить стрельбу. При повторении задержки заменить магазин.
Не доход затворной рамы в переднее положение	Поломка возвратной пружины.	Заменить пружину. В боевой обстановке переднюю часть пружины повернуть заправленным концом назад и продолжать стрельбу.
Задержки, возникающие при стрельбе		
Осечка. Затвор в переднем положении, патрон в патроннике, курок спущен, выстрела не произошло.	1. Неисправность патрона. 2. Неисправность ударника или ударно-спускового механизма; загрязнение или застывание смазки (отсутствует или малый накол бойка на капсюле). 3. Заклинивание ударника в затворе.	Перезарядить оружие, продолжать стрельбу. При повторной задержке осмотреть и прочистить ударник и ударно-спусковой механизм. При поломке или износе ударно-спускового механизма автомат (пулемет) отправить в ремонтную мастерскую. Отделить ударник от затвора и прочистить отверстие в затворе под ударником.

Окончание табл. 12.4

Задержки и их характеристика	Причины задержек	Способ устранения.
Задержки, возникающие при движении подвижных частей назад		
Не извлечение гильзы Гильза в патроннике, очередной патрон упирается в нее пулей, подвижные части в среднем положении.	1. Грязный патрон или загрязнение патронника. 2. Загрязнение или неисправность выбрасывателя или его пружины.	Отвести рукоятку затворной рамы назад и, удерживая ее в заднем положении, отделить магазин и извлечь уткнувшийся патрон. Затвором или шомполом извлечь гильзу из патронника. Продолжать стрельбу. При повторении задержки прочистить патронник и патроны. Осмотреть и очистить от грязи выбрасыватель и продолжать стрельбу. При неисправности выбрасывателя автомат (пулемет) отправить в ремонтную мастерскую.
Прихват или не отражение гильзы Гильза не выброшена из ствольной коробки, а осталась впереди затвора или дослана затвором обратно в патронник.	1. Загрязнение трущихся частей, газовых путей патронника. 2. Загрязнение или неисправность выбрасывателя.	Отвести рукоятку затворной рамы назад, выбросить гильзу и продолжать стрельбу. При повторении задержки прочистить газовые пути и трущиеся части, патронник; трущиеся части смазать. При неисправности выбрасывателя автомат (пулемет) отправить в ремонтную мастерскую

12.7. Разборка и сборка автомата (ручного пулемета)

Разборка автомата (ручного пулемета) может быть неполная и полная.

Неполная разборка применяется для чистки, смазки и осмотра автомата (ручного пулемета).

Полная разборка применяется для чистки при сильном загрязнении автомата (ручного пулемета) и после нахождения его под дождем или в снегу, при ремонте.

Разборку и сборку автомата (ручного пулемета) необходимо производить на столе или чистой подстилке; части и механизмы класть в порядке разборки, обращаться с ними осторожно, не класть одну часть на другую и не применять излишних усилий и резких ударов.

При сборке автомата (ручного пулемета) сличить номера на его частях: у каждого автомата (пулемета) номеру на ствольной коробке должны соответствовать номера на газовой трубке, затворной раме, затворе, крышке ствольной коробки и других частях.

Перед разборкой пулемета установить его на сошку дульной частью влево, для чего освободить ноги сошки от пружинной застежки и отвести сошку от ствола так, чтобы ее ноги заняли фиксированное положение. В конце сборки пулемета сложить ноги сошки, для чего, удерживая пулемет левой рукой в вертикальном положении, правой рукой (несколько сводя ноги сошки) прижать их к стволу и закрепить пружинной застежкой.

Излишне частая разборка автомата (ручного пулемета) вредна, так как ускоряет изнашивание частей и механизмов. Поэтому о*бучение разборке и сборке на боевых автоматах (пулеметах) допускается лишь в исключительных случаях и с соблюдением особой осторожности в обращении с частями и механизмами.*

12.7.1. Порядок неполной разборки

1. Отсоединить магазин, для чего удерживая автомат (ручной пулемет) левой рукой за шейку приклада или цевье, правой рукой обхватить магазин, как показано на рисунке 12.32, и нажимая большим пальцем на защелку, подать нижнюю часть магазина вперед и отделить его.

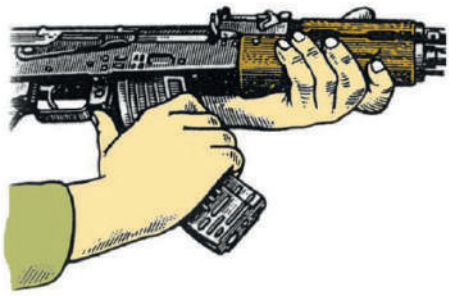


Рис. 12.32. Отделение магазина

2. Проверить, нет ли патрона в патроннике, для

чего: опустить переводчик вниз, поставив его в положение «АВ» или «ОД»; отвести рукоятку затворной рамы назад, осмотреть патронник, отпустить рукоятку затворной рамы и спустить курок с боевого взвода.

При разборке автомата (ручного пулемета) с ночным прицелом после отделения магазина отделить ночной прицел, для чего отвести ручку зажимного устройства влево и назад, сдвигая прицел назад, отделить его от автомата (пулемета).

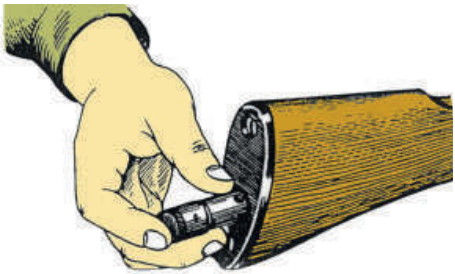


Рис. 12.33. Извлечение пенала

3. Вынуть пенал принадлежности из гнезда приклада, для чего утопить пальцем правой руки крышку гнезда приклада так, чтобы пенал под действием пружины вышел из гнезда, как показано на рисунке 12.33, раскрыть пенал и вынуть из него протирку, ершик, отвертку и выколотку.

У автомата со складывающимся прикладом пенал носится в кармане сумки для магазинов.

4. Отделить шомпол, для чего оттянуть конец шомпола от ствола так, чтобы его головка вышла из-под упора на основании мушки, как показано на рисунке 12.34, и вынуть шомпол.

При затруднительном отделении шомпола разрешается пользоваться выколоткой, которую следует вставить в отверстие головки шомпола, оттянуть от ствола конец шомпола и вынуть его.

5. Отделить у автомата дульный тормоз-компенсатор, у пулемета – пламегаситель, для чего утопить отверткой фиксатор дульного тормоза-компенсатора (пламегасителя), как показано на рисунке 12.35, и свернуть дульный тормоз-компенсатор (пламегаситель) с резьбового выступа основания мушки (со ствола), вращая его против хода часовой стрелки.

В случае чрезмерно тугого вращения дульного тормоза-компенсатора (пламегасителя) допускается производить отворачи-



Рис. 12.34. Отделение шомпола

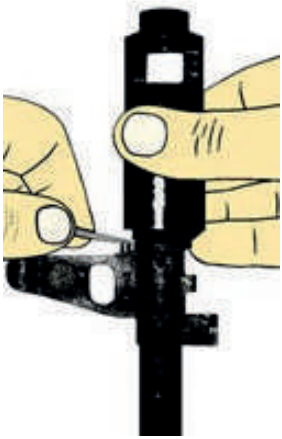


Рис. 12.35. Отделение дульного тормоза-компенсатора

вание его с помощью выколотки (шомпола), вставленной в окна дульного тормоза-компенсатора (щели пламегасителя).

6. Отделить крышку ствольной коробки, для чего левой рукой обхватить шейку приклада, большим пальцем этой руки нажать на выступ направляющего стержня возвратного механизма, правой рукой приподнять вверх заднюю часть крышки ствольной коробки, как показано на рисунке 12.36, и отделить крышку.



Рис. 12.36. Отделение крышки ствольной коробки

7. Отделить возвратный механизм, для чего удерживая автомат (пулемет) левой рукой за шейку приклада, правой рукой подать вперед направляющий стержень возвратного механизма до выхода его пятки из продольного паза ствольной коробки, приподнять задний конец направляющего стержня, как показано на рисунке 12.37, и извлечь возвратный механизм из канала затворной рамы.

8. Отделить затворную раму с затвором, для чего продолжая удерживать автомат левой рукой, правой рукой отвести затворную раму назад до отказа, приподнять ее вместе с затвором, как показано на рисунке 12.38, и отделить от ствольной коробки.

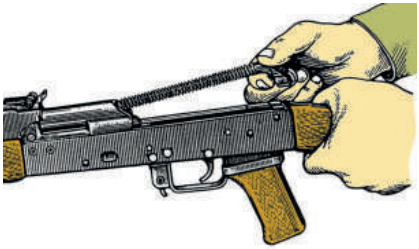


Рис. 12.37. Отделение возвратного механизма



Рис. 12.38. Отделение затворной рамы с затвором

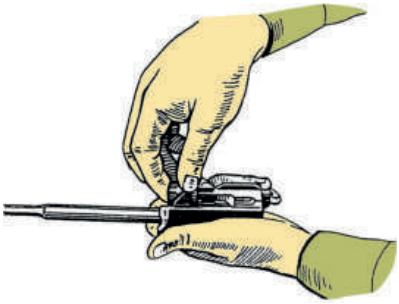


Рис. 12.39. Отделение затвора от затворной рамы

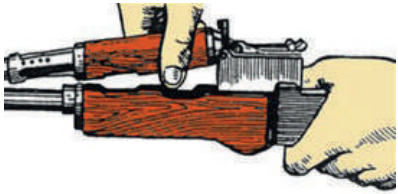


Рис. 12.40. Отделение газовой трубки со ствольной накладкой

9. Отделить затвор от затворной рамы, для чего взять затворную раму в левую руку затвором кверху, как показано на рисунке 12.39, правой рукой отвести затвор назад, повернуть его так, чтобы ведущий выступ затвора вышел из фигурного выреза затворной рамы, и вывести затвор вперед.

10. Отделить газовую трубку со ствольной накладкой, для чего удерживая автомат (пулемет) левой рукой, правой рукой надеть пенал принадлежности прямоугольным отверстием на выступ замыкателя газовой трубки, повернуть замыкатель от себя до вертикального положения, как показано на рисунке 12.40, и снять газовую трубку со ствольной накладкой с патрубка газовой каморы.

12.7.2. Порядок сборки после неполной разборки

1. Присоединить газовую трубку со ствольной накладкой, для чего удерживая автомат (пулемет) левой рукой, правой надвинуть газовую трубку передним концом на патрубок газовой каморы и плотно прижать задний конец ствольной накладки к стволу; повернуть с помощью пенала принадлежности замыкатель на себя до входа его фиксатора в выем на колодке прицела.

2. Присоединить затвор к затворной раме, для чего взять затворную раму в левую руку, а затвор в правую и вставить его цилиндрической частью в канал рамы; повернуть затвор так, чтобы его ведущий выступ вошел в фигурный вырез затворной рамы, и продвинуть затвор вперед.

3. Присоединить затворную раму с затвором к ствольной коробке, для чего взять затворную раму в правую руку так, чтобы затвор удерживался большим пальцем в переднем положении; левой рукой обхватить шейку приклада, правой ввести газовый поршень в полость колодки прицела и продвинуть затворную раму вперед настолько, чтобы отгибы ствольной коробки вошли в пазы затворной рамы, небольшим усилием прижать ее к ствольной коробке и продвинуть вперед.

4. Присоединить возвратный механизм, для чего правой рукой ввести возвратный механизм в канал затворной рамы; сжимая возвратную пружину, подать направляющий стержень вперед и, опустив несколько книзу, ввести его пятку в продольный паз ствольной коробки.

5. Присоединить крышку ствольной коробки, для чего вставить крышку ствольной коробки передним концом в полукруглый вырез на колодке прицела; нажать на задний конец крышки ладонью правой руки вперед и книзу так, чтобы выступ направляющего стержня возвратного механизма вошел в отверстие крышки ствольной коробки.

6. Спустить курок с боевого взвода и поставить на предохранитель, для чего нажать на спусковой крючок и поднять переводчик вверх до отказа.

7. Присоединить дульный тормоз-компенсатор (у пулемета – пламегаситель), для чего навернуть дульный тормоз-компенсатор (пламегаситель) на резьбовой выступ основания мушки (на ствол) до упора.

Если паз дульного тормоза-компенсатора (пламегасителя) не совпал с фиксатором, необходимо отвернуть дульный тормоз-компенсатор или пламегаситель (не более одного оборота) до совмещения паза с фиксатором.

8. Присоединить шомпол.

9. Вложить пенал в гнездо приклада, для чего уложить протирку, ершик, отвертку и выколотку в пенал и закрыть его крышкой, вложить пенал дном в гнездо приклада и утопить его так, чтобы гнездо закрылось крышкой.

У автоматов со складывающимся прикладом пенал убирается в карман сумки для магазинов.

10. Присоединить магазин к автомату (пулемету), для чего удерживая автомат (пулемет) левой рукой за шейку приклада или цевье, правой рукой ввести в окно ствольной коробки зацеп магазина и повернуть магазин на себя так, чтобы защелка заскочила за опорный выступ магазина.

При сборке автомата (пулемета) с ночным прицелом до присоединения магазина присоединить прицел НСПУ.

12.8. Уход за автоматом (ручным пулеметом)

Автомат (ручной пулемет) должен содержаться в полной исправности и быть готовым к действию. Это достигается своевременной и умелой чисткой и смазкой, правильным хранением.

Чистка автомата (ручного пулемета), находящегося в подразделении, производится:

при подготовке к стрельбе;

после стрельбы боевыми и холостыми патронами – немедленно по окончании стрельбы на стрельбище (в поле). При этом чистятся и смазываются ствольная коробка, канал ствола, газовая камора, газовый поршень, затворная рама и затвор;

окончательная чистка автомата (пулемета) производится по возвращении со стрельбы и в течение последующих 3–4 дней ежедневно;

после наряда и занятий в поле без стрельбы – по возвращении с наряда или занятий;

в боевой обстановке и на длительных учениях – ежедневно в периоды затишья боя и во время перерывов учений;

если автомат (ручной пулемет) не применялся – не реже одного раза в неделю.

После чистки автомат (ручной пулемет) смазать. Смазку наносить только на хорошо очищенную и сухую поверхность металла немедленно после чистки, чтобы не допустить воздействия влаги на металл.

Чистку автомата (ручного пулемета) производить в следующем порядке:

1. Подготовить материалы для чистки и смазки.
2. Разобрать автомат (ручной пулемет).
3. Осмотреть принадлежность и подготовить ее для использования при чистке.
4. Прочистить канал ствола. Положить автомат (ручной пулемет) в вырезы стола для чистки оружия или на обычный стол, а при отсутствии стола автомат (ручной пулемет) упереть прикладом в землю или пол.

В холодное время года при температуре + 5° С и ниже автомат (ручной пулемет) смазывать только жидкой ружейной смазкой. При переходе с одной смазки на другую надо тщательно удалить старую смазку со всех частей автомата (пулемета). *Для удаления смазки необходимо произвести полную разборку автомата (ручного пулемета), промыть все металлические части в жидкой ружейной смазке и обтереть их чистой ветошью.*

Вопросы для контроля и самопроверки

1. Для чего предназначен автомат (ручной пулемет) Калашникова?
2. Какими боевыми свойствами обладает АК-74?
3. Какими боевыми свойствами обладает РПК-74?
4. Для чего предназначена затворная рама с газовым поршнем?
5. Для чего предназначен затвор?
6. Для чего предназначен возвратный механизм?
7. Для чего предназначена газовая трубка?
8. Для чего предназначена газовая камора?

9. Для чего предназначен дульный тормоз-компенсатор?

10. Для чего предназначен пламегаситель?

11. В чем заключается принцип работы автомата (ручного пулемета), как вы его понимаете?

12. Как работают части и механизмы автомата (ручного пулемета) при стрельбе очередями?

13. Как работают части и механизмы автомата (ручного пулемета) при стрельбе одиночным огнем?

14. Как работают части и механизмы автомата (ручного пулемета) при включении предохранителя?

15. Какие причины задержек при стрельбе следует отнести к основным?

16. Какие действия необходимо выполнить при не доходе затворной рамы в переднее положение?

17. Какие виды разборки применяют при загрязнении автомата (ручного пулемета)?

18. В какой последовательности выполняется неполная разборка автомата (ручного пулемета)?

19. В какой последовательности выполняется сборка автомата (ручного пулемета) после неполной разборки?

13. Ручные осколочные гранаты

Граната – взрывчатый боеприпас, предназначенный для поражения живой силы и техники противника с помощью ручного метания.

Ручные гранаты часто называют «карманной артиллерией» солдата.

Гранаты классифицируют по назначению и поражающему действию.

По назначению гранаты классифицируют на:

противотанковые;

противопехотные;

зажигательные;

специального назначения (дымовые, осветительные, сигнальные и др.).

По поражающему действию гранаты классифицируют на:

фугасные (поражающее действие взрывной волной),

осколочные (поражающее действие осколками),

кумулятивные (поражающее действие направленной струей).

Назначение и устройство ручных осколочных гранат, работа их частей и механизмов, меры безопасности при обращении с гранатами изложены в [2, 5, 7], других источниках и приведены ниже.

13.1. Назначение и устройство

Ручные осколочные гранаты предназначены для поражения осколками живой силы противника в ближнем бою (при атаке, в окопах, убежищах, населенных пунктах, лесу, горах и т. п.).

На вооружении Вооруженных Сил Российской Федерации стоят следующие осколочные гранаты, представленные на рисунке 13.1:

наступательные – РГД-5 (ручная граната дистанционного действия) и РГН (ручная граната наступательная);

оборонительные – Ф-1 и РГО (ручная граната оборонительная).



Рис. 13.1. Ручные осколочные гранаты: РГД-5, РГН, Ф-1, РГО.

Ручные осколочные гранаты РГД-5 и Ф-1 комплектуются модернизированным унифицированным запалом к ручным гранатам УЗРГМ, а РГН и РГО – ударно–дистанционным запалом УДЗ.

Боевые свойства ручных осколочных гранат представлены в таблице 13.1.

Таблица 13.1

Боевые свойства ручных осколочных гранат

Боевые свойства	РГД-5	РГН	Ф-1	РГО
Боекомплект, шт.	2	2	1	1
Тип боеприпаса	наступательная осколочная		оборонительная осколочная	
Средняя дальность броска, м	40 – 50	25 – 45	35 – 45	20 – 40
Радиус разлета убойных осколков, м	25	15	200	100 и более
Тип запала	УЗРГМ	УДЗ	УЗРГМ	УДЗ
Время горения замедлителя, с	3,2 – 4,2	3,3 – 4,3	3,2 – 4,2	3,3 – 4,3
Время дальнего взведения, с	–	1.0 – 1.8	–	1.0 – 1.8
Масса разрывного заряда, г	110	114	60	92
Вес снаряженной гранаты, г	310	310	600	530

13.1.1. Назначение и устройство гранаты РГД-5

Ручная осколочная граната РГД-5 относится к противопехотным осколочным ручным гранатам ***дистанционного действия*** (*означает, что граната взорвется через определенное время (3,2–4,2 секунды) после того, как ее выпустят, независимо от иных условий*)

наступательного типа (*означает, что осколки гранаты имеют небольшую массу и летят на меньшую дальность, чем возможная дальность броска).*

Ручная осколочная граната РГД-5 предназначена для поражения живой силы противника фугасным действием взрывчатки и осколками, формирующимися при разрушении металлической оболочки гранаты.

Граната безотказно взрывается при падении в грязь, снег и воду.

Цели граната достигает за счет броска рукой. Метание гранаты осуществляется из различных положений при действиях в пешем порядке и на машинах.

Граната РГД-5, как показано на рисунке 13.2, **состоит** из корпуса (1) с трубкой для запала (7), разрывного заряда (9) и запала (6).

Корпус (1) предназначен для помещения разрывного заряда (9), трубки для запала (7), а также для образования осколков при взрыве гранаты.

Корпус выполнен из тонкой стали, при разрыве дает до 1500 осколков. Он состоит из двух частей – верхней и нижней.

Верхняя часть корпуса состоит из внешней оболочки, называемой колпаком (2), и вкладыша колпака (3). К верхней части с помощью манжеты (8) присоединяется трубка для запала (7).

Нижняя часть корпуса состоит из внешней оболочки, называемой поддоном (4), и вкладыша поддона (5).

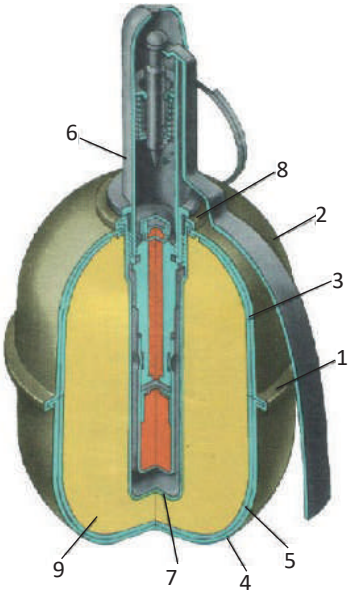


Рис. 13.2. Устройство ручной осколочной гранаты РГД-5:
1 – корпус; 2 – колпак;
3 – вкладыш колпака; 4 – поддон;
5 – вкладыш поддона; 6 – запал;
7 – трубка для запала;
8 – манжета; 9 – разрывной заряд

Трубка для запала (7) предназначена для присоединения запала к гранате и для герметизации разрывного заряда в корпусе.

Для предохранения трубки от загрязнения в нее ввинчивается пластмассовая пробка. При подготовке гранаты к метанию вместо пробки в трубку ввинчивается запал (6).

Разрывной заряд (9) – тротил, заполняет корпус и служит для разрыва гранаты на осколки.

Запал (6) – модернизированный унифицированный запал к ручным гранатам УЗРГМ (УЗРГМ-2).

13.1.2. Назначение и устройство гранаты Ф-1

Ручная осколочная граната Ф-1 относится к противопехотным осколочным ручным гранатам ***дистанционного действия***, **предназначена** для поражения живой силы преимущественно в оборонительном бою.

Из-за значительного радиуса разлета осколков (до 200 метров) метать ее можно только из-за укрытия, из бронетранспортера или танка (самоходной артиллерийской установки).

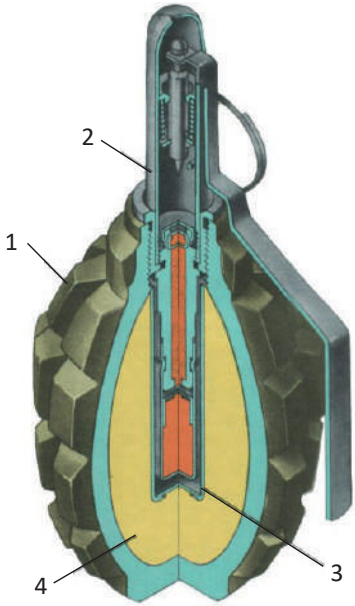


Рис. 13.3. Устройство ручной осколочной гранаты РГД-5:
1 – корпус; 2 – запал; 3 – трубка для запала; 4 – разрывной заряд

Ручная осколочная граната Ф-1, как показано на рисунке 13.3, **состоит** из корпуса (1) с трубкой для запала (3), разрывного заряда (4) и запала (2).

Корпус (1) служит для помещения разрывного заряда и запала, а также для образования осколков при взрыве гранаты.

Корпус гранаты чугунный, с продольными и поперечными бороздами, по которым граната обычно разрывается на осколки. Корпус при разрыве дает до 290 крупных тяжелых осколков.

В верхней части корпуса имеется нарезное отверстие для ввинчивания запала. При хранении, транспор-

тировке и переноске гранаты в это отверстие ввернута пластмассовая пробка. При подготовке гранаты к метанию вместо пробки в трубку ввинчивается запал (2).

Трубка для запала (3) служит для присоединения запала к гранате и для герметизации разрывного заряда в корпусе.

Разрывной заряд (4) – тротил, заполняет корпус и служит для разрыва гранаты на осколки.

Запал (2) – модернизированный унифицированный запал к ручным гранатам УЗРГМ (УЗРГМ-2).

13.1.3. Назначение и устройство запала УЗРГМ

Запал УЗРГМ (унифицированный запал ручной гранаты модернизированный) **предназначен** для взрыва разрывного заряда.

Запал УЗРГМ состоит, как показано на рисунке 13.4, из ударного механизма и собственно запала.

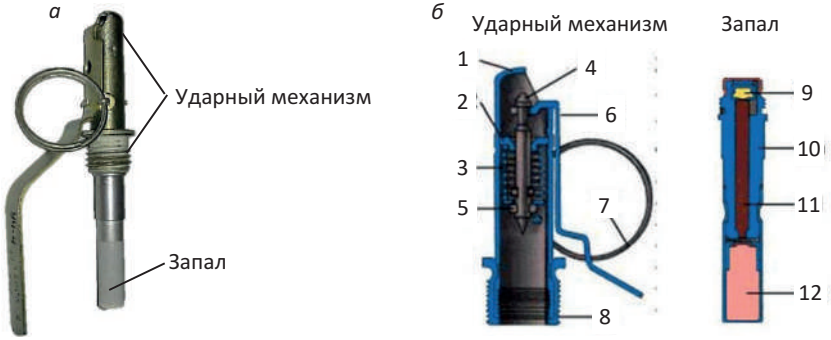


Рис. 13.4. Запал гранаты УЗРГМ: а – общий вид; б – в разрезе;
1 – трубка ударного механизма; 2 – направляющая шайба; 3 – боевая пружина;
4 – ударник; 5 – шайба ударника; 6 – спусковой рычаг; 7 – предохранительная чека с кольцом; 8 – соединительная втулка; 9 – капсюль-воспламенитель;
10 – втулка замедлителя; 11 – замедлитель; 12 – капсюль-детонатор

Ударный механизм предназначен для воспламенения капсюля-воспламенителя запала. Он состоит из трубки ударного механизма (1), направляющей шайбы (2), боевой пружины (3), ударника (4), шайбы ударника (5), спускового рычага (6), предохранительной чеки с кольцом (7) и соединительной втулки (8).

Трубка ударного механизма является основанием для сборки всех частей запала.

Направляющая шайба является упором для верхнего конца боевой пружины и направляет движение ударника. Она закреплена в верхней части трубки ударного механизма.

Боевая пружина предназначена для сообщения ударнику энергии, необходимой для накола капсюля-воспламенителя. Она надета на ударник и своим верхним концом упирается в направляющую шайбу, а нижним – в шайбу ударника.

Ударник предназначен для накола и воспламенения капсюля-воспламенителя.

Шайба ударника является упором для нижнего конца боевой пружины. Она надета на нижний конец ударника.

Спусковой рычаг предназначен для удержания ударника во взведенном положении. На трубке ударного механизма спусковой рычаг удерживается предохранительной чекой.

Предохранительная чека с кольцом предназначена для удержания спускового рычага. Предохранительная чека проходит через отверстия проушины спускового рычага и стенок трубки ударного механизма. Кольцо служит для ее выдергивания.

Соединительная втулка предназначена для соединения запала с корпусом гранаты. Она надета на нижнюю часть трубки ударного механизма.

Запал предназначен для взрыва разрывного заряда гранаты. Он состоит (см. рис. 13.4) из капсюля-воспламенителя (9), втулки замедлителя (10), замедлителя (11) и капсюля-детонатора (12).

Втулка замедлителя является основанием для сборки всей конструкции запала. В верхней части имеет резьбу для соединения с трубкой ударного механизма и гнездо для капсюля-воспламенителя, внутри – канал, в котором помещается замедлитель, снаружи – проточку для присоединения гильзы капсюля-детонатора.

Капсюль-воспламенитель предназначен для воспламенения замедлителя.

Замедлитель служит для передачи луча огня от капсюля-замедлителя к капсюлю-детонатору. Он состоит из запрессованного специального специальный бездымного состава.

Капсюль-детонатор служит для подрыва разрывного заряда гранаты. Он помещен в гильзе, закрепленной на нижней части втулки замедлителя.

Основной претензией к гранатам РДГ-5 и Ф-1 был дистанционный запал. Он хорошо выполнял свои функции, но фиксированное время от броска гранаты до подрыва заряда заметно снижало эффективность применения. Так, противник мог заметить бросок и успеть укрыться от осколков, а граната при определенных условиях могла откатиться от нужного места или даже отскочить в сторону. Кроме того, применяемые запалы выдают положение использующего гранату громким хлопком, который возникает при срабатывании спускового рычага и наколе капсюля-воспламенителя.

В связи с вышеизложенным, в конце семидесятых годов прошлого века были начаты разработки новых гранат, которые могли бы взрываться не только по истечении определенного времени, но и при контакте с поверхностью. В таком случае вероятность ненужных перемещений гранаты снижалась, а у противника не оставалось шансов спрятаться. С 1981 года в Вооруженные Силы стали поступать гранаты нового образца – РГН и РГО.

13.1.4. Назначение и устройство гранаты РГН

Ручная граната наступательная РГН относится к противопехотным осколочным ручным гранатам ***ударно-дистанционного действия***, **предназначена** для поражения осколками живой силы противника в ближнем бою (при атаке, в окопах, убежищах, населенных пунктах, лесу, горах и т.п.) в любое время года при температуре окружающего воздуха от +50 до –50ºС.

Ручная осколочная граната РГН, представленная на рисунке 13.5, состоит из корпуса, заряда взрывчатой смеси, детонационной шашки и ударно-дистанционного запала УДЗ.

Корпус предназначен для размещения в нем взрывчатой смеси, детонаторной шашки, запала, а также для образования осколков при взрыве.

Корпус гранаты РГН состоит из двух полусфер (1, 2). Торцы обеих полусфер обточены так, чтобы на кромку нижней полусферы можно

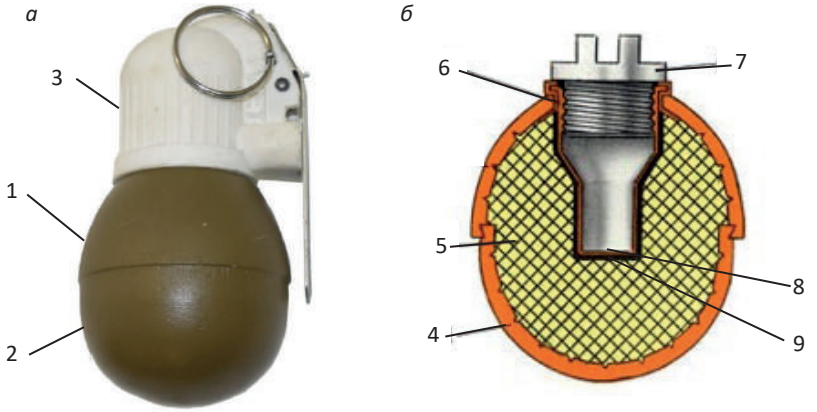


Рис. 13.5. Граната РГН: а – общий вид; б – в разрезе;
1 – нижняя полусфера; 2 – верхняя полусфера; 3 – ударно-дистанционный запал; 4 – насечки; 5 – взрывчатая смесь; 6 – стакан; 7 – пробка; 8 – прокладка; 9 – шашка

было одеть верхнюю и соединить их обжатием верхней части. Для обеспечения герметичности между полусферами укладывается полиэтиленовое кольцо.

Корпус выполнен из алюминиевого сплава с внутренней насечкой (4), при разрыве дает 220 – 300 осколков средним весом 0,42 г с начальной скоростью разлета 700 м/с, приведенная площадь разлета осколков составляет 95-96 кв. м. На образование убойных осколков идет 73% массы корпуса гранаты.

В верхней части корпуса при помощи манжеты завальцован ***стакан*** (6) с резьбой для ввинчивания в него **ударно-дистанционного запала** (3) и обеспечения герметизации взрывчатой смеси. На время транспортирования и хранения в стакан на смазке ввинчивается ***пробка*** (7).

Взрывчатая смесь (5), состоящая из гексогена и тротила, заполняет корпус и предназначена для разрыва гранаты на осколки.

Детонаторная шашка (9) предназначена для передачи детонации от запала к взрывчатой смеси. Устанавливается на дно углубления в взрывчатой смеси нижней полусферы корпуса. Для исключения перемещения шашки ставится ***прокладка*** (8).

13.1.5. Назначение и устройство гранаты РГО

Ручная граната оборонительная РГО относится к противопехотным осколочным ручным гранатам ***ударно-дистанционного действия***, **предназначена** для поражения живой силы противника из-за укрытия (в оборонительном бою) в различных условиях местности и в любое время года при температуре окружающего воздуха от +50 до –50°С.

Ручная осколочная граната РГО, представленная на рисунке 13.6, состоит из корпуса, заряда взрывчатой смеси, детонационной шашки и ударно-дистанционного запала УДЗ.

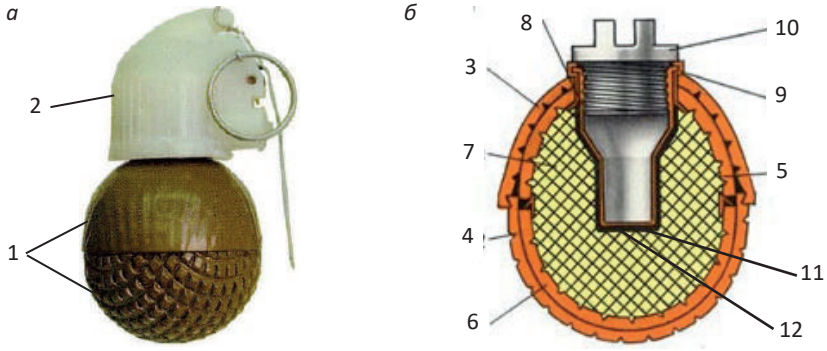


Рис. 13.6. Граната РГО: а – общий вид; б – в разрезе;
1 – корпус; 2 – ударно-дистанционный запал; 3 – верхняя внешняя полусфера;
4 – нижняя внешняя полусфера; 5 – верхняя внутренняя полусфера;
6 – нижняя внутренняя полусфера; 7 – взрывчатая смесь; 8 – стакан;
9 – манжета; 10 – пробка; 11 – прокладка; 12 – шашка

Корпус (1) предназначен для размещения в нем взрывчатой смеси, детонаторной шашки, запала, а также для образования осколков при взрыве.

Корпус РГО состоит из четырех полусфер:

верхней и нижней внешних полусфер (3 и 4). Нижняя внешняя полусфера оборонительной гранаты имеет наружную насечку. Это позволяет по внешнему виду отличать ее от наступательной гранаты РГН;

верхней и нижней внутренних полусфер (5 и 6), которые предназначены для увеличения количества убойных осколков и имеют насечки.

Все четыре полусферы изготовлены из стали. Корпус при разрыве дает 670–700 осколков весом 0,46 г и скоростью до 1200 м/с. На образование убойных осколков идет 73 % массы корпуса гранаты. Энергия осколков гранаты РГО втрое превосходит энергию осколков гранаты РГН, а приведенная площадь разлета осколков составляет 213–286 кв. м.

В верхней части корпуса гранаты при помощи ***манжеты*** (9) завальцован тонкостенный ***стакан*** (8) с крупной резьбой для ввинчивания в него **ударно-дистанционного запала** (2). В процессе транспортировки и хранения гранат во избежание загрязнения стакана в него вставляется или ввинчивается ***пробка*** (10).

Взрывчатая смесь (7), состоящая из гексогена и тротила заполняет корпус и предназначена для разрыва гранаты на осколки.

Детонаторная шашка (12) предназначена для передачи детонации от запала к взрывчатой смеси. Устанавливается на дно углубления в взрывчатой смеси нижней полусферы корпуса. Для исключения перемещения шашки ставится ***прокладка*** (11).

РГН и РГО имеют одинаковый ударно-дистанционный запал УДЗ.

13.1.6. Назначение и устройство запала УДЗ

Ударно-дистанционный запал УДЗ предназначен для подрыва разрывного заряда гранаты.

Запал УДЗ имеет две цепи срабатывания: ударно-дистанционную и дистанционную (самоликвидатор). Цепи дублируют друг друга, а взрыв гранаты происходит либо от удара о преграду по истечении времени дальнего взведения (1-1,8 сек), либо (если удара не произошло или он был недостаточно сильным) по истечении времени самоликвидации (3,2-4,2 сек).

Запал собран в пластмассовом корпусе и состоит из накольно-предохранительного механизма, механизма дальнего взведения, датчика цели, механизма самоликвидатора (дистанционного устройства) и детонирующего узла.

Накольно-предохранительный механизм, представленный на рисунке 13.7, предназначен для обеспечения безопасности в обращении с гранатой (после того, как выдернута чека гранаты, механизм дальнего взведения срабатывает только после броска гранаты).

Состоит из спускового рычага, жала, ударника с боевой пружиной, кольца с чекой, планки, заглушки и капсюля-воспламенителя.

Механизм дальнего взведения, представленный на рисунке 13.8, предназначен для взведения запала через 1-1,8 секунды после броска (т.е. на удалении от метающего) и включает пороховые предохранители со стопорами (две втулки с пиротехническими составами), капсюль-воспламенитель, движок и пружину.

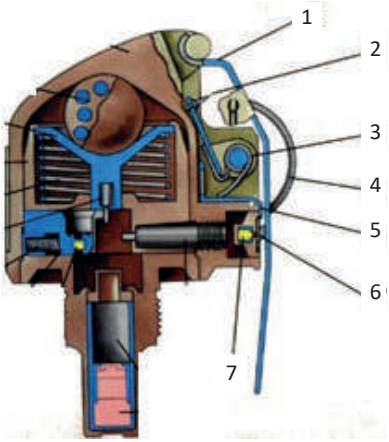


Рис. 13.7. Накольно-предохранительный механизм:
1 – спусковой рычаг; 2 – жало;
3 – ударник с боевой пружиной;
4 – кольцо с чекой; 5 – планка;
6 – заглушка; 7 – капсюль-воспламенитель

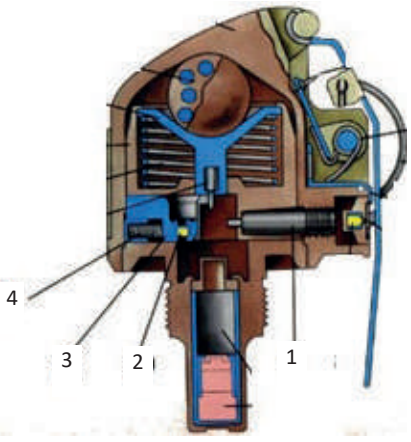


Рис. 13.8. Механизм дальнего взведения:
1 – пороховые предохранители;
2 – капсюль-воспламенитель;
3 – движок; 4 – пружина

Датчик цели, представленный на рисунке 13.9, предназначен для обеспечения срабатывания запала при ударе гранаты о преграду в любом положении.

Датчик цели состоит из шаровидного груза (инерционного тела), втулки, гильзы, пружины, жала.

Детонирующий узел предназначен для подрыва разрывного заряда гранаты после срабатывания остальных частей запала и включает в себя капсюль-детонатор (6).

Механизм самоликвидатора (дистанционное устройство), представленный на рисунке 13.10, предназначен обеспечения замедления подрыва на 3,3–4,4 секунды после броска гранаты и состоит из капсюль-детонатора и втулки с замедлительным составом.

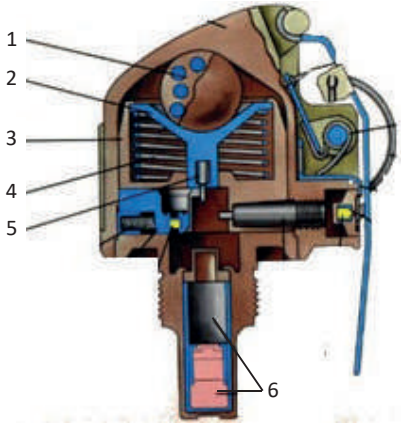


Рис. 13.9. Датчик цели: 1 – груз; 2 – втулка; 3 – гильза; 4 – пружина; 5 – жало; 6 – капсюль-детонатор

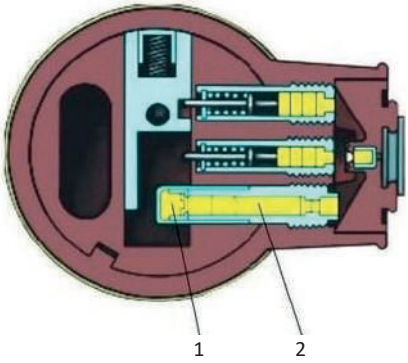


Рис. 13.10. Механизм самоликвидатора (дистанционное устройство): 1 – капсюль-детонатор; 2 – замедлитель

13.2. Работа частей и механизмов гранат

13.2.1. Работа частей и механизмов гранат, оснащенных запалом УЗРГМ

Положение частей и механизмов гранаты до броска представлено на рисунке 13.11 (а) и является следующим: ***запал*** ввинчен в трубку запала; ***ударник*** взведен и удерживается в верхнем положении вилкой спускового рычага, соединенного с трубкой ударного механизма предохранительной чекой; концы ***предохранительной чеки*** разведены и прочно удерживают ее в запале.

Перед метанием гранаты необходимо выпрямить (свести концы) шплинта (чеки) и выдернуть шплинт за кольцо, при этом рычаг рукой удерживается в исходном положении (прижатым к корпусу гранаты).

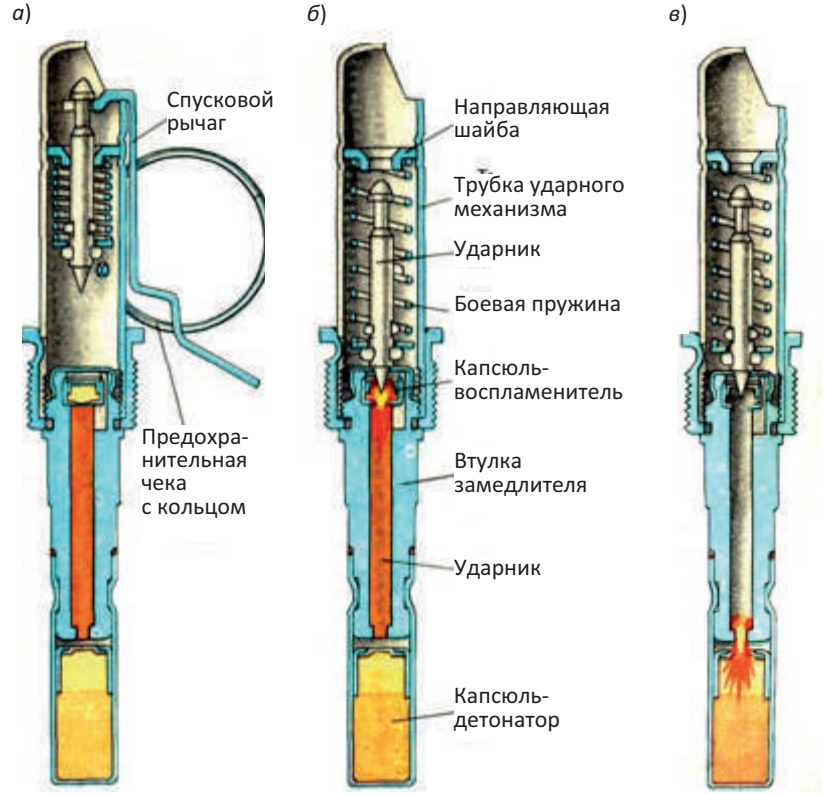


Рис. 13.11. Работа частей и механизмов гранаты:
а) исходное положение деталей; б) чека выдернута, граната брошена, капсюль–воспламенитель наколот; в) замедлитель сгорает, срабатывает капсюль–детонатор

После броска гранаты происходит следующее.

Спусковой рычаг отделяется от гранаты и освобождает ударник.

Ударник, как показано на рисунке 13.11 (б), под действием спусковой пружины наносит удар по капсюлю-воспламенителю и воспламеняет его.

Луч огня от ***капсюля-воспламенителя*** воспламеняет ***замедлитель*** (дистанционную часть запала) и через 3,2-4,2 сек., передается капсюлю-детонатору, как показано на рисунке 13.11 (в).

Капсюль-детонатор взрывается и подрывает разрывной запал гранаты. Корпус гранаты разрывается, а осколки корпуса и запала разлетаются в разные стороны.

13.2.2. Работа частей и механизмов гранат, оснащенных запалом УДЗ

Положение частей и механизмов гранаты до броска является следующим: ***запал*** ввинчен в стакан гранаты; ***ударник*** повернут в верхнее (взведенное) положение и удерживается ***рычагом***, который прижат к корпусу и зафиксирован шплинтом (чекой); ***стопоры*** удерживают ***движок с капсюлем*** в сдвинутом к краю запала положении так, что капсюль выведен из-под ***жала***, ***пружина движка*** сжата; ***груз*** поджат к корпусу ***гильзы***, перемещение которой ограничено движком.

Сложная конструкция запала обеспечивает сочетание безопасности обращения (6 ступеней предохранения) с гарантированным срабатыванием.

Перед метанием гранаты необходимо выпрямить (свести концы) шплинта (чеки) и выдернуть шплинт за кольцо, при этом рычаг рукой удерживается в исходном положении (прижатым к корпусу гранаты).

После броска гранаты происходит следующее.

При полете ***рычаг***, под действием ***пружины***, отбрасывается от гранаты и освобождает ***ударник***, который поворачивается и накалывает своим ***жалом капсюль***.

Луч огня поджигает составы ***дистанционного узла*** и ***механизма дальнего взведения*** *(аналогия с замедлителем УЗРГМ)*.

После их выгорания стопоры отводятся своими пружинами к краю запала и освобождают ***движок***, который смещается под действием своей пружины к оси запала, ставит ***капсюль*** напротив **жала датчика цели**.

При встрече с преградой ***груз датчика цели*** под действием инерции перемещается и вызывает смещение ***гильзы***, в результате которого жало накалывает ***капсюль***. Луч огня инициирует ***капсюль-детонатор***. Последний передает детонацию ***детонационной шашке***, вызывающей подрыв заряда гранаты.

Шаровидная форма груза и его крепление позволяют «поймать» составляющую инерции в широком диапазоне углов.

В случае несрабатывания датчика цели (падение в грязь, снег, строго «на бок») капсюль-детонатор будет инициирован от ***капсюля-детонатора дистанционного устройства*** после выгорания дистанционного состава (3,3–4,3 с).

Взрыв капсюля-детонатора усиливается детонаторной шашкой и передается на разрывной заряд гранаты, в результате корпус гранаты делится на осколки, обеспечивая их сферический разлет.

13.3. Меры безопасности при обращении с гранатами

Гранаты поступают в войска в деревянных ящиках. В ящик гранаты, рукоятки и запалы укладываются отдельно в металлических коробках. Для вскрытия коробок имеется нож.

Гранаты переносятся в сумках для гранат. Запалы помещаются в них отдельно от гранат, при этом каждый запал должен быть завернут в бумагу или чистую ветошь.

Перед укладкой в сумку и перед заряжанием гранаты и запалы осматриваются. При осмотре обращать внимание на то, чтобы:

корпус гранаты не имел глубоких вмятин и проржавления;

трубка для запала не была засоренной и не имела сквозных повреждений;

запал был чистым и не имел проржавления и помятостей;

концы предохранительной чеки были разведены и не имели трещин на изгибах. **Запалы с трещинами или с зеленым налетом к применению непригодны.**

Оберегать гранаты и запалы от сильных толчков, ударов, огня, грязи и сырости. Если они были загрязнены или подмочены, при первой возможности гранаты тщательно обтереть и просушить на солнце или в теплом помещении, но не около огня. Просушивать гранаты обязательно под наблюдением.

Заряжать гранату (вставлять запал) разрешается только перед ее метанием.

Разбирать боевые гранаты и устранять в них неисправности, переносить гранаты вне сумок (подвешенными за кольцо предохранительной чеки), а также трогать неразорвавшиеся гранаты запрещается.

Негодными к применению считаются гранаты, упавшие с высоты более одного метра, а также имеющие следующие дефекты:

трещины и зеленый налет на запалах, помятости корпуса;

нарушения резьбы;

коррозию;

явные признаки длительного пребывания в воде или смазке;

течь взрывчатого вещества через соединения.

К метанию боевых гранат допускаются обучаемые, успешно выполнившие упражнения по метанию учебных и учебно-имитационных гранат.

При обучении метанию боевых гранат следует соблюдать следующие меры предосторожности:

обучаемые должны быть в стальных шлемах;

перед заряжанием осмотреть гранаты и запалы;

в случае обнаружения неисправностей доложить командиру;

метание осколочной оборонительной и противотанковой гранат производить из окопа или из-за укрытия, не пробиваемого осколками, под руководством офицера;

при метании одним обучаемым нескольких гранат каждую последующую гранату бросать по истечении не менее 5 сек после взрыва предыдущей;

если граната не была брошена (предохранительная чека не вынималась), разряжание ее производить только по команде и под непосредственным наблюдением командира;

вести учет неразорвавшихся гранат и отмечать места их падения красными флажками;

район метания ручных гранат оцеплять в радиусе не менее 300 метров;

личный состав, не занятый метанием гранат, отводить в укрытие или на безопасное удаление от огневого рубежа (не ближе 350 м);

исходное положение для метания гранат обозначать белыми флажками, огневой рубеж – красными;

пункт выдачи гранат и запалов оборудовать в укрытии не ближе 25 м от исходного положения.

Вопросы для контроля и самопроверки

1. Какие боевые свойства присущи гранате РГД-5?
2. Какие боевые свойства присущи гранате РГН?
3. Какие боевые свойства присущи гранате Ф-1?
4. Какие боевые свойства присущи гранате РГО?
5. Для чего предназначены наступательные гранаты?
6. Какие конструктивные особенности отличают РГН от РДГ-5?
7. Для чего предназначены оборонительные гранаты?
8. Какие конструктивные особенности отличают РГО от Ф-1?
9. Как работают основные части запала УЗРГМ?
10. Как работают основные части запала УДЗ?
11. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при обращении с гранатами?

14. Боеприпасы для стрелкового оружия

Для обеспечения эффективности автоматического стрелкового оружия при выполнении всего комплекса задач, возлагаемых на него в современном бою, различный характер встречающихся целей и их разная степень уязвимости обусловили большое разнообразие применяемых патронов. Они различаются между собой не только в зависимости от вида оружия и его назначения, но и по калибру пули, характеру ее действия и особенностям устройства патрона в целом и составляющих его элементов.

Боевые качества оружия – прежде всего его эффективность и в значительной степени маневренность – определяются баллистическими характеристиками выбранного патрона. Патрон вместе со стволом непосредственно определяет баллистические характеристики оружия, в том числе величину начальной скорости пули, необходимую для преодоления пулей расстояния до цели и последующего поражения цели.

Необходимо помнить, что не патрон разрабатывается под оружие, а оружие под патрон.

В истории Российской армии с конца XIX в., когда был принят на вооружение первый отечественный винтовочный патрон с зарядом бездымного пороха, новые типы патронов принимались на вооружение пять раз.

Первым был патрон образца 1891 г., под который разработана трехлинейная винтовка Мосина, который с 1908 г. неоднократно модернизировался.

Вторым – 12,7- мм патрон, принятый в 30-е годы прошлого века, применяется в крупнокалиберных пулеметах.

Третьим – 14,5-мм патрон, принятый в начале 40-х годов прошлого века, применялся в противотанковых ружьях, в настоящее время применяется в крупнокалиберных пулеметах.

Четвертым – 7,62-мм автоматный (промежуточный) патрон образца 1943 г., создан в период Великой Отечественной войны.

Пятым – 5,45-мм малоимпульсный патрон, принятый в начале 70-х годов XX века, применяется в автоматах и ручных пулеметах.

Таким образом, **боеприпасы** (боевые припасы) являются составной частью вооружения, непосредственно предназначены для поражения живой силы и техники, разрушения сооружений (укреплений) и выполнения специальных задач (освещения, задымления, перебросы агитационной литературы и т.п.).

Патрон – боеприпас стрелкового оружия и артиллерийских орудий, которым оружие заряжается в один прием.

Унитарным патроном (лат. Unitas – «единство») называется устройство, в котором все элементы выстрела – снаряд (пуля), пороховой заряд и воспламенительное устройство (капсюль) – объединены в одно целое с помощью гильзы.

В современном казнозарядном[1] стрелковом оружии применяются исключительно унитарные патроны.

Применяемые в оружии патроны могут оказывать большое влияние на живучесть стволов оружия, вызывая их преждевременный износ и ухудшение меткости стрельбы. Как показывает опыт, живучесть стволов сильно зависит от твердости оболочки пули и свойств пороха. Помимо обеспечения баллистических качеств оружия, патроны стрелкового оружия должны удовлетворять следующим специфическим требованиям: высокой точностью изготовления отдельных элементов и патрона в целом, безопасностью в обращении.

Назначение патронов, их классификация, устройство и принцип действия изложены в [2, 5], других источниках и приведены ниже.

14.1. Назначение патронов и их классификация

По своему основному назначению патроны к стрелковому оружию делятся на боевые и вспомогательные.

Боевые патроны предназначены для стрельбы из боевого индивидуального и группового стрелкового оружия в целях поражения живой силы и техники.

[1] Казенник – задняя (казенная) часть ствола, в которой расположен затвор. Через затвор казенник воспринимает давление пороховых газов при выстреле. Вместе с затвором и гильзой казенник надежно запирает канал ствола.

Вспомогательные патроны предназначены для обучения правилам и приемам заряжания и разряжания оружия, имитации стрельбы, проверки прочности оружия, определения баллистических характеристик оружия и патронов.

К вспомогательным патронам относятся:

учебные патроны, используемые для обучения приемам заряжания и разряжания, производства выстрела при тренировках на боевом и учебном оружии. В них отсутствует пороховой заряд, а капсюль разбит;

проверочные (контрольные) патроны, предназначенные для проверки действия механизмов оружия. По своей массе эти патроны не отличаются от боевых, поскольку вместо порохового заряда они снаряжаются песком или смесью песка с опилками, чтобы масса и положение центра тяжести проверочного патрона были такими же, как у боевых патронов;

холостые патроны, применяемые для имитации выстрелов на тактических учениях, маневрах, при отдаче салютов и начальном обучении выстрелу. Эти патроны могут применяться и при выполнении боевых задач – для метания винтовочных гранат;

эталонные (образцовые) патроны, используемые для проверки баллистической аппаратуры, а также рабочего и контрольного баллистического оружия;

патроны с усиленным зарядом, которые при стрельбе создают повышенное максимальное давление пороховых газов и предназначены для проверки прочности узла запирания;

патроны высокого давления, которые обеспечивают при стрельбе более высокое давление по всей длине ствола и предназначены для проверки прочности стволов в процессе производства.

В зависимости от вида используемого оружия различают:

револьверные патроны, применяемые для стрельбы из револьверов. *К одной из основных особенностей револьверных патронов относится цилиндрическая форма гильзы с выступающей закраиной (фланцем). Револьверные патроны фиксируются при досылке в патронник упором закраины (фланца) в торец патронника. Благодаря этому намного упростилось заряжание и разряжание этого оружия, тем самым увеличив его скорострель-*

ность. Калибр револьверных патронов колеблется в пределах 7–12,7 мм;

пистолетные патроны, применяемые для стрельбы из пистолетов и пистолетов-пулеметов (автоматов под пистолетный патрон). *Пистолетные патроны имеют, за небольшим исключением, цилиндрическую форму и не выступающую за боковую поверхность гильзы закраину (фланец), образованную кольцевой проточкой. Калибр современных пистолетных патронов имеет достаточно широкий разброс, однако опыт боевого использования короткоствольного оружия показывает, что оружие калибра 9–11,43 мм с массой пули 6–14 г, начальной скоростью 250–400 м/с обеспечивает достаточное убойное (останавливающее) действие пули при небольшой массе оружия, обладая дульной энергией 300–500 Дж, хотя для надежного поражения человека достаточной считается энергия 78,5 Дж для пуль калибра 6,5–9 мм, применяемых в служебных и «гражданских» образцах короткоствольного оружия. Длина пистолетных патронов, как правило, находится в пределах 30–32 мм или очень мало отклоняется от этих габаритов. Максимальное давление пороховых газов у пистолетных патронов обычно не превосходит 2200 кг/см^2. Небольшое давление газов и короткая гильза позволяют использовать пистолетные патроны для стрельбы из оружия с отдачей свободного затвора. Этот принцип работы автоматики получил широкое распространение в пистолетах и пистолетах-пулеметах;*

автоматные патроны, применяемые для стрельбы из автоматов, автоматических, самозарядных карабинов и штурмовых винтовок, а также из ручных пулеметов. *Автоматные патроны появились в результате попыток увеличения дальности действительного огня пистолетов-пулеметов, получивших признание во всех армиях вследствие их способности создавать высокую плотность огня и невозможности добиться аналогичных результатов при стрельбе из штатного оружия (винтовок и карабинов). Задача увеличения дальности действительного огня на дистанциях 400–600 м могла быть успешно решена только на базе нового патрона, более мощного, по сравнению с пистолетным, но менее мощного, чем винтовочный. Эти патроны обеспечивают дульную энергию 1500–2000 Дж;*

винтовочные (винтовочно-пулеметные) патроны, применяемые для стрельбы из магазинных и самозарядных винтовок (карабинов), ручных, станковых и единых пулеметов и их специальных модификаций. *Винтовочные патроны имеют исключительно бутылочную форму и существенно превосходят по мощности автоматные патроны. Длина существующих винтовочных патронов нормального калибра 6,5-8 мм, как правило, не превышает 75–80 мм, а их масса лежит в пределах 23-28 г. При небольшом объеме винтовочные патроны имеют большие плотности заряжания (0,8–0,9 г/см^3), что позволяет достичь максимального давления до 2700–3200 кг/см^2. Начальная скорость пули при этом составляет 700–870 м/с. Винтовочные патроны обеспечивают дульную энергию 3500–4000 Дж. Винтовочно-пулеметные патроны имеют гильзы с выступающей за боковую поверхность закраиной (фланцем) и с невыступающей закраиной (хотя встречаются патроны и с полувыступающей закраиной). Эта конструктивная особенность гильз зависит от способа фиксации патрона в патроннике. Предпочтение отдается патронам с невыступающей закраиной гильзы, которые более полно отвечают требованиям проектирования механизмов автоматического оружия;*

крупнокалиберные патроны, применяемые для стрельбы из крупнокалиберных пулеметов, противотанковых ружей и крупнокалиберных снайперских винтовок. *Крупнокалиберные патроны калибра 12,7–14,5 мм, отличаются более высокой мощностью, по сравнению с винтовочными патронами. Как правило, они имеют гильзу бутылочной формы с невыступающей закраиной, хотя встречаются и гильзы с выступающей закраиной. Сравнительно большой калибр, использование пуль специального действия и высокая начальная скорость пули позволяют вести эффективную стрельбу как по наземным, так и по низколетящим воздушным целям;*

патроны к автоматическим пушкам. *Характерной особенностью патронов к автоматическим пушкам калибра 20–30 мм является то, что они имеют в качестве основного элемента не пулю, а снаряд. Применение снарядов является основным признаком автоматических пушек, отличающим их от всех других видов автоматического оружия. Главное различие снарядов и пуль со-*

стоит в устройстве их ведущей части и способе врезания в нарезы. Снаряды снабжаются специальным ведущим пояском, предназначенным для врезания и ведения снаряда по нарезам. Пуля же не имеет ведущего пояска, ее врезание и ведение по нарезам осуществляется непосредственно самим корпусом.

По калибру патроны классифицируют на:

малого (4–7 мм) калибра;

основного (7–10 мм) калибра;

крупного (более 11 мм) калибра.

В настоящее время силовые структуры России имеют на вооружении:

4,5-мм пистолетные патроны для подводной стрельбы;

5,45-мм пистолетные патроны;

5,45-мм патроны;

5,66-мм автоматные патроны для подводной стрельбы;

7,62-мм револьверные патроны;

7,62-мм пистолетные патроны;

7,62-мм винтовочные патроны;

7,62-мм патроны обр. 1943г.;

7,62-мм специальные бесшумные патроны;

9-мм пистолетные патроны;

9-мм специальные патроны;

12,3-мм специальные револьверные патроны;

12,5-мм специальные револьверные патроны;

12,7-мм патроны;

14,5-мм патроны.

К боевым патронам относятся: 5,45-мм пистолетные патроны; 5,45-мм патроны; 7,62-мм револьверные патроны; 7,62-мм пистолетные патроны; 7,62-мм патроны образца 1943 г.; 7,62-мм винтовочные патроны; 9-мм пистолетные патроны; 12,7-мм патроны; 14,5-мм патроны.

По тактическому назначению и характеру действия пули боевые патроны классифицируют на:

патроны с обыкновенными пулями, предназначенными для поражения живой силы противника как открытой, так и находящейся за укрытием, пробиваемым пулей;

патроны со специальными пулями (одинарного и комбинированного действия), служащими как для выполнения специальных задач, так и для поражения живых целей. К ним относятся: патроны с пулями одинарного действия (бронебойного, зажигательного, трассирующего); патроны с пулями двойного действия (бронебойно-зажигательного, бронебойно-трассирующего, зажигательно-разрывного (зажигательно-пристрелочного); патроны с пулями тройного действия (обычно бронебойно-зажигательно-трассирующего).

Патроны с обыкновенными пулями применяются во всех видах автоматического и неавтоматического стрелкового оружия нормального калибра.

Патроны со специальными пулями широко применяются во всех видах автоматического и неавтоматического стрелкового оружия, за исключением пистолетов и револьверов. Крупнокалиберные патроны бывают только со специальными пулями.

14.2. Устройство и принцип действия патронов

Боевой патрон, устройство которого представлено на рисунке 14.1, состоит из снаряда (пули), гильзы, порохового (метательного) заряда и капсюль-воспламенителя.



Рис. 14.1. Устройство патрона

Принцип действия патрона следующий.

От удара бойка ударника срабатывает капсюль-воспламенитель. Луч огня через запальные отверстия в гильзе воспламеняет пороховой заряд, при горении которого создается давление газов (*давление форсирования*). Под их воздействием пуля выходит из гильзы и, вращаясь, продвигается по нарезам канала ствола с возрастающей скоростью до момента выбрасывания из него.

Поражающая мощь зависит от веса и размера пули, а также от состава порохового заряда, который воспламеняясь создает выталкивающую газовую струю, обеспечивающую скорость пули.

14.2.1. Назначение, классификация и устройство пуль

Пуля представляет собой метаемый элемент патрона, выбрасываемый при выстреле из канала ствола оружия, с помощью которого поражаются техника и живая сила противника.

Пули стрелкового оружия классифицируют по назначению, конструкции и поражающему действию.

По назначению различают обыкновенные и специальные пули.

Обыкновенные пули предназначены для поражения открытой и находящейся за легкими укрытиями живой силы противника, небронированной техники.

Они характеризуются убойным, останавливающим и пробивным действием и применяются во всех видах боевых патронов стрелкового оружия, кроме крупнокалиберных.

Специальные пули предназначены для вывода из строя живой силы противника, зажигания расположенных за легкой броневой защитой горючих материалов, для целеуказания, корректирования огня и сигнализации.

Они характеризуются специальным действием и применяются во всех видах боевых патронов, кроме 5,45-мм и 9-мм пистолетных патронов.

Специальные пули подразделяются на целевые (бронебойные, трассирующие, зажигательные) и комбинированные, которые могут быть двойного и тройного действия (бронебойно-зажигательные, бронебойно-зажигательно-трассирующие и пр.).

По конструкции различают оболочечные, полуоболочечные и безоболочечные пули, внешний вид которых представлен на рисунке 14.2.

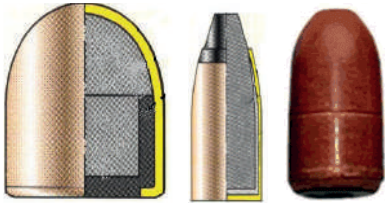


Рис. 14.2. Оболочечные, полуоболочечные и безоболочечные пули

Оболочечные пули – пули, покрытые слоем из медного сплава (томпак, мельхи-

ор) или из стали. Оболочка покрывает практически всю поверхность сердечника и предохраняет пулю от деформаций при ношении, заряжании оружия (особенно механическом) и разрушения при движении в нарезах ствола (т.н. «срыв с нарезов»). Такие пули лучше сохраняют первоначальную форму, что положительно сказывается на их баллистических качествах и проникающей способности.

Полуболочечные пули (пули с мягким наконечником) представляет собой тоже колпачок, только «перевернутый наоборот», т. е. свинец залит с переднего конца, за счет чего передний носик остается более тупым и оголенным, вследствие чего полуоболочечные пули имеют более широкую зону поражения.

Безоболочечные пули изготавливаются целиком из однородного материала, в качестве которого могут использоваться сплавы на основе свинца и меди (латуни), металлокерамика или композиционные вещества. Общее требование к используемым материалам – сочетание пластичности и достаточной жесткости (для обеспечения деформации пули при врезании в нарезы и ее удержания полями нарезов).

Безоболочечные пули в настоящее время применяются только в оружии малых калибров – от 5,6 до 6,5 мм.

По поражающему действию различают экспансивные и неэкспансивные пули.

Экспансивные пули (*пули «дум-дум»),* образец которых представлен на рисунке 14.3, – пули, конструкция которых предусматривает существенное увеличение диаметра при попадании в мягкие ткани с целью повышения поражающей способности и (или) уменьшения глубины проникновения. Соответственно, экспансивность – способность пули расширяться, увеличивать свой диаметр при попадании в мягкую среду.



Рис. 14.3. Экспансивная пуля

Экспансивные пули в настоящее время запрещены к применению.

Неэкспансивные пули не деформируются и не разрушаются при встрече с целью; конструкцией этого не предусмотрено.

У пуль к нарезному оружию, образец которых представлен на рисунке 14.4, выделяют головную, ведущую, хвостовую части и дно.

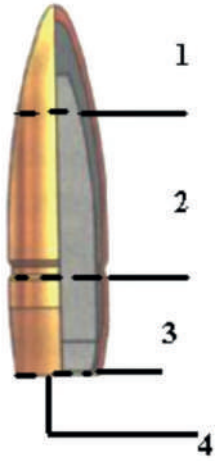


Рис. 14.4. Пуля: 1 – головная часть; 2 – ведущая часть; 3 – хвостовая часть; 4 – дно

Головная часть пули выполняется в зависимости от расчетной скорости ее полета (чем больше скорость полета пули, тем более вытянутой должна быть ее головная часть, что уменьшает силу сопротивления воздуха).

Остроконечные пули, обладающие большей скоростью полета, оказывают способность распространять силу удара по кругу в стороны, повышая тем самым свое поражающее действие (разрушающее действие). Плоская же головная часть пули обеспечивает меньший рикошет и большее останавливающее действие.

Ведущая часть пули имеет цилиндрическую форму и обеспечивает плотное врезание пули в нарезы канала ствола. Диаметр ведущей части пули обычно составляет от 1,02 до 1,04 калибра соответствующего образца оружия. Например, диаметр пули к оружию 7,62-мм составляет 7,92 мм, а к оружию калибра 5,45-мм – 5,60 мм. *Калибр определяется не диаметром пули, а диаметром канала ствола по выступам (полям) нарезов.*

Хвостовая часть пули обычно изготавливается в виде усеченного конуса, что придает пуле более обтекаемую форму для уменьшения области разряженного пространства и завихрения воздуха позади дна летящей пули. Конусовидное сужение имеют пули винтовочных и промежуточных патронов. У пуль к пистолетным патронам обычно не разделяют ведущую и хвостовую части.

Дно пули необходимо для обеспечения движения пули вперед под воздействием давления газов. Дно пули может иметь различную форму. Так, пули 7,62 мм пистолетных патронов обр. 1930 г. имеют как плоское, так и выпуклое дно (высота выпуклости не превышает высоты забортовки оболочки), пули к ПМ – плоское или вогнутое.



Рис. 14.5. Обыкновенная пуля

Обыкновенная пуля со стальным сердечником, представленная на рисунке 14.5, состоит из стальной покрытой томпаком[1] оболочки, стального сердечника, расположенной между ними свинцовой рубашки.

Оболочка служит для размещения всех составных частей пули и придания пуле необходимых очертаний. В настоящее время оболочка изготавливается из биметалла – горячекатанного полосового проката из углеродистой стали, покрытого с обеих сторон томпаком. Суммарная толщина слоя составляет 4–6% от толщины полосы. Томпак является противокоррозионным покрытием, облегчает изготовление оболочки и уменьшает износ ствола оружия.

Рубашка работает как сминаемое пластичное основание в то время, когда пуля проходит по нарезам канала ствола и предохраняет тем самым канал ствола от интенсивного износа. Кроме того, рубашка обеспечивает необходимую плотность сборки пули и правильность расположения ее центра массы. Рубашка изготавливается из свинца с добавкой 1–2% сурьмы.

Стальной сердечник предназначен для обеспечения пробивного и убойного действия пули и изготавливается из углеродистой качественной конструкционной стали.

Ранее применялись свинцовые сердечники, но с появлением бронежилетов их пробивная мощь перестала соответствовать реалиям современного боя.

Начиная с 1986 г. для 5,45-мм патронов и с 1989 г. для 7,62-мм патронов образца 1943 г. и винтовочных с обыкновенными пулями в целях повышения пробивного действия пуль применяются термо-

[1] Томпак – медный сплав с содержанием 10–12% цинка. Внешние свойства очень схожи с золотом.

упрочненные сердечники повышенной твердости, изготовленные из специальной стальной проволоки или проката круглого сечения из рессорно-пружинной стали.

С этой же целью начиная с 1989 г. для 7,62-мм винтовочных патронов с обыкновенной пулей применяется сердечник из инструментальной стали, прошедший соответствующую термическую обработку.

Трассирующая пуля, представленная на рисунке 14.6, предназначена для целеуказания и корректирования на дальностях до 800–1000 м огня (создания видимого следа траектории полета пули), а также для поражения живой силы противника.



Рис. 14.6. Трассирующая пуля

***Отличительная маркировка**:* головная часть пули окрашена в зеленый цвет.

Стрельба трассирующими пулями чередуется со стрельбой обыкновенными пулями, что обеспечивается соответствующим снаряжением магазинов и лент.

Трассирующая пуля состоит (см. рис. 14.6) из биметаллической оболочки, сердечника из свинцово-сурьмянистого сплава, запрессованного в головной части пули, биметаллического стаканчика с запрессованным трассирующим составом в донной части пули.

В некоторых образцах трассирующих пуль, например, в 5,45-мм трассирующей пуле взамен стаканчика с пиротехническими составами применяется шашка из спрессованного пиротехнического состава, размещенная непосредственно в оболочке пули.

Трассирующий состав включает:

механическую смесь горючего вещества (алюминий, магний и их сплавы, обладающие высокой активностью в соединении с кислородом и выделяющие большое количество тепловой (световой) энергии при горении);

окислитель (перекись бария, кальция или др. богатые кислородом и сравнительно легко отдающие его при повышенных температурах), способствующий лучшему воспламенению;

замедлитель горения (флегматизатор);

вещества для окраски пламени.

Во время выстрела пламя от порохового заряда зажигает трассирующий состав. Продукты горения трассирующего состава, равномерно истекая через газовое отверстие в хвостовой части пули, образуют хорошо видимую ночью и днем трассу красного цвета.

Зажигательная пуля, представленная на рисунке 14.7, предназначена для поражения открытых наземных целей, зажигания деревянных строений, незащищенного горючего и других легковоспламеняющихся предметов.



Рис. 14.7. Зажигательная пуля

Отличительная маркировка: головная часть пули окрашена в красный цвет.

Зажигательная пуля состоит (см. рис. 14.7) из биметаллической оболочки с томпаковым колпачком, стального сердечника из малоуглеродистой конструкционной стали, рубашки из свинцово-сурьмянистого сплава, зажигательного состава, расположенного в головной части пули под колпачком и трассера.

В качестве зажигательного состава используется состав, состоящий из равных количеств азотнокислого бария и порошка алюминиево-магниевого сплава.

Трассер и состоит из биметаллического стаканчика и запрессованных в него пиротехнических составов и обеспечивает получение видимой траектории полета пули.

При ударе о преграду в результате резкого динамического сжатия и нагрева происходит воспламенение зажигательного состава, оболочка развертывается и пламя огня вызывает зажигание цели, содержащей горючее вещество.

Недостатком этого вида пуль является их невысокая чувствительность при встрече с преградой с малым сопротивлением.

Зажигательная пуля мгновенного действия МДЗ, представленная на рисунке 14.8, представляет собой пулю со смесью взрывчатого вещества и зажигательного состава, обладающую осколочным и зажигательным действием.



Рис. 14.8. Зажигательная пуля мгновенного действия МДЗ

Отличительная маркировка: пуля окрашена в красный цвет.

Зажигательная пуля мгновенного действия МДЗ состоит (см. рис. 14.8) из томпакового наконечника, стальной (латунированной или с фосфатно-лаковым покрытием) оболочки, стальной рубящей трубки (предназначена для срезания наконечника пули при встрече с преградой), металлического стакана с запрессованным зарядом взрывчатого вещества, биметаллической втулки с капсюлем-детонатором накольного типа, свинцовой рубашки.

Зажигательная пуля мгновенного действия МДЗ обладает высокой чувствительностью к удару и меньшим временем срабатывания в сравнении с зажигательной пулей.

При ударе о преграду наконечник пули срезается (деформируется) и осколки от наконечника и преграды воздействуют на капсюль-детонатор. При этом капсюль-детонатор срабатывает, вызывает детонацию заряда взрывчатого вещества и разрыв оболочки пули с поражением цели.

Разрывное действие пули обеспечивается наличием в ней заряда взрывчатого вещества. За счет разрывного действия эти пули образуют увеличенную зону поражения в сравнении с другими видами пуль, поэтому их использование наиболее эффективно при стрельбе по воздушным целям.

Бронебойная пуля, представленная на рисунке 14.9, предназначена для поражения легкобронированных целей и уничтожения живой силы противника в средствах бронезащиты.

Отличительная маркировка: головная часть пули окрашена в черный цвет.



Рис. 14.9. Бронебойная пуля

Пуля состоит (см. рис. 14.8) из биметаллической оболочки, свинцовой рубашки, сердечника.

Сердечник обеспечивает высокую пробивную способность за счет того, что изготовлен из высокоуглеродистой инструментальной стали, прошедшей термическую обработку (закалку и низкотемпературный отпуск) для уменьшения остаточных внутренних напряжений и повышения прочности с дополнительной подковкой.

Бронебойно-зажигательная пуля, представленная на рисунке 14.10, предназначена для зажигания горючих веществ и поражения живой силы противника, находящейся за легкими бронированными укрытиями на дальностях до 500 м.



Рис. 14.10. Бронебойно-зажигательная пуля

Отличительная маркировка: головная часть пули окрашена в черный цвет с красным пояском.

Пуля состоит (см. рис. 14.10) из биметаллической или стальной (латунированной или с фосфатно-лаковым покрытием) оболочки, стального сердечника, свинцовой рубашки, зажигательного состава, размещенного в головной части пули между оболочкой и сердечником.

Зажигательный состав представляет собой механическую смесь горючего вещества (сплав алюминия и магния) 50 % и окислителя (перекись бария, кальция или др. кислородосодержащие вещества).

При попадании пули в броню сердечник пробивает ее. Цель за броней поражается сердечником и осколками брони. Одновремен-

но от резкого динамического сжатия воспламеняется зажигательный состав, и образовавшееся пламя зажигает через отверстие (пробоину) в броне находящееся за ней горючее.

В некоторых бронебойно-зажигательных пулях, например, в пуле Б-32 для 7,62-мм винтовочного патрона и в пуле БС для 12,7-мм патрона, имеется расположенный в хвостовой части пули биметаллический стаканчик (поддон) с запрессованным в него зажигательным составом.

Пробивное действие бронебойно-зажигательной пули Б-32 обеспечивается, как и в бронебойной пуле, сердечником из высокоуглеродистой инструментальной стали, прошедшей термическую обработку.

У бронебойно-зажигательной пули БС для 12,7-мм патрона вместо свинцовой рубашки и стального сердечника применяются алюминиевая рубашка с защитным лаковым покрытием и сердечник из твердого спеченного сплава. Такие сердечники изготавливаются из порошкообразной смеси веществ путем предварительного прессования и последующего спекания при высокой температуре. Основу этих смесей составляют порошкообразный вольфрамовый ангидрид с добавкой порошкообразной окиси кобальта. Сердечники из такого сплава обладают повышенным пробивным действием по броне.

Бронебойно-зажигательная пуля является наиболее эффективным средством для стрельбы по легкобронированным целям, содержащим горючие вещества (бронированным авиацелям, бензобакам боевых машин и т. п.), а также по не защищенной броней толстостенной таре с горючими жидкостями, например, железнодорожным цистернам, бензозаправщикам, бензохранилищам.

Бронебойно-зажигательно-трассирующая пуля, образец которой представлен на рисунке 14.11, предназначена для зажигания горючих веществ и поражения живой силы противника, находящейся за легкими бронированными укрытиями на дальностях до 500 м, и дополнительно используется для целеуказания и корректировки огня.

***Отличительная маркировка**:* головная часть пули окрашена в фиолетовый цвет с красным пояском.



Рис. 14.11. Бронебойно-зажигательно-трассирующая пуля

По устройству эта пуля отличается от бронебойно-зажигательной наличием трассера в хвостовой части пули, меньшей длиной и массой сердечника.

В пулях Б-32 и БЗТ калибра 14,5-мм используется зажигательный состав 30/70, состоящий из азотнокислого бария (30 %) и порошка алюминиево-магниевого сплава (70 %).

Трассер по своему устройству идентичен применяемому в трассирующих пулях.

Бронебойное, зажигательное и трассирующее действие пули аналогично действию бронебойно-зажигательной и трассирующей пуль.

14.2.2. Назначение и устройство гильз

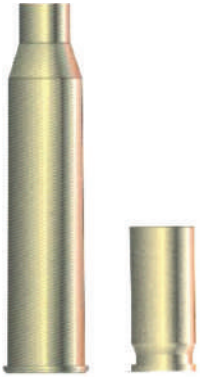


Рис. 14.12. Гильзы: а – бутылочная; б – цилиндрическая

Гильза (*hulse* (нем.) – оболочка, стручок) – тонкостенная закрытая с одного конца трубка (обычно металлическая); предназначена для размещения и предохранения от внешних воздействий порохового заряда, крепления капсюля-воспламенителя и пули, для базирования патрона в патроннике оружия, а также обтюрации[1] пороховых газов.

Еще одно назначение гильзы – строгая фиксация патрона в патроннике, для обеспечения точного попадания бойка по капсюлю-воспламенителю.

По форме (внешнему виду) гильзы подразделяются на цилиндрические и бутылочные. Образцы бутылочных и цилиндрических гильз представлены на рисунке 14.12.

[1] Обеспечение герметизации канала ствола при выстреле.

Цилиндрические гильзы применяются в патронах с относительно небольшим давлением пороховых газов, а бутылочные гильзы применяются в патронах со значительным давлением.

На гильзе по наружному очертанию различают следующие основные элементы, представленные на рисунке 14.13.

Срез (1) – торец со стороны открытого конца гильзы;

Дульце (2) – передняя часть гильзы, переходящая в скат или корпус, предназначенная для крепления гильзы с пулей;

Скат (3) – переходная конусная часть гильзы между дульцем и корпусом. Гильзы со скатом относятся к гильзам бутылочной формы, а без ската, имеющие практически цилиндрический корпус, – к цилиндрическим.

Корпус (4) – коническая или цилиндрическая часть гильзы от донной части до ската или среза. Полость внутри корпуса гильзы образует зарядную камеру для размещения порохового заряда.

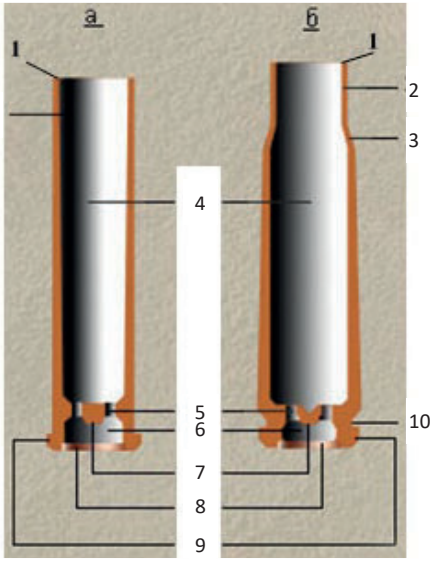


Рис. 14.13. Основные элементы гильзы унитарного патрона (а – цилиндрической, б – бутылочной): 1 – срез; 2 – дульце; 3 – скат; 4 – корпус; 5 – запальные отверстия; 6 – капсюльное гнездо; 7 – наковальня; 8 – дно; 9 – фланец; 10 – проточка

Донная часть – часть гильзы, включающая запальные отверстия, капсюльное гнездо, наковальню, дно, фланец, проточку.

Капсюльное гнездо (6) – углубление со стороны торца донной части гильзы, предназначенное для размещения капсюля-воспламенителя. От внутренней полости гильзы (зарядной камеры) капсюльное гнездо отделяется перегородкой (стенкой), в которой имеются ***запальные отверстия*** (5), предназначенные для передачи луча огня от капсюля-воспламенителя к пороховому заряду.

Выступ в центре капсюльного гнезда, имеющий обычно полусферическую форму, называется ***наковальней*** (7) гильзы. На ней разбивается ударный (капсюльный) состав при ударе бойка ударника по капсюлю.

Фланец (9) предназначен для захвата гильзы затвором при извлечении патрона из ленты или из приемника оружия и для извлечения стреляной гильзы из патронника после выстрела. Фланец, выступающий за корпус гильзы, может служить и для базирования патрона в патроннике оружия.

Проточка (10) – кольцевая канавка в донной части гильзы, предназначенная для образования фланца.

В зависимости от конструкции у гильзы могут отсутствовать какие-либо элементы.

Базирование (фиксация) патрона в патроннике оружия перед выстрелом осуществляется в зависимости от особенностей формы гильзы одним из способов, представленных на рисунке 14.14:

с упором гильзы в скат патронника (у гильз бутылочной формы, например, 5,45-мм патронов, 7,62-мм патронов образца 1943 г., 12,7-мм и 14,5-мм патронов);

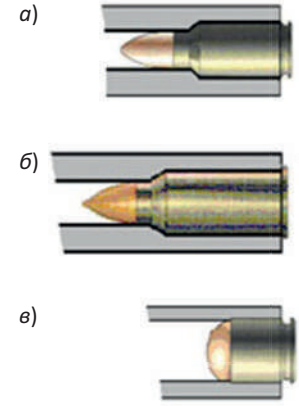


Рис. 14.14. Способы фиксации патрона в патроннике: а – упором гильзы в скат патронника; б – упором выступающего фланца в казенный срез ствола; в – упором переднего среза в уступ патронника

с упором выступающего фланца в казенный срез ствола (у гильз с выступающим фланцем, например, 7,62-мм винтовочных патронов);

с упором переднего среза в уступ патронника (у цилиндрических гильз, например, 9-мм пистолетных патронов).

По материалу изготовления гильзы могут быть латунные, биметаллические и стальные.

Латунные гильзы применяют в 5,45-мм пистолетных, 7,62-мм револьверных и 12,7-мм патронах. Ранее с латунными гильзами выпускались 7,62-мм и 9-мм пистолетные патроны, 7,62-мм винтовочные патроны с некоторыми видами пуль и 14,5-мм патроны.

Биметаллические гильзы изготавливают из биметалла, представляющего собой горячекатаный полосовой прокат из углеродистой качественной и высококачественной стали с двусторонним покрытием томпаком. Биметаллические гильзы применяют в 7,62-мм и 9-мм пистолетных патронах, 7,62-мм патронах образца 1943 г.

Стальные гильзы изготавливают из холоднокатаной высококачественной стали без покрытия томпаком. Стальные гильзы применяют в 5,45-мм патронах, 7,62-мм винтовочных патронах и патронах образца 1943 г., 14,5-мм патронах.

Для защиты от коррозии поверхности стальных и биметаллических гильз фосфатируются и покрываются лаком.

Крепление пули в гильзе осуществляется путем плотной посадки и дополнительного обжима или завальцовки дульца гильзы (5,45-мм патронах, 7,62-мм патронах образца 1943 г. и винтовочных патронах, 12,7-мм и 14,5-мм патронах) или путем плотной посадки пули и кернения дульца гильзы в двух точках (7,62-мм револьверные патроны) или в трех точках (5,45-мм и 7,62-мм пистолетные патроны).

У 9-мм пистолетных патронов пуля удерживается в гильзе только за счет посадки в дульце с натягом.

Крепление капсюля-воспламенителя в капсюльном гнезде осуществляется путем посадки его в гнездо с натягом. У 12,7-мм и 14,5-мм патронов, а также у 7,62-мм винтовочных патронов со стальной гильзой осуществляется дополнительное крепление капсюля-воспламенителя путем кольцевого кернения на торце донной части гильзы вокруг вставленного капсюля.

14.2.3. Метательные заряды

Важным элементом унитарного патрона является метательный заряд. В качестве метательных зарядов в патронах применяются пороховые заряды.

Пороховые заряды предназначены для придания пуле при его сгорании необходимой скорости полета и для обеспечения работы автоматики оружия. Основу пороховых зарядов составляют пороха.

Порохами принято называть многокомпонентные твердые вещества, содержащие в своем составе горючее и окислитель, облада-

ющие способностью гореть по определенному закону с выделением тепла и газообразных продуктов.

Пороха делятся на дымные и бездымные.

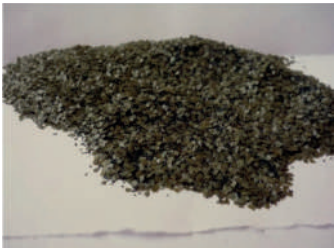


Рис. 14.15. Дымный порох

Дымные пороха, образец которых приведен на рис. 14.15, представляют собой механическую смесь 75% селитры, 10% серы и 15% древесного угля. Такой процентный состав наиболее выгоден, так как обеспечивается почти полное сгорание угля. Уголь является горючим веществом, селитра при разложении дает кислород, необходимый для горения угля, сера обеспечивает легкую воспламеняемость и служит связывающим веществом при изготовлении пороха.

Температура горения составляет 2500–2600°С.

Основными недостатками дымного пороха являются:

значительное содержание твердых частиц (более 50 %), что обусловливает низкую работоспособность пороховых газов, большое дымообразование и сильный износ канала ствола;

порох становится непригодным к применению, если его влажность достигает 15%. После просушки его свойства не восстанавливаются.

В настоящее время дымный порох используется в военной технике для вспомогательных целей (снаряжения запалов к ручным гранатам, дистанционных трубок, взрывателей, изготовления огнепроводного шнура, воспламенителей пороховых зарядов к орудиям, минометам и ракетам).



Рис. 14.16. Бездымный порох

Бездымные пороха, образец которых приведен на рис. 14.16, представляют собой пороха, основой которых является пироксилин – бризантное взрывчатое вещество[1], получаемое в

[1] Бризантными (дробящими) называются такие взрывчатые вещества, которые взрываются, как правило, под действием детонации инициирующих взрывчатых веществ и при взрыве производят дробление окружающих предметов.

результате обработки растительной клетчатки смесью азотной и серной кислот. Пироксилин обладает хорошими взрывчатыми свойствами, легко желатинизируется (обращается в студенистую массу) под действием различных растворителей.

В качестве растворителей при производстве порохов применяются: летучие растворители (смесь этилового спирта с этиловым эфиром и ацетон), труднолетучие растворители (нитроглицерин, нитродигликоль и др.) и нелетучие растворители (тротил, динитротолуол и др.). После изготовления пороха летучие растворители удаляются из него сушкой или вымачиванием.

В зависимости от примененного растворителя, различают пироксилиновые и нитроглицериновые пороха.

Для изготовления пироксилинового пороха применяется спиртоэфирный растворитель, для изготовления нитроглицеринового пороха – нитроглицерин.

Нитроглицериновые пороха мощнее пироксилиновых, но при горении развивают значительно более высокую температуру, что снижает живучесть стволов.

Пироксилиновые пороха применяются главным образом в пороховых зарядах патронов стрелкового оружия, нитроглицериновые, как более мощные, – в боевых зарядах гранат, мин, снарядов.

В бездымные пороха могут добавляться:

стабилизатор (как правило, дифениламин) – для предохранения пороха от химического разложения при длительном хранении;

флетматизатор (чаще всего камфора) – для замедления скорости горения внешней поверхности зерен пороха;

графит – для достижения сыпучести и устранения слипания зерен.

Зерна бездымного пороха в зависимости от его назначения могут иметь различную форму, которая имеет очень важное значение для определения характера нарастания давления пороховых газов при выстреле.

Бездымные пороха по форме зерен делятся, как показано на рисунке 14.17, на пластинчатые (см. рис. а-в), трубчатые с одним каналом (см. рис. г), трубчатые с семью каналами (см. рис. д).

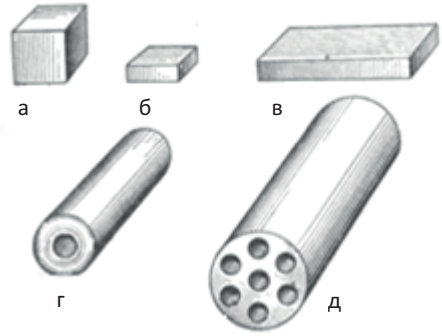


Рис. 14.17. Формы зерен бездымного пороха: а – куб; б – пластинка; в – лента; г – трубка с одним каналом; д – трубка с семью каналами

Состав пороха, а также форма и размеры пороховых элементов зависят от вида огнестрельного оружия, для которого предназначен порох.

Для пистолетов изготовляют порох, состоящий из очень мелких, тоненьких пластинок и хлопьев. Такая форма крупинок пороха сокращает время горения, необходимого для полного сгорания в короткоствольном оружии.

В отдельных видах патронов (5,45-мм патроны, 7,62-мм патроны образца 1943 г., пистолетные патроны калибра 5,45 мм и 9 мм) применяются заряды из бездымных лаковых порохов сфероидной формы, получаемых из лака – раствора нитроцеллюлозы в органическом растворителе.

При воздействии на пороховое зерно внешнего (теплового) импульса оно начинает гореть. Процесс горения пороха разделяют на три фазы: зажжение, воспламенение и собственно горение.

Зажжение – начало разложения порохового зерна в одной или нескольких точках под воздействием внешнего импульса.

Воспламенение – распространение пламени по поверхности порохового зерна.

Горение – распределение реакции разложения вглубь порохового зерна перпендикулярно к его поверхности.

Порох при прочих одинаковых условиях обладает различной скоростью горения. Скорость горения пороха является важной баллистической характеристикой. Она зависит от его состава, плотности порохового вещества, внешнего давления, температуры и влажности пороха:

чем больше плотность порохового зерна, тем меньше скорость его горения;

с повышением давления в окружающей среде скорость горения пороха увеличивается;

чем выше температура порохового заряда, тем скорость горения больше, так как уменьшается расход тепла на нагрев пороха и сама реакция разложения интенсивнее;

чем влажность выше, тем порох горит медленее, так как часть тепловой энергии расходуется для превращения воды в пар.

Пороха, в зависимости от характера изменения поверхности горения, подразделяются на:

пороха регрессивной формы – такие, поверхность зерен которых по мере их сгорания все время уменьшается. Вначале они дают скачок давления, которое быстро падает по мере продвижения снаряда по каналу ствола. К ним относятся пороха, зерна которых имеют форму куба, пластины, ленты, как показано на рисунке 14.18 (а);

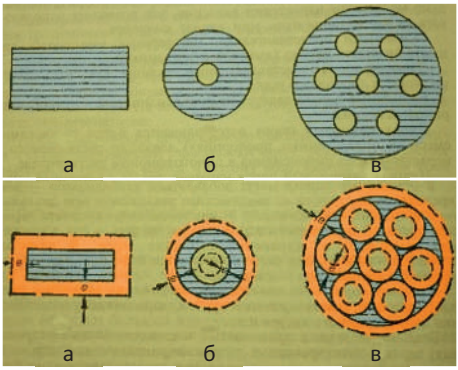


Рис. 14.18. Горение различных видов порохов: а – пластинчатые; б – трубчатые; в – зерненные

пороха с постоянной поверхностью горения – такие, поверхность зерен которых при горении остается постоянной, а, следовательно, приток газов в единицу времени не изменяется. К ним относятся пороха, имеющие зерна в форме трубки с одним каналом (см. рис. 14.18 (б). Горение происходит одновременно по внешней и внутренней поверхности трубки. Внешняя поверхность уменьшается, внутренняя увеличивается. Общая поверхность остается почти неизменной;

пороха прогрессивной формы – такие, поверхность зерен которых при горении увеличивается. К ним относятся пороха, имеющие зерна, например, в форме семиканальной трубки (см. рис. 14.18 (в). При горении такого зерна поверхность каналов увеличивается, что и создает общее увеличение поверхности порохового зерна, а это приводит и к увеличению притока газов в единицу времени. Применение прогрессивных порохов, дающих с течением времени все боль-

ший приток газов, обеспечивает наиболее равномерное давление в канале ствола.

Эффективность применения огнестрельного оружия в современных условиях предъявляет к порохам следующие требования:

современные боеприпасы должны обладать высокими начальными скоростями, необходимыми для достижения определенной дальности стрельбы и бронепробиваемости, для чего требуются пороха с большим запасом энергии;

для практического использования порохов в огнестрельном и реактивном оружии необходимо, чтобы порох легко и надежно воспламенялся от штатных средств воспламенения, устойчиво и закономерно горел;

для безопасного обращения, в процессе производства, при хранении, войсковой эксплуатации и боевом применении чувствительность их к внешним воздействиям должна иметь нормативные пределы;

для достижения успеха в современном бою немаловажным условием является внезапность и скрытность применения оружия, в связи с этим порох должен быть бездымным и беспламенным, что обеспечивает безопасность, особенно при стрельбе в ограниченном пространстве.

14.2.4. Капсюли-воспламенители

Капсюль (капсюль-воспламенитель) – устройство для воспламенения порохового заряда в огнестрельном оружии.

Устройство капсюлей-воспламенителей для патронов разного калибра однотипно и представлено на рисунке 14.19.

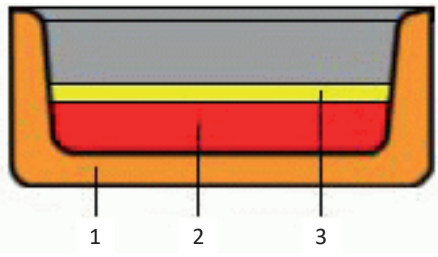


Рис. 14.19. Капсюль–воспламенитель:
1 – колпачок; 2 – ударный состав;
3 – фольговый кружок

Конструкция капсюля-воспламенителя обеспечивает обтюрацию пороховых газов в капсюльном гнезде и представляет собой стакан (колпачок) из мягкого металла (обычно, латуни) с зарядом чувствительного к удару взрывчатого вещества и закрывающем это вещество кружка из оловянной фольги.

Воспламенение капсюля происходит в результате динамического сжатия ударного состава бойком ударника на наковальне гильзы. В этом смысле патронные капсюли-воспламенители называют ударными капсюлями-воспламенителями.

Патрон должен обеспечить безотказную работу оружия в любых условиях. Поэтому для получения высокой надежности действия патрон должен обладать достаточной прочностью гильзы, учитывая воздействующие на нее силы как при выстреле, так и при экстракции в различных условиях службы оружия. В связи этим стремятся избегать чрезмерно больших величин максимального давления пороховых газов, которые могут вызвать разрыв гильзы, ее тугую экстракцию, прорыв газов через капсюль и т.п. Наряду с прочностью, гильза должна иметь достаточную жесткость во избежание помятостей ее при подаче патронов и в служебном обращении.

Большое влияние на безотказность действия автоматического оружия оказывает прочность крепления пули в дульце гильзы, учитывая возможные случаи выпадения пули при действии на нее осевых сил инерции и поперечных усилий, стремящихся выломать пулю из дульца при подаче патронов в оружии. Аналогичное значение имеет и прочность крепления капсюля в капсюльном гнезде гильзы. В устранении возможных случаев демонтажа пуль при стрельбе большое значение имеет прочность оболочки пули и других элементов.

Знание боевых возможностей боеприпаса и умение правильно его выбирать для поражения выбранной цели дает возможность в боевых условиях найти наиболее быстрое решение огневой задачи с наименьшим расходом боеприпасов.

Вопросы для контроля и самопроверки

1. Как классифицируются боевые патроны в зависимости от вида используемого оружия?
2. Как классифицируются боевые патроны по тактическому назначению и характеру действия пули?
3. Как устроен унитарный патрон?
4. Для чего предназначена пуля?

5. Какое устройство имеет обыкновенная пуля?
6. Какое устройство имеет трассирующая пуля?
7. В чем заключается принцип действия бронебойно-зажигательной пули?
8. Какая существует маркировка пуль?
9. Как устроена гильза?
10. Для чего предназначены пороха?
11. Какие существуют виды порохов?
12. Для чего предназначен капсюль-воспламенитель?
13. Как устроен капсюль-воспламенитель?

15. Правила стрельбы из стрелкового оружия

Для успешного выполнения боевых задач каждый военнослужащий обязан твердо знать, и умело использовать вверенное ему вооружение, технику, личное оружие. Офицер, кроме этого, должен умело руководить действиями своих подчиненных, передавая им свои знания, навыки, умения.

Особое внимание отводится правилам стрельбы из стрелкового оружия, которые включают основные положения и рекомендации по подготовке и ведению стрельбы. Ими руководствуются при стрельбе по различным целям в любых условиях, для надежного выполнения огневых задач с наименьшим расходом боеприпасов и времени.

Правила стрельбы из стрелкового оружия изложены в [2, 5, 7, 8], других источниках и приведены ниже.

15.1. Общие положения.

Мотострелковые подразделения своими огневыми средствами способны создавать огонь большой плотности и успешно поражать живую силу противника, огневые средства, десантные переправочные средства, бронетранспортеры и танки, а также вести борьбу с низколетящими воздушными целями противника.

Поражение цели огнем из стрелкового оружия является **решением огневой задачи**.

Содержание и последовательность решения огневой задачи во многом зависят от условий обстановки и включают:

обнаружение, целеуказание и выбор цели;

определение дальности до цели;

выбор места и способа поражения цели;

заряжание оружия;

определение исходных установок для стрельбы;

стрельбу по цели.

Решение огневой задачи заключается в проведении:

подготовки стрельбы (предварительной и непосредственной);

пристрелки цели. Зачастую пристрелка и стрельба на поражение протекают как единый этап;

стрельбы на поражение цели.

Подготовка стрельбы имеет задачу обеспечить в кратчайший срок готовность огневых средств к открытию огня. Она подразделяется на предварительную и непосредственную подготовку.

Предварительная подготовка к стрельбе включает все мероприятия, проводимые до момента обнаружения цели или до момента получения от старшего начальника огневой задачи:

техническую подготовку стрельбы, которая проводится, чтобы обеспечить своевременность открытия огня, надежность и безотказность действия вооружения при решении огневых задач (подготовку оружия, боеприпасов, приборов прицеливания и наблюдения);

изучение местности, выбор местоположения и ориентиров, занятие и, если нужно, оборудование огневой позиции, а также подготовку исходных данных для стрельбы по участкам и рубежам вероятного появления противника (определение баллистических, метеорологических и топографических условий стрельбы, а также дальностей до различных рубежей и местных предметов).

Непосредственная подготовка к стрельбе – это выбор места позиций и определение исходных установок для ведения огня по цели. Она заключается в производстве расчетов для определения исходных установок для первого выстрела с момента обнаружения цели (получения огневой задачи) до момента открытия огня и включает:

обнаружение, выбор цели, определение дальности (расстояния) до нее, направления и скорости ее движения и величин поправок на ее движение;

выбор типа боеприпаса, оружия и способа ведения огня;

определение направления и скорости движения своей техники и величин поправок на ее движение (при стрельбе с коротких остановок и с ходу);

определение суммарных поправок на отклонение условий стрельбы от нормальных (табличных);

назначение исходных установок для первого выстрела (очереди).

В условиях стрельбы по разным целям можно осуществлять подготовку с неодинаковой степенью точности. По этому признаку подготовку данных разделяют на *полную, сокращенную и глазомерную*.

Основным способом подготовки исходных установок для стрельбы из стрелкового оружия является *глазомерный*, когда дальность до цели определяется на глаз и поправки на незначительные изменения условий стрельбы не учитываются или учитываются приближенно.

Пристрелка цели заключается в отыскании стрельбой установок для перехода к стрельбе на поражение цели.

Сущность пристрелки состоит в том, чтобы на основе полученных наблюдений за местом падения снарядов (гранат) определить положение центра рассеивания[1] относительно цели и найти установки для стрельбы на поражение. Эти установки называют пристрелянными. Пристрелка может производиться по дальности и по направлению.

Пристрелка по дальности заключается в совмещении средней траектории падения пуль (снарядов) с центром цели.

Пристрелка по направлению имеет задачу вывода полета пуль (разрывов) на линию наблюдения «командир – цель» и удержание их на ней во все время пристрелки.

Для стрелкового оружия существует 2 метода пристрелки: пристрелка «по месту» и пристрелка «под обрез».

Пристрелка «по месту» проводится на дистанциях 100, 200, 300 метров (и так далее). При этом стрелок старается совместить среднюю точку попадания с положением планки целика – а из внешней баллистики известно, что пуля начинает постепенно опускаться при увеличении расстояния. Именно поэтому при стрельбе на дистанции 100 метров выстраивается положение «1». Затем расстояние увеличивается до 200 метров, планка целика опускается и принимает положение под цифрой «2». И так до тех пор, пока позволяет дальность эффективной стрельбы и прицельная дальность.

[1] Рассеивание - явление разбрасывания пуль (снарядов, гранат) при стрельбе из одного и того же оружия в практически одинаковых условиях.

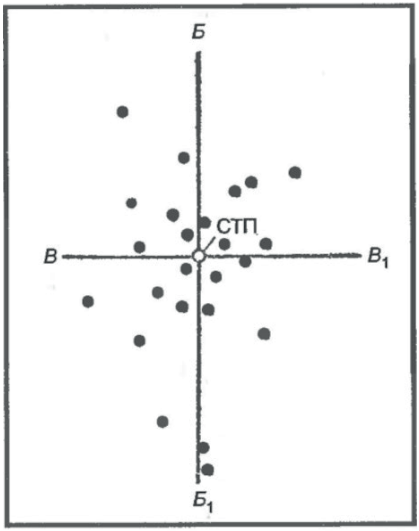


Рис. 15.1. Средняя точка попадания: $ВВ_1$ – ось рассеивания по высоте; $ББ_1$ – ось рассеивания по боковому направлению

Средняя точка попадания (СТП) – термин, имеющий отношение к прикладной баллистике и количественному определению меткости стрельбы, который означает геометрический центр эллипса рассеивания метательных снарядов, представленный на рисунке 15.1, при стрельбе по мишени.

Метод пристрелки «под обрез» не учитывает то, что пуля начинает постепенно терять свою траекторию, поэтому целик во всех случаях находится в положении «П» (постоянный прицел). *Однако пристреливать оружие на дистанции в 100, 200 и 300 метров все равно придется, чтобы знать, насколько сильно отклоняется баллистический снаряд от заданной точки в зависимости от расстояния до цели. В дальнейшем эти знания пригодятся, так как на большой дистанции нужно будет целиться чуть выше.*

Метод пристрелки оружия «под обрез», с установкой целика на «П» более удобен и универсален. Рекомендация в стрелковых наставлениях использовать именно этот метод объясняется в наибольшей степени таким понятием как «прямой выстрел». Прямой выстрел − это дистанция стрельбы, при которой высота траектории полета пули не выходит за габариты (не превышает размер) цели. Иными словами, целясь «под каблуки» наступающему врагу, стреляющий, в зависимости от калибра, на дистанциях вплоть до 300–400 метров может не вносить поправки в прицел: пуля все равно поразит противника в ногу, живот, грудь или голову.

Стрельба по цели преследует задачу в короткие сроки добиться ***подавления, уничтожения*** или ***разрушения*** цели. Она включает:

наводку и производство выстрела (очереди, пуска);

наблюдение за результатами стрельбы и корректирование стрельбы.

В отдельных случаях стрельба может быть прекращена по команде командира подразделения.

Огонь на подавление ведется с целью лишить противника боеспособности на некоторый промежуток времени; уничтожение живой силы и техники достигается при этом попутно.

Огонь на уничтожение живой силы, огневых средств и боевой техники ведется с целью лишить противника боеспособности не только на время обстрела, но и после прекращения огня, что достигается нанесением противнику значительного материального урона.

Огонь на подавление или уничтожение может применяться всеми видами огнестрельного оружия. Расход боеприпасов при ведении огня на уничтожение обычно в два-три раза больше, чем при ведении огня на подавление.

Огонь на разрушение ведется с целью привести в негодное состояние оборонительные сооружения, заграждения; выполняется артиллерийскими и танковыми орудиями.

Большое разнообразие целей на поле боя и огневых задач приводит к тому, что в конкретных условиях обстановки каждой цели соответствует свой способ стрельбы. Поэтому для каждого случая разработать конкретные правила подготовки и ведения огня практически невозможно.

Огонь из стрелкового оружия следует вести на дальностях, которые не превышают 800–1000 м, на которых траектории пуль сохраняют настильность и мало изменяются под воздействием внешних условий стрельбы. Это обеспечивает высокую эффективность (действительность) огня[1], особенно сосредоточенного, а на дальностях до 400 м для автоматов и до 800 м для пулеметов обеспечивает надежность поражения одиночных целей, близкую к 90 %, при расходе 15–25 патронов.

[1] Эффективность или действительность огня – условный термин обозначающий меру соответствия достигнутых результатов стрельбы поставленной огневой задаче.

При такой действительности огня современного автоматического стрелкового оружия в боевой обстановке требуется произвести подготовку данных по цели в кратчайшие сроки, часто под воздействием огня противника, когда невозможно произвести какие-либо расчеты на бумаге. Поэтому при подготовке данных для стрельбы всеми военнослужащими должны быть освоены и способы более полных и точных расчетов, и простейшие решения в уме, без записи, с использованием полевых (мнемонических) правил[1].

Подготовка исходных данных для стрельбы из стрелкового оружия включает определение исходных установок прицела (ИУП) или целика (ИУЦ) и точки прицеливания (ТП) с учетом дальности до цели и внешних условий, которые могут оказать влияние на дальность и направление пули.

В теории эффективности вооружения и военной техники цели для стрелкового оружия разделяют на **одиночные** и **групповые** (составные, состоящие из двух и более одиночных целей), которые в зависимости от своего состояния могут быть ***неподвижные, появляющиеся и движущиеся.***

К одиночным целям относятся, например, танк, ПТУР, БМП, БТР, пулемет, а к групповым – совокупность целей, расположенных на ограниченной площади, например, группа пехоты, подразделение ПТУР и т.п.

Характерными целями для стрелкового оружия являются расчеты огневых средств, группы стрелков или отдельные солдаты, ведущие огонь из различных положений (лежа, с колена или стоя). Все эти цели в бою редко остаются неподвижными, поэтому стрельба по ним считается стрельбой по появляющимся целям, причем появляющимся, как правило, на очень короткое время. Часто эти цели будут появляться в различных местах, совершать перебежки, переползания, переходы, т.е. будут являться движущимися. К движущимся на-

[1] Мнемотехника, или мнемоника, – это совокупность приемов, увеличивающих объем памяти и облегчающих запоминание информации. В основе мнемонического запоминания лежит визуализация – образное конспектирование, во время которого абстрактные понятия получают визуальные, аудиальные или кинестетические воплощения в памяти.

земным целям для стрелкового оружия относят бронетранспортеры, автомобили, мотоциклы и другие подвижные средства.

В практике стрельбы рассматривают движение цели под курсовым углом – углом, образованным вектором направления движения цели и вектором направления на стреляющего.

Различают, как показано на рисунке 15.2, следующие виды движения цели:

фронтальное движение на стреляющего (или от него), при котором цель движется под курсовыми углами от 0° до 30°;

фланговое движение, при котором цель движется под курсовыми углами от 60° до 120°;

косое (облическое) движение, при котором цель перемещается под курсовыми углами от 30° до 60°.

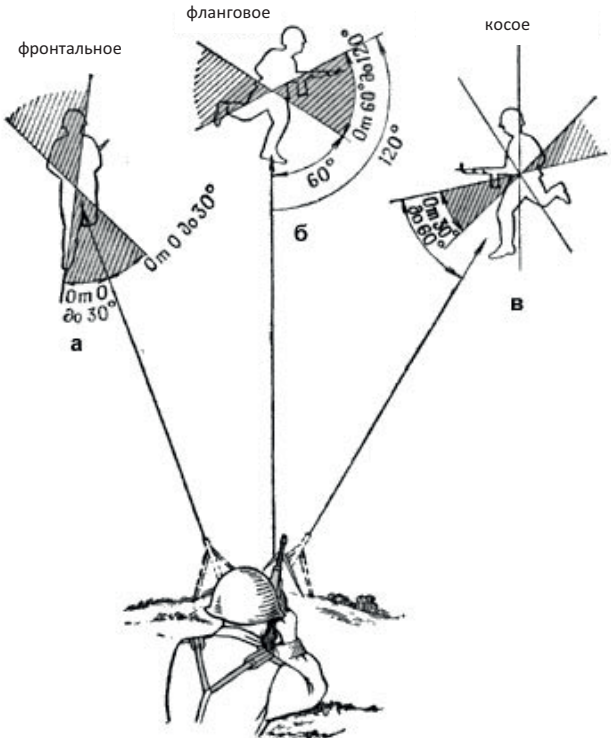


Рис. 15.2. Движение цели

Скорость движения цели определяют, как правило, глазомерным способом исходя из характера ее тактических действий, рельефа местности, погодных и других условий. С учетом указанных факторов средние скорости движения составляют:

1,5–2 м/с для идущего стрелка;

3 м/с для бегущей пехоты;

3–5 м/с для бронецелей, а при развитии успеха – **6–10 м/с**;

8–10 м/с для автомобилей.

Правила стрельбы из стрелкового оружия являются общими. Однако необходимо помнить, что:

применение приемов и способов, изложенных в наставлениях, не исключает использования других, обеспечивающих в данных условиях более быстрое выполнение огневых задач или повышение действенности стрельбы;

знание правил стрельбы дает возможность в любых условиях обстановки выработать и принять рациональное, с точки зрения расхода боеприпасов и времени, решение огневой задачи.

Для качественного выполнения огневых задач необходимо:

иметь исправное и правильно подготовленное к стрельбе вооружение;

непрерывно наблюдать за полем боя;

своевременно обнаруживать цели, умело оценивать их важность, точно и быстро передавать целеуказания;

правильно выбирать оружие и боеприпасы для поражения цели, а также способ ведения огня;

наиболее точно определять исходные установки для стрельбы, а также применять целесообразные приемы наводки и производства очереди (выстрела), наблюдать за результатами огня и умело его корректировать;

умело вести огонь по всевозможным целям в различных условиях боевой обстановки, как днем, так и ночью;

для поражения групповых и наиболее важных одиночных целей применять сосредоточенный огонь;

следить за расходом боеприпасов в бою и принимать меры к своевременному их пополнению.

Непрерывное наблюдение за полем боя ведется в целях получения данных о противнике, действиях своих войск (сил) и об

обстановке в районе ведения боевых действий. Оно позволяет своевременно обнаруживать расположения и действия противника на глубину до 1500 м. Кроме того, в бою необходимо наблюдать за сигналами и знаками командира и за результатами своего огня. Если нет особых указаний командира, наблюдение осуществлять в указанном секторе обстрела на глубину до 1000 м.

Наблюдение может вестись невооруженным глазом и с помощью оптических приборов, при этом особое внимание необходимо обращать на скрытые подступы.

Для удобства наблюдения и последовательного осмотра местности, сектор (полоса) наблюдения по глубине разбивается, как показано на рисунке 15.3 на зоны:

ближнюю – глубиной до 400 м;

среднюю – от 400 до 800 м;

дальнюю – от средней зоны на глубину видимости.

Осмотр местности производится тщательно, справа налево, от ближних предметов к дальним, особое внимание обращается на демаскирующие противника признаки. Такими признаками могут быть блеск, шум, качание веток деревьев и кустов, появление новых мелких предметов, изменения в положении и форме местных предметов и т. п.

При использовании бинокля или оптического прицела (применяются только для более тщательного изучения отдельных предметов или участков местности) необходимо принимать меры к тому, чтобы блеском стекол бинокля (оптического прицела) не обнаружить место своего расположения.

Ночью места расположения и действий противника могут быть установлены по звукам и источникам света. Если в нужном направлении местность освещена осветительным патроном или другим источником освещения, быстро осмотреть освещенный участок.

О замеченных на поле боя целях необходимо немедленно доложить командиру и правильно указать их расположение, т.е. выполнить целеуказания.

Основными способами целеуказаний являются: от ориентиров (местных предметов); от направления движения; стрельба патронами с трассирующими пулями (снарядами); стрельба сигнальными ракетами; наведение оружия в цель.

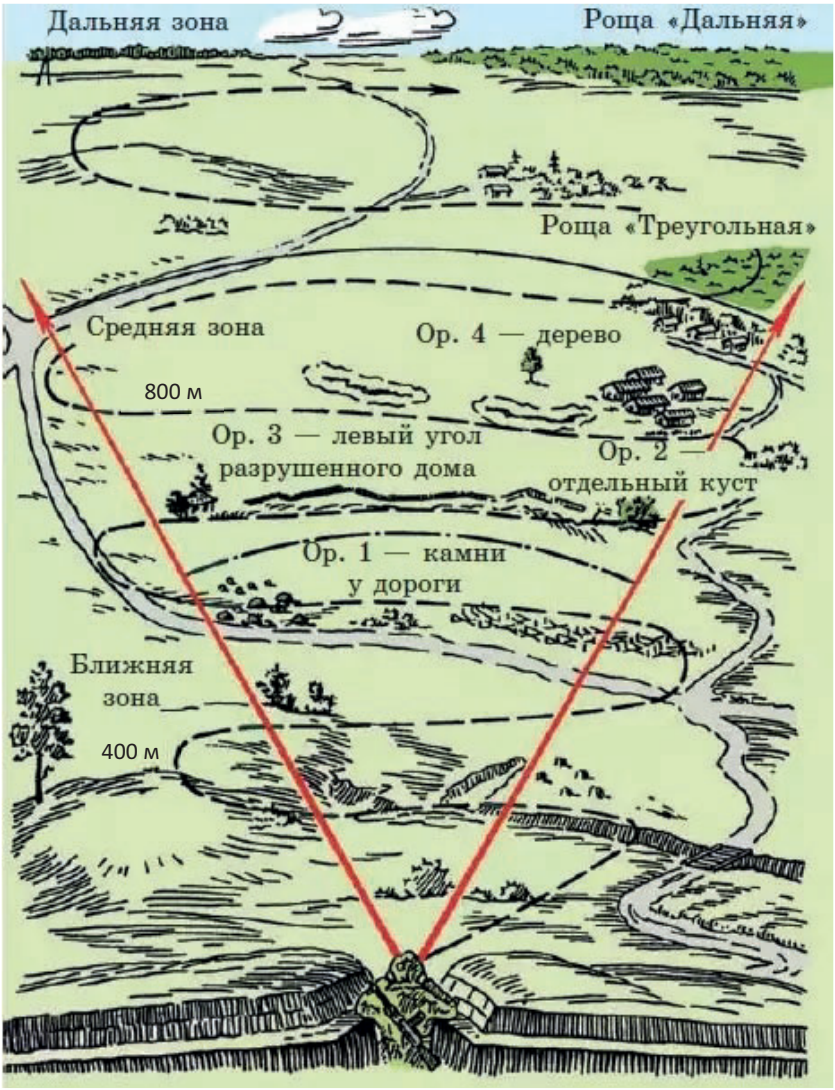


Рис. 15.3. Наблюдение за полем боя

Способы целеуказаний от местных предметов, ориентиров и от направления движения продемонстрированы на рисунке 15.4.

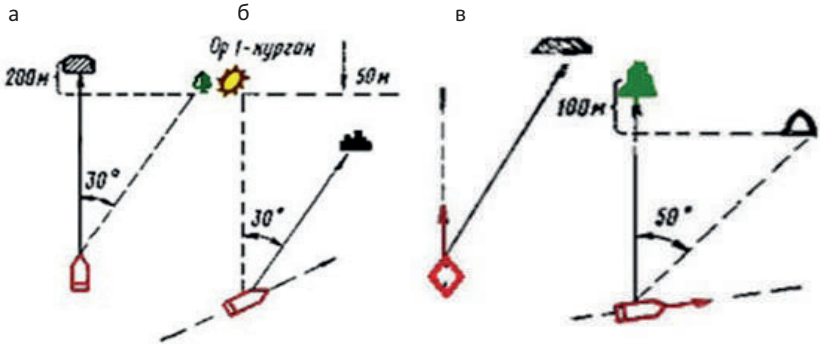


Рис. 15.4. Целеуказание: а – от местного предмета; б – от ориентира; в – от направления движения

При целеуказании от ориентиров (местных предметов) наблюдатель указывает:

в направлении какого ориентира следует наблюдать цель;

местоположение цели относительно ориентира (местного предмета) по направлению (вправо, влево – в делениях угломера или «тысячных») и по дальности (дальше, ближе – в метрах);

наименование и характерные признаки цели;

направление и скорость движения цели.

Например, (см. рис. 15.4) *«Отдельное дерево, влево 30, дальше 200 - БТР, под углом 45, 20 км/ч», «Ориентир 1, вправо 30, ближе 50, пулеметный расчет у куста».*

Целеуказание от направления движения применяется, как правило, при нахождении дающего целеуказание и принимающего вместе, совершающих движение в одном направлении (на марше, в разведке и т.п.).

Например, (см. рис. 15.4) *«Впереди 800 - танк в окопе», «Впереди 600 - камень, левее 50, дальше 100 - ПТУР».*

Целеуказание трассирующими пулями (снарядами) применяется для взаимодействия с боевыми машинами, когда нет возможности передать целеуказание по радио, когда принимающий целе-

указание наблюдателя командир подразделения не может слышать его голос или обстановка не позволяет дать целеуказание другим способом.

При целеуказании трассирующими пулями (снарядами) подающий его предупреждает принимающего, чтобы последний был готов вести наблюдение за направлением прохождения трасс пуль или снарядов, например, «Слева серый камень, наблюдать за трассой». Затем по цели или в ее направлении дается несколько очередей трассирующими пулями. После этого относительно трассы указывается положение цели, например, «*Трасса пуль, влево 10 — ПТУР у серого камня*». Этот способ не применяется в напряженные моменты боя, когда невозможно различить, какие трассы определяют направление на цель.

Для целеуказания сигнальными средствами – наблюдатель, выпускает в направлении цели под углом 30° две-три ракеты (порядок, цвет и количество ракет устанавливаются заранее), а после их отстрела уточняет положение цели, например*: «Вторая ракета, влево 50, дальше 200, у зеленых кустов - танк».*

Целеуказание наведением оружия (прибора) в цель применяется, когда рядом с целью нет ориентиров или четко выраженных местных предметов, принимающий и дающий целеуказание находятся в одном месте и у них имеется прибор наблюдения или оружие.

Цель указывается непосредственным наведением в нее перекрестья сетки прибора или центральной прицельной марки оптического (ночного) прицела и докладом. Например, командир гранатометного взвода для целеуказания командиру расчета АГС-17 подходит к гранатомету, установленному на станке, наводит центральный угольник прицела в цель и указывает: *«Центральный угольник наведен в цель – безоткатное орудие на автомобиле».*

Наиболее характерными целями являются:

для автоматов (пулеметов) - расчеты пулеметов и орудий, группы стрелков или отдельные фигуры, ведущие огонь из различных положений, а также живая сила на автомобилях, мотоциклах;

для снайперской винтовки - офицеры, наблюдатели, снайперы, расчеты орудий и другие цели, наиболее угрожающие своему подразделению;

для ручных противотанковых гранатометов – бронированные цели (танки, бронетранспортеры).

Кроме того, из стрелкового оружия огонь ведется и по воздушным целям.

Цель выбирается и указывается стреляющему, как правило, командиром. Указанную цель стреляющий должен быстро найти и доложить: «Вижу». Если цель не найдена, доложить: «Не вижу» и продолжать наблюдение.

Если стреляющему в бою цель для поражения не указана, он выбирает ее сам. В первую очередь поражаются наиболее опасные и важные цели, например, расчеты пулеметов и орудий, командиры и наблюдатели противника. Из двух равных по важности целей выбирается для обстрела ближайшая и наиболее уязвимая.

Для современного стрелкового оружия, обладающего высокой кучностью боя, поражение цели достигается обычно уже первой очередью. Для овладения искусством поражения цели с первой очереди (выстрела) необходимо в любых условиях стрельбы правильно назначать исходные установки с учетом дальности до цели и поправок на отклонения условий стрельбы от табличных, чтобы средняя траектория проходила как можно ближе к центру цели. Решающим в получении такого результата является точное определение **дальности до цели**.

15.2. Измерение углов и определение расстояний.

Для приближенного определения расстояний стреляющий может применять следующие способы:

глазомерный;

по линейным размерам объекта;

по угловой величине;

по звуку;

непосредственным промером местности шагами;

геометрическими построениями на местности;

другими способами.

Глазомерный способ является основным, самым простым и быстрым, наиболее доступным в любых условиях боевой обстановки

способом определения расстояний в маневренном бою при дефиците времени.

Навык в быстром и точном определении расстояния на глаз можно приобрести только в результате устойчивых постоянных тренировок. Стрелки должны иметь прочные навыки в определении расстояний до целей в различных условиях - при ярком солнечном свете и в пасмурную погоду, при частичном задымлении местности, ночью (ночью дальность до освещенных целей определяется так же, как и днем).

Для определения расстояния глазомерным способом применяются следующие приемы:

сравнением дальности до цели с дальностью до ориентира, расстояние до которого известно. Если цель обнаружена вблизи ориентира, дальность до которого известна, то при определении дальности до цели необходимо учитывать ее удаление от местного предмета (ориентира);

по отрезкам местности, хорошо запечалившимися в зрительной памяти. Заключается в тренировке зрительной памяти и умении мысленно откладывать на местности хорошо представляемую постоянную величину (50, 100, 200, 500 метров). Определяемая дальность мысленно сравнивается с хорошо запечалившимися в памяти известными отрезками местности с учетом степени видимости целей и местных предметов около них.

по степени видимости и кажущейся величине цели, а также путем сочетания этих приемов. Суть данного приема состоит в том, что удаление цели (объекта) от наблюдателя определяется по тому, насколько отчетливо видна наблюдаемая цель (объект), какое количество подробностей удается различить, сравнением видимой цели с запечалившимися в памяти размерами данной цели на определенных удалениях.

Для грубой оценки расстояний можно воспользоваться примерными данными в соответствии с таблицей 15.1.

При определении дальности глазомерным способом необходимо учитывать следующие побочные явления, которые влияют на точность определения расстояний:

кажущаяся величина одного и того же отрезка местности с удалением его от стрелка (в перспективе) постепенно сокращается;

Таблица 15.1

Предельные дальности различимости объектов

Объекты и признаки	Предельная различимость (км)
Колокольни, башни, большие дома на фоне неба	15 – 18
Заводские трубы	6
Отдельные небольшие дома	5
Окна в домах без деталей	4
Стволы деревьев, столбы линий связи, люди (в виде точки)	1,5
Движение рук, различается голова	0,4
Черты лица человека, кисти рук, детали стрелкового оружия	0,1

овраги, лощины, речки, пересекающие направление на предмет или цель, скрадывают (уменьшают) дальность;

мелкие предметы (кусты, камни, отдельные фигуры) кажутся дальше, чем находящиеся на том же удалении крупные предметы (лес, гора, колонна войск);

в пасмурный день, в дождь, в сумерки, в туман дальности кажутся увеличенными, а в светлый, солнечный день, наоборот, – уменьшенными;

в горной местности видимые предметы как бы приближаются;

чем меньше промежуточных предметов находится между глазом и наблюдаемым предметом, тем этот предмет кажется ближе, в частности предметы на ровной местности кажутся ближе;

особенно сокращенными кажутся расстояния, определяемые через обширные открытые водные пространства, например, противоположный берег всегда кажется ближе, чем в действительности;

одноцветный, однообразный фон местности (луг, снег, пашня) выделяет и как бы приближает находящиеся на нем предметы, если они иначе окрашены, а пестрый, разнообразный фон местности, наоборот, маскирует и как бы удаляет находящиеся на нем предметы;

при наблюдении лежа предметы кажутся ближе, чем при наблюдении стоя.

По линейным размерам объектов определение расстояний необходимо выполнять в следующей последовательности, как показано на рисунке 15.5:



Рис. 15.5. Определение расстояний по линейным размерам объектов

взять линейку и держать перед собой на расстоянии вытянутой руки (50 см от глаза). Измерить по ней в миллиметрах видимую ширину или высоту предмета, до которого необходимо определить расстояние;

после этого действительную высоту (ширину) предмета, выраженную в сантиметрах, умножить на 5 (постоянное число) и разделить на видимую высоту (ширину), в миллиметрах. В результате получим расстояние до предмета.

Пример:

Столб, высотой 5 метров (500 сантиметров) закрывает по линейке 40 мм (см. рис. 15.5).

Расстояние до него будет равно: 500 Х 5 : 40 = 62,5 м.

Линейные размеры некоторых объектов приведены в таблице 15.2.

Таблица 15.2

Линейные размеры объектов

Наименование объектов	Размеры, м		
	высота	длина	ширина
Рост среднего человека	1,65 – 1,75		0,5
Голова без каски	0,25		0,20
Голова в каске	0,25		0,25
Телеграфный столб деревянный	5,0 – 6,0		
Телеграфный столб ЖБ	6,0		
Танк	2,3 – 2,7	6,8 – 7,7	3,2 – 3,7

Окончание табл. 15.2

Наименование объектов	Размеры, м		
	высота	длина	ширина
БТР и БМП	1,8 – 2,0	4,6 – 6,5	2,5 – 2,7
Расстояние между опорами электросети высокого напряжения		100	
Расстояние между столбами линии связи		50 – 60	
Вагон пассажирский	4,25	24 – 25	2,75
Одноэтажный дом с крышей	6 – 8		
Железнодорожная будка	4,0		

По угловым размерам определение расстояния до цели возможно, если известна наблюдаемая линейная величина (высота, ширина или длина) объекта, до которого определяется расстояние. Способ сводится к измерению угла в тысячных.

Тысячная – это единица измерения расстояний по горизонту. Сама по себе тысячная – это очень хорошее и практичное изобретение, которое является расчетной основой в международной стрелковой и артиллерийской практике армий всех стран мира. Понятие тысячной используется для введения горизонтальных поправок, корректирования огня по горизонтали при стрельбе из стрелкового оружия и артиллерийских систем, а также для определения расстояний и дальности до целей.

Как образуется эта самая тысячная? Условно горизонт вокруг нас 360° разбит на 6000 равных частей, как показано на рисунке 15.6. *Угол, накрывающий 1/6000 горизонта, называется одной шеститысячной, или просто одной тысячной*. В 1 градусе ≈ 17 тысячных.

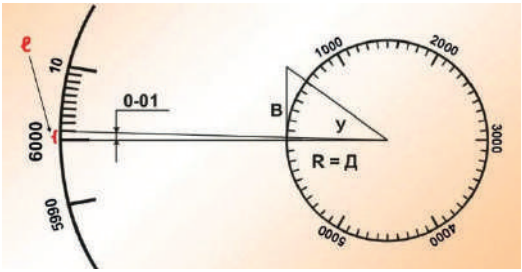


Рис. 15.6. Тысячная

Одна тысячная – постоянная неизменяемая угловая величина, привязанная к метрической системе измерений. На любом расстоянии от стрелка до цели эта самая тысячная составляет одну тысячную часть этого расстояния, развернутую возле цели по фронту. На расстоянии 100 метров от стрелка одна тысячная по горизонту занимает расстояние 10 см, на 200 м – 20 см, на 300 м – 30 см, на 400 м – 40 см и так далее. На дистанции 1 км одна тысячная равна 1 метру.

Точность измерения расстояния этим способом не зависит от атмосферных условий, общего фона и характера местности, а также от места нахождения наблюдателя.

Дальность (расстояние) до наблюдаемого объекта (см. рис. 15.6) определяется по формуле:

Д = В х 1000/У,

где В – высота, длина или ширина наблюдаемого объекта;

1000 – постоянный коэффициент;

У – угол (в тысячных), под которым виден данный предмет.

Для быстрого измерения углов **при помощи угломерной сетки бинокля,** как показано на рисунке 15.7, необходимо определить, между какими делениями угломерной сетки располагается наблюдаемый объект или измеряемое направление. Умножив количество делений на их цену, наблюдатель получит величину измеряемого угла в «тысячных». Цена одного большого деления бинокля составляет 0–10, малого – 0–05.



Рис. 15.7. Измерение угла при помощи бинокля

Для измерения угла между двумя направлениями следует, наблюдая в бинокль, совместить какой-либо штрих угломерной шкалы с одним из этих направлений и подсчитать число делений до второго направления. Умножив затем этот отсчет на цену деления, получим величину измеряемого угла в тысячных.

Например, пулемет противника (см. рис. 15.7) *расположен правее ориентира (указывает центральное перекрестие горизонтальной и вертикальной шкал) под углом 0–27*.

Для измерения углов **с помощью линейки**, необходимо знать, что отрезку в 1 мм, удаленному от глаза на 50 см, соответствует угол в две тысячные (записывается: 0–02).

В этом легко убедиться из самой сущности понятия тысячной: в данном случае Д= 50 см (500 мм), т. е. одна тысячная этой дистанции равна 0,5 мм, поэтому ***одному миллиметру будет соответствовать угол, равный двум тысячным, т. е. 0–02.***

Тогда легко можно определить расстояние до цели, например, как показано в примере на рисунке 15.8.

Пример: Столб, высотой 5 метров закрывает по линейке 40 мм.

Расстояние до столба будет составлять:

Д = В х 1000/У =

= 5 Х 1000 : 80 = 62,5 м.



Рис. 15.8. Определение расстояния при помощи линейки

Для измерения углов **подручными предметами** можно использовать палец, ладонь или любой подручный небольшой предмет (спичечную коробку, карандаш и др.), размеры которого в миллиметрах и в тысячных, известны. Некоторые размеры предметов в тысячных приведены в таблице 15.3.

Таблица 15.3

Размеры предметов в тысячных

Наименование предметов	Размер в тысячных
Толщина большого пальца руки	0 – 40
Толщина указательного пальца	0 – 33
Толщина среднего пальца	0 – 35
Толщина мизинца	0 – 25
Патрон по ширине дульца гильзы (7,62мм)	0 – 12
Гильза по ширине корпуса (7,62мм)	0 – 18
Спичечная коробка по длине	0 – 60
Спичечная коробка по ширине	0 – 50
Спичечная коробка по высоте	0 – 30
Толщина спички	0 – 02

Для измерения угла мерка (см. табл. 15.3) выносится на расстояние 50 см от глаза, и по ней путем сравнения определяется искомая величина угла.

Определение расстояний **с помощью прицельных приспособлений** следует проводить с учетом следующего:

мушка по ширине закрывает в проекции на цель угол в 2 тысячных (0-02);

по высоте мушка закрывает 3 тысячных (0-03);

база прицела – ширина прорези – закрывает 6 тысячных (0-06).

Например, для определения по открытому прицелу дистанции стрельбы по перебегающему пехотинцу, который по своей высоте равен высоте мушки, необходимо учитывать, что высота мушки равна 3 тысячным, а высота перебегающего пригнувшегося пехотинца составляет 1,5 м.

Дальность (расстояние) до перебегающего пехотинца составит:

Д = 1,5 х 1000 : 3 = 500 м.

Следовательно, если перебегающий пехотинец по высоте будет в два раза больше высоты мушки, дистанция до него будет 250 м. Если в два раза меньше – 1000 м. **Это готовое решение, и его надо запомнить**.

Определение расстояний с помощью прицельных приспособлений производится путем сравнения размеров цели по ширине (высоте) с кроющей величиной мушки и прорези прицела, как показано на рисунке 15.9**.**

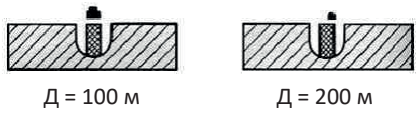


Рис. 15.9. Определение расстояний с помощью прицельных приспособлений

Для определения кроющей величины мушки или прорези прицела можно воспользоваться формулой:

К=Д х Р/д,

где К – кроющая величина мушки (прорези) в мм;

Д – расстояние до цели в мм;

Р – размер мушки (прорези) в мм;

д – расстояние от глаза до вершины (прорези) мушки в мм.

Кроющая величина мушки автомата на расстоянии 100 м составит:

К=100 000 х 2/660 = 303 мм = 30 см.

Определение расстояний **по звуку и вспышке выстрела** позволяет быстро определять расстояния до стреляющих орудий, минометов, пулеметов и других целей, обнаруживающих себя в момент выстрела или взрыва вспышкой и образованием дымовых колец.

Зная скорость распространения звука (зимой – 320 м/с, летом – 340 м/с, при 0°С – 331 м/с) и скорость света (300 тыс км/ч), можно определить расстояние по звуку и вспышке выстрела с помощью секундомера.

Для приближенного определения расстояний можно считать, что:

скорость распространения звука в воздухе составляет 330 м/с, т.е. 1 км в 3 с;

свет распространяется мгновенно.

Тогда, отсчитав по секундной стрелке часов время от момента вспышки до момента слухового восприятия звука выстрела или взрыва, определим расстояние до цели.

Пример: Среднее время прохождения звука выстрела составляет 20,5 с.

Расстояние до цели будет: 330 х 20,5 = 6765 м.

При нормальном слухе и благоприятных акустических условиях дальность слышимости примерно такая, как показано в таблице 15.4.

Ночью и в условиях ограниченной видимости расстояния часто приходится определять на слух. Для этого надо уметь различать по характеру звуков их источники и знать, с каких примерно расстояний можно услышать эти звуки.

Основными факторами, влияющими на распространение и силу звука, являются: направление и сила ветра; температура и влажность воздуха; характер и расположение складок рельефа; растительность; наличие экранирующих поверхностей, отражающих звук и вызывающих эхо и звуковые обманы.

Наиболее сильно искажаются звуки по силе и направлению вблизи водоемов и в закрытых местах: лесу, горах, оврагах.

Слышимость усиливается, когда ветер дует со стороны источника звука, а также ночью и в ранние утренние часы, в пасмурную погоду, особенно после дождя, у водной поверхности, зимой (при отсутствии снега) и в других случаях, когда улучшается звукопроводимость воздуха.

Таблица 15.4

Пределы слышимости звуков

Вид деятельности противника	Характерные звуковые признаки	Пределы слышимости, м
Шаги человека по грунту		30
Кашель		50
Разговорная речь		100-200
Резкая команда голосом		500-1000
Движение пешего строя по: грунту шоссе	ровный глухой шум	 300 600
Отрывка окопов вручную	удары лопат о твердый грунт или камни	500-1000
Движение автомобилей: по грунтовой дороге по шоссе	 неравномерный шум двигателей ровный шум двигателей	 500 1000-1500
Движение БМП, САУ, танков: по грунту по шоссе	 резкий рокот двигателей, лязг гусениц	 2000 3000-4000
Стрельба из стрелкового оружия очередями		3000-4000
Стрельба из орудий среднего калибра		10000-15000

Звук поглощается, т.е. становится более слабым, в жаркую солнечную погоду, во время снегопада, дождя, в лесу, в кустарнике, на местности с песчаным грунтом. При ослаблении слышимости, расстояния до источников звуков кажутся больше.

При определении расстояний **промером местности шагами** счет шагов ведется, как правило, парами. При приближенном измерении расстояний длину пары шагов принимают равной 1,5 метра.

После каждой сотни пар шагов делается отметка каким-либо способом и счет начинается заново. При переводе измеренного шагами расстояния в метры число пар умножают на величину в метрах одной пары шагов (1,5 метра).

Для более точного измерения расстояния длину шага можно рассчитать по формуле:

Д = Р / 4 + 0,37,

где:

Д – длина шага человека,

Р – рост человека.

Например, если рост человека 1,75 м, то длина шага:

Д = 1,75 /4 + 0,37 = 0,8 метра.

15.3. Установка прицела

При точном определении расстояния до цели и ***при табличных условиях стрельбы***, представленных в таблице 15.5, прицел назначается *соответственно дальности до цели в сотнях метров,* а точка прицеливания выбирается в центре цели. При этом средняя траектория пройдет через середину цели, как показано на рисунке 15.10, и вероятность попадания будет наибольшей.

Таблица 15.5

Условия стрельбы

Дальность до цели	Исходная установка прицела	Исходная точка прицеливания
100	1	СЦ
200	2	СЦ
300	3	СЦ
400	4	СЦ

Примечание: СЦ – середина цели.



Рис. 15.10. Прицеливание

Но при назначении исходной установки прицела приходится учитывать возможные ошибки определения расстояния до цели. Точность перечисленных способов определения расстояний характеризуется следующими величинами срединных ошибок:

при глазомерном способе и по формуле тысячной – 10% Д;
при определении дальности по карте – 5% Д;
промером местности шагами и по звуку выстрелов – 4% Д.

При стрельбе из стрелкового оружия, если дальность по цели в сотнях метров, как показано в таблице 15.6, *меньше деления шкалы прицела на 0,5*, то исходную установку прицела необходимо *округлять в большую сторону*, а точка прицеливания выбирается под низ цели, как показано на рисунке 15.11.

Таблица 15.6

Условия стрельбы

Дальность до цели	Исходная установка прицела	Исходная точка прицеливания
150	2	НКЦ
250	3	НКЦ
350	4	НКЦ
450	5	НКЦ

Примечание: НКЦ – нижний край цели.



Рис. 15.11. Прицеливание

Для увеличения поражаемого пространства огонь из стрелкового оружия можно вести с установки прицела большей дальности до цели *на 2 и более,* в зависимости от размеров цели и дальности до нее, при этом исходная точка прицеливания – нижний край цели, как показано на рисунке 15.12.

Таблица 15.7

Условия стрельбы

Дальность до цели	Исходная установка прицела	Исходная точка прицеливания
100	2	НКЦ
200	3	НКЦ
300	4	НКЦ

Примечание: НКЦ – нижний край цели.



Рис. 15.12. Прицеливание

При стрельбе из стрелкового оружия в напряженные моменты боя, когда условия обстановки не позволяют изменить установки прицела, огонь можно вести *на всю дальность прямого выстрела* с одной установки прицела (соответствующей дальности прямого выстрела), при этом исходная точка прицеливания выбирается **в середину нижнего края цели.**

Таким образом, при стрельбе из стрелкового оружия в нормальных (табличных) условиях стрельбы по неподвижным и появляющимся целям назначают следующие исходные установки: ИУП (исходные установки прицела) – согласно измеренной дальности до цели; ИСП (исходная суммарная поправка) – отсутствует; ИТП (исходная точка прицеливания) – в середину или в нижний край цели.

Однако практически таких условий почти никогда не бывает. Для эффективного ведения огня необходимо учитывать отклонения условий стрельбы от табличных.

15.4. Поправки стрельбы

При повышении окружающей температуры плотность воздуха уменьшается, вследствие чего уменьшается сила сопротивления воздуха и увеличивается дальность полета пули (гранаты). При подъеме на каждые 100м температура понижается на 3ºС.

Поправки дальности ***на изменение температуры воздуха и заряда*** берутся в соответствии *с полевым правилом*:

при стрельбе в летних условиях поправки на изменение температуры воздуха не учитываются;

на дальностях до 400 м никаких поправок в прицел можно не вносить;

при -25ºС<Т<0ºС точку прицеливания следует выбирать на верхнем краю цели;

при Т<-25ºС прицел увеличивать на одно деление (Пр+1).

При повышении местности на каждые 100 м атмосферное давление понижается в среднем на 9 мм.рт.ст.

С увеличением атмосферного давления плотность воздуха увеличивается, а, следовательно, сила сопротивления воздуха увеличивается и дальность полета пули уменьшается.

При изменении ***атмосферного давления*** необходимо пользоваться *полевым правилом:*

на дальностях до 400 м поправки в прицел можно не вносить;

при повышении местности над уровнем моря до 2000 метров – ИТП понижать;

при высоте местности более 2000 метров – ИУП брать «Пр. – 1».

При изменении ***угла места цели*** необходимо руководствоваться полевым правилом:

на дальностях до 400 м и при углах места цели менее ± 20° поправки в прицел можно не вносить;

на дальностях свыше 400 м и при углах места цели более ± 20°прицел следует уменьшать на одно деление.

Поправка при стрельбе по неподвижным и появляющимся целям **при ветре** зависит от его направления и скорости, а также дальности до цели.

Ветром называют движение частиц воздуха вдоль поверхности земли, возникающее в результате неравномерного распределения тепла и атмосферного давления и направленное из зоны высокого давления в зону низкого давления.

В зависимости от направления в стрелковой практике рассматривается ветер:

встречный или *попутный* – дующий на стрелка, либо от него;

боковой (фланговый) – дующий под углом 90° к плоскости стрельбы;

косой (облический) – дующий под острым углом к плотности стрельбы.

По скорости ветер рассматривается: *слабый* – дующий со скоростью 2–3 м/с; у*меренный* – дующий со скоростью 4–6 м/с; *сильный* – дующий со скоростью 8–12 м/с.

Силу и направление ветра стрелки определяют в основном глазомерным способом по различным местным признакам – с помощью флага, по движению дыма, колебанию травы, кустов и деревьев и т. д. Сила ветра определяется его скоростью в метрах в секунду.

Скорость ветра определяется с достаточной точностью по простым признакам, представленным на рисунке 15.13:

при слабом ветре (2-3 м/сек) носовой платок и флаг колышутся и слегка развеваются;

при умеренном ветре (4-6 м/сек) флаг держится развернутым, а платок развевается;

при сильном ветре (8-12 м/сек) флаг с шумом развевается, платок рвется из рук и т. д.

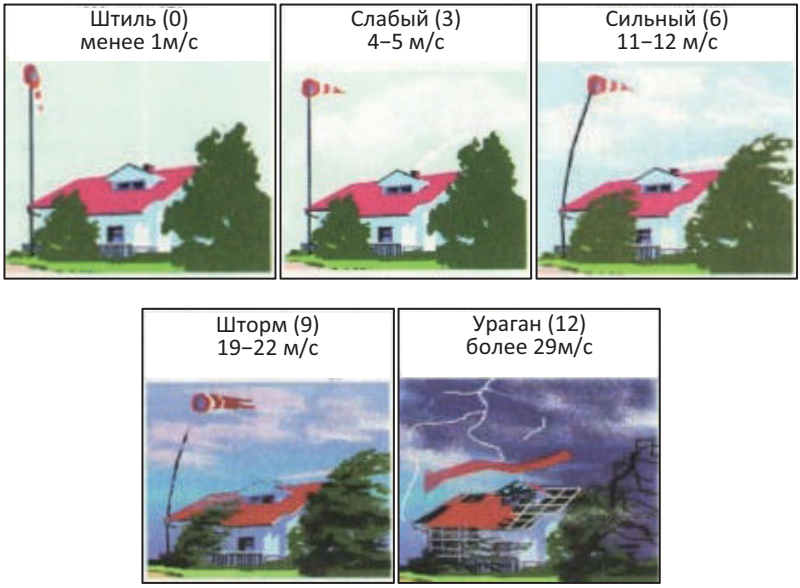


Рис. 15.13. Определение силы ветра в баллах и м/с

Поправки на *встречный (попутный)* ветер учитываются путем повышения (понижения) исходной точки прицеливания.

Поправки на *боковой* ветер и боковую составляющую *косого* ветра рассчитываются путем определения выноса точки прицеливания (ВТП), т.е. расстояния на местности, на которое отклонится под действием бокового ветра пуля, граната от намеченной точки до момента встречи с целью, в фигурах человека, в метрах или угловых величинах (тысячных), при этом отсчет ведется от центра цели.

Основное влияние на отклонение пуль оказывает боковой (фланговый) ветер. Чем сильнее боковой ветер, чем ближе к 90°

угол, под которым он дует, и чем дальше цель, тем на большую величину отклонится пуля в сторону от направления стрельбы.

Так, например, боковой ветер скоростью 4 м/с при стрельбе на дальность 500 м отклоняет автоматную пулю калибра 5,45 мм на 0,87 м, а пулю образца 1943 г. – на 1,4 м от плоскости стрельбы. Деривация на эту дальность не учитывается. Поэтому в практике для стрелкового оружия поправки учитывают только на влияние бокового ветра.

Если в бою обстановка не позволяет вносить поправку в целик, то поправка на боковой ветер при стрельбе из пулемета учитывается выносом точки прицеливания.

Расчетный ветер – умеренный.

Поэтому, для выноса точки прицеливания рекомендуется пользоваться полевым мнемоническим правилом: «***Ветер пулю так относит, как от прицела 2 отбросить и разделить на 2***». Это означает, что при умеренном ветре, дующим перпендикулярно к плоскости стрельбы необходимо брать поправки на вынос точки прицеливания в сторону откуда дует ветер, в фигурах человека, равной разности прицела до цели и постоянной величины 2, деленной на 2.

Поправки меняются в зависимости от силы ветра:

на сильный ветер (8–12 м/с) исходную поправку увеличивать в 2 раза;

на слабый ветер (2–3 м/с) уменьшать в 2 раза.

Слабый Вынос ТП = (Пр-2)/4

Умеренный Вынос ТП = (Пр-2)/2

Сильный Вынос ТП = Пр-2.

Пример:

Дует слабый фланговый ветер. Дальность до цели 600 метров. Определить вынос исходной точки прицеливания при стрельбе из автомата (в фигурах человека).

Решение:

Прицел будет равен 6, так как дальность до цели 600 метров.

По формуле для слабого флангового ветра получим:

Втп = (6-2) / 4 = 1.

Значит, для поражения цели необходимо вынести точку прицеливания на 1 фигуру человека.

При *косом* ветре (дующем под острым углом к плоскости стрельбы) исходную поправку уменьшать в 2 раза относительно бокового.

Слабый	Вынос ТП = (Пр-2)/8
Умеренный	Вынос ТП = (Пр-2)/4
Сильный	Вынос ТП = (Пр-2)/2.

Таким образом, назначение исходной установки прицела при стрельбе из стрелкового оружия неразрывно связано с выбором точки прицеливания. Так, при установке прицела, соответствующего расстоянию до цели (например, на 500 м прицел «5»), наивыгоднейшей точкой прицеливания по высоте является середина цели.

Однако практически при стрельбе из стрелкового оружия, имеющего открытые механические прицелы, по низким и мелким целям (залегшая или окопавшаяся пехота, наблюдатель в амбразуре дот и т. п.) прицелиться в середину цели часто не представляется возможным – трудно определить середину фигуры, так как мушка закрывает большую часть цели. Поэтому при стрельбе по мелким целям и когда цель плохо видна, точку прицеливания выбирают **на нижнем краю цели**.

15.5. Выбор вида, способа и момента открытия огня. Ведение огня, наблюдение за его результатами и его корректирование

Средством уничтожения (разгрома) противника в бою является огонь.

Огонь – стрельба из различных видов оружия и пуск ракет в обычном снаряжении на поражение или для выполнения других задач. Огонь является основным средством уничтожения противника в бою.

Огонь различается:

по решаемым задачам (на уничтожение; на подавление; на изнурение; на разрушение; на задымление (ослепление) и другие);

по видам оружия (из стрелкового оружия; из гранатометов; из танков (танковых пушек и пулеметов); из боевых машин пехоты (бронетранспортеров); из артиллерийских систем);

по напряженности (одиночными выстрелами; короткими очередями; длинными очередями; непрерывный);

по направлению стрельбы (фронтальный – направленный к фронту цели; фланговый – направленный во фланг цели; перекрестный, ведущийся с двух и более направлений по одной цели);

по тактическому назначению (по отдельной цели; сосредоточенный; кинжальный).

Одиночным огнем поражают близко расположенные или менее важные неподвижные цели, когда времени на выполнение задачи достаточно, цель отлично видна, а особое значение имеет экономичность стрельбы.

Основным видом огня из стрелкового автоматического оружия является стрельба ***очередями***.

Огонь очередями менее экономичен, чем стрельба одиночными выстрелами, но, как правило, позволяет решить огневую задачу в кратчайшее время, особенно при недостаточно хороших условиях наблюдения.

Одиночную, ясно видимую цель выгоднее всего обстреливать *короткими* очередями длиной три – пять выстрелов.

Чем опаснее цель и чем дальше она находится, тем *длиннее* должна быть очередь. Рекомендуется на дальности свыше 400 м вести огонь длинными очередями.

Непрерывный огонь применяется в напряженные моменты боя по наиболее важным целям, главным образом групповым.

При выборе вида огня по напряженности надо иметь в виду, что во всех случаях более напряженный огонь быстрее приводит к нагреву ствола и, следовательно, к более быстрому его износу, а также к большему расходованию боеприпасов.

Поэтому, когда огневая задача может быть решена менее напряженным огнем, не следует применять огонь длинными очередями и тем более непрерывный.

Сочетанием огня нескольких огневых средств можно получить *сосредоточенный* огонь.

Особым видом огня для автоматического стрелкового оружия является ***кинжальный*** огонь, открываемый внезапно с близких расстояний в одном определенном направлении.

Выбор вида огня по направлению осуществляет командир, управляющий огнем нескольких огневых средств. Во всех случа-

ях, организуя систему огня, необходимо заранее предусмотреть возможность ведения наиболее действенных видов – флангового, перекрестного, кинжального и сосредоточенного огня. При обнаружении цели командир для решения огневой задачи должен привлекать те средства, огонь которых будет наиболее выгодным по направлению.

Момент для открытия огня обычно определяется командой командира **«Огонь»**, а при самостоятельном ведении огня – **самим стреляющим** в зависимости от обстановки и положения цели.

Вероятность попадания зависит от размеров цели, величины рассеивания пуль и от точности совмещения центра рассеивания с центром цели. При этом, чем больше размеры цели, меньше рассеивание пуль и точнее совмещены центр цели и центр рассеивания, тем больше вероятность попадания. Наиболее выгодными для открытия огня являются моменты, когда цель можно поразить внезапно с близкого расстояния; когда она хорошо видна и прицелиться можно точнее; когда противник скучился, подставляет фланг или поднимается во весь рост.

Внезапное огневое нападение на противника, в особенности с фланга и с близкого расстояния, оказывает на него сильное моральное воздействие, вызывает панику, нарушение боевых порядков, что позволяет нанести ему наибольшее поражение.

На основании подготовленных исходных данных наводчикам пулеметов, а иногда и автоматчикам командиры отделений (взводов) подают команды для открытия огня.

Общая последовательность подачи команды для открытия огня:

1. **Кому вести огонь**. Например, «Пулеметчику» или «Автоматчикам» и т. п.

2. **Целеуказание**. Например, «Прямо – желтый куст, справа – пулемет» или «Ориентир первый, влево сорок, в окопе – наблюдатель» и т. п.

3. **Установка прицела**. Например, «Три», «Пять» или «Постоянный» и т. п.

4. **Установка целика или величина выноса точки прицеливания в фигурах цели**. Например, «Целик – вправо два» или «Влево две фигуры» и т.п.

5. **Точка прицеливания по высоте**. Например, «В середину», «Под цель» и т. п.

6. **Вид огня по напряженности или количество патронов**. Например, «Короткими», «Длинными», «Одиночными», «Непрерывным» или «Десятью патронами» и т. п.

7. **Момент открытия огня определяется произнесением слова «ОГОНЬ»**.

В каждом конкретном случае содержание команды должно обеспечить правильность уяснения задачи стреляющим и быстроту открытия огня. Подавать команды следует с предельной краткостью, *например, «Автоматчикам, по пехоте, пять – огонь», или «Пулеметчику, в траншее пехота – огонь», или «Прямо перебежчик – огонь».*

Четкие команды для открытия огня являются важным дисциплинирующим средством.

Приведенная схема подачи команды на открытие огня после твердого усвоения их подчиненными могут упрощаться. Так, могут указываться положение цели и момент открытия огня, все остальные установки опытные подчиненные выполняют самостоятельно.

Основным и наиболее действенным способом ведения огня из стрелкового оружия является ***прицельный огонь,*** который зависит от умения быстро изготовиться к стрельбе, однообразия и правильности прицеливания, правильного дыхания во время стрельбы, плавного спуска курка с боевого взвода, своевременного ввода поправок и наблюдения за результатами стрельбы.

Для упреждения противника в открытии огня или в случае, когда прицельные приспособления использовать невозможно, ведется ***направленный огонь.***

Сущность этого способа стрельбы заключается в том, что оружие наводится в цель по стволу, на глаз; огонь ведется очередями или непрерывный.

При ведении огня, как прицельного, так и направленного, добиться наиболее полного совмещения средней траектории с целью можно только на основании **наблюдения** за результатами стрельбы, за местом падения пуль, положением рикошетов, по трассам или знаку разрыва и по поведению противника.

Таким образом, **наблюдение** за результатами стрельбы ведется для определения результатов поражения цели, а в случае промаха – для оценки отклонения пуль (снарядов, гранат) от цели.

Если первым выстрелом (первой очередью) цель окажется не пораженной, то в исходные установки вводят изменения (*корректируют стрельбу*) с таким расчетом, чтобы обеспечить максимальную вероятность попадания в цель следующим выстрелом (очередью).

Выявление ошибок, допущенных при подготовке исходных данных и направлении оружия в цель, и внесение соответствующих поправок на основании результатов стрельбы называют **корректированием** огня.

Корректирование производится по *дальности* и *направлению*.

Для стрелкового оружия корректирование огня по *дальности* может осуществляться изменением установки прицела или изменением точки прицеливания по высоте.

Наиболее простым для стрелкового оружия является способ корректирования огня изменением точки прицеливания по высоте. Этот способ, наиболее широко применяемый, основан на том, что изменение точки прицеливания по высоте вызывает соответствующее изменение дальности полета пуль. Поэтому, получив, например, перелетную (недолетную) очередь, для уменьшения (увеличения) дальности стрельбы достаточно понизить (повысить) точку прицеливания.

Корректирование огня по направлению и по дальности обычно ведется одновременно.

Для корректирования огня по трассам необходимо, чтобы стрельба велась патронами с обыкновенными и трассирующими пулями в соотношении: на три патрона с обыкновенными пулями один патрон с трассирующей пулей. Патроны с трассирующими пулями в ясную погоду применять не рекомендуется (слабо видны трассы пуль). Стрельба только патронами с трассирующими пулями приводит к повышенному износу канала ствола.

Корректирование проводится для скорейшего выполнения поставленной задачи (нанести поражения определенной цели противника в указанный срок с наименьшим расходом боеприпасов).

Степень соответствия результатов стрельбы поставленной задаче называется **действительностью** стрельбы.

Признаками, указывающими на действительность своего огня, могут служить: потери противника; переход его от перебежек к переползанию; расчленение и развертывание колонн; ослабление или прекращение огня противника, отход его или уход в укрытие.

Действительность (эффективность) стрельбы зависит от: ведения целью ответного огня; выучки стреляющего; плотности огня; положения для стрельбы.

15.6. Правила стрельбы из автомата, ручного пулемета Калашникова

Для достижения наибольшей эффективности стрельбы необходимо выполнять следующие правила.

При стрельбе по неподвижным и появляющимся целям.

Одиночные ясно видимые цели обстреливать короткими и длинными очередями в зависимости от важности цели, ее размеров и дальности до нее. Чем опаснее или чем дальше цель, тем длиннее должна быть очередь. Огонь ведется до тех пор, пока цель не будет уничтожена или не скроется.

Для поражения *появляющейся цели* необходимо, заметив место ее появления, быстро изготовиться к стрельбе и открыть огонь. Быстрота открытия огня имеет решающее значение для поражения цели. Если за время изготовки к стрельбе цель скрылась, при вторичном ее появлении уточнить наводку и открыть огонь.

При стрельбе по *неоднократно появляющейся цели* следует иметь в виду, что она может появиться и в новом месте, поэтому поражение ее будет зависеть от внимательности при наблюдении, быстроты изготовки к стрельбе и открытия огня.

Появляющуюся цель поражать очередями, быстро следующими одна за другой.

Широкую цель, состоящую из неясно видимых фигур или замаскированную, и одиночную замаскированную цель обстреливать с

рассеиванием пуль по фронту цели (маски) или с последовательным переносом точки прицеливания от одного фланга цели (маски) к другому.

Стрельбу по *атакующей живой силе* противника на дальности от 200 м и ближе вести длинными очередями с рассеиванием пуль по фронту цели.

Рассеивание пуль по фронту при стрельбе достигается угловым смещением автомата (пулемета) по горизонту. Быстрота углового перемещения автомата (пулемета) при стрельбе с рассеиванием пуль по фронту цели зависит от дальности стрельбы и требуемой плотности огня. При этом плотность огня во всех случаях должна быть не менее **двух пуль** на каждый метр фронта цели.

Групповую цель, состоящую из отдельных, отчетливо видимых фигур, обстреливать очередями, последовательно перенося огонь с одной фигуры на другую.

При стрельбе по движущимся целям.

При движении цели на стреляющего или от него на дальности, не превышающей дальность прямого выстрела, огонь вести с установкой прицела, соответствующей дальности прямого выстрела. На расстоянии, превышающем дальность прямого выстрела, огонь вести с установкой прицела, соответствующей той дальности, на которой цель может оказаться в момент открытия огня.

При стрельбе по цели, движущейся под углом к направлению стрельбы, точку прицеливания необходимо выбирать впереди цели и на таком расстоянии от нее, чтобы за время полета пули цель продвинулась на это расстояние, т.е. произвести стрельбу с упреждением.

Упреждение – расстояние на местности, на которое перемещается цель за время полета пули (гранаты) до нее.

При стрельбе по движущимся целям упреждение берется в сторону движения цели и может рассчитываться в фигурах человека, в метрах или угловых величинах (тысячных), при этом отсчет ведется от центра цели.

Правильность выбора величины упреждения, в основном, зависит от точности определения направления и скорости движения цели.

Направление движения цели определяется на глаз по ее курсовому углу (углу между направлением движения цели и направлением стрельбы).

Для определения упреждения при стрельбе из автомата (пулемета) по цели пользуются ***полевым правилом:***

если цель движется под углом 90° к плоскости стрельбы со скоростью 3 м/с, то при стрельбе из стрелкового оружия под 5,45 мм и 7,62 мм винтовочный патрон: упреждение в фигурах человека (0,5м) равно прицелу; ИУП = Пр;

при движении цели под острым углом к направлению стрельбы упреждение берется:

на курсовых углах 15–25° исходное упреждение уменьшается в 4 раза (К=1/4);

на курсовых углах близких к 45° упреждение уменьшается в 2 раза (К=1/2);

на курсовых углах близких к 60–70° упреждение уменьшается в 1,3 раза (К=3/4).

Огонь по цели, движущейся под углом к плоскости стрельбы, ведется способом ***сопровождения*** цели или способом ***выжидания*** цели (огневого нападения).

При ведении огня способом сопровождения цели автоматчик, перемещая автомат в сторону движения цели, в момент наиболее правильной наводки ведет огонь короткими или длинными очередями в зависимости от дальности стрельбы и от скорости движения цели. При ведении огня способом выжидания цели (огневого нападения) автоматчик прицеливается в точку, выбранную впереди цели, и с подходом цели к этой точке на величину полутора-двух табличных упреждений, прочно удерживая автомат, производит длинную очередь; затем, если цель не будет поражена, выбирает впереди нее новую точку прицеливания, прицеливается и при подходе цели к ней на величину нужного упреждения производит снова длинную очередь и т.д.

Полевое правило при движении цели в зависимости от способа наведения оружия в цель представлено в таблице 15.8.

Применение трассирующих пуль при стрельбе по движущимся целям обеспечивает лучшее наблюдение за результатами стрельбы и возможность уточнения упреждения.

Таблица 15.8

Полевое правило

Способы наведение оружия в цель при движении цели	
методом слежения за целью (сопровождение)	методом выжидания цели (выжидание)
Полевое правило	
Если цель движется под углом 90° к плоскости стрельбы со скоростью 3 м/с, то при стрельбе из стрелкового оружия под 5,45 мм и 7,62 мм винтовочный патрон: упреждение в фигурах человека (0,5м) равно прицелу; ИУП = Пр.	фронтальное (на стрелка или от него), ИУП выбирается в соответствии с той дальностью до цели, на которой окажется цель в момент открытия огня; косое, вносятся поправки в исходные установки и на изменение дальности до цели, и на изменение направления на нее.
При движении цели со скоростью отличной от расчетной упреждение увеличивать (уменьшать) пропорционально изменению скорости цели. На изменение направления движения цели: на курсовых углах 15–25° исходное упреждение уменьшается в 4 раза (К=1/4); на курсовых углах близких к 45° упреждение уменьшается в 2 раза (К=1/2); на курсовых углах близких к 60–70° упреждение уменьшается в 1,3 раза (К=3/4).	

При стрельбе по воздушным целям.

Огонь из автоматов (пулеметов) по самолетам и парашютистам ведется в составе отделения или взвода на дальности до 500 м/с установкой прицела 4 или «П».

Огонь по самолетам и вертолетам открывается только по команде командира, а по парашютистам – по команде или самостоятельно.

По самолету, пикирующему в сторону стреляющего, стрельбу ведут непрерывным огнем с прицелом 4 или «П», прицеливаясь в головную часть цели или наводя автомат (пулемет) по стволу.

Огонь открывать с дальности 700-900 м.

По самолету, летящему в стороне или над автоматчиком (пулеметчиком), огонь ведется ***заградительным*** или ***сопроводительным*** способом.

Огонь *заградительным* способом ведется по низко летящим самолетам, имеющим скорость полета более 150 м/с.

В направлении, указанном в команде, автоматчик (пулеметчик) придает автомату (пулемету) угол возвышения примерно 45° и открывает огонь, удерживая автомат (пулемет) в приданном направлении. Стрельба ведется непрерывно до выхода самолета из зоны огня.

По медленно летящим воздушным целям – вертолетам, транспортным самолетам – огонь ведется способом *сопровождения цели*. Упреждение определяется и отсчитывается в видимых размерах цели (в фигурах) с учетом данных приведенных в таблице 15.9.

Таблица 15.9

Упреждение в зависимости от дальности стрельбы

Цель и скорость	Упреждение при дальности стрельбы, м					
	100		300		500	
	Упреждение					
	в метрах	в корпусах цели	в метрах	в корпусах цели	в метрах	в корпусах цели
Вертолет, 50 м / с	6	1	21	3	39	5
Транспортный самолет, 100 м / с	13	1	43	3	79	5

При ведении огня способом сопровождения цели автоматчик (пулеметчик) удерживает линию прицеливания впереди самолета (вертолета) на величину нужного упреждения и производит длинную очередь.

При корректировании огня по трассам следует иметь в виду, что трассы, направленные в самолет, кажутся стреляющему идущими выше самолета и несколько впереди его.

Огонь по парашютистам ведется длинными очередями.

Точку прицеливания выносить в направлении снижения парашютиста на величину, указанную в таблице 14. Отсчет упреждения производится от середины фигуры парашютиста.

Таблица 15.10

Вынос точки прицеливания

Дальность стрельбы, м	100	200	300	400	500
Вынос точки прицеливания, в фигурах	под ноги	1	2	3	4

При стрельбе ночью и в условиях ограниченной видимости.

Стрельба ночью *по освещенным целям* производится так же, как и днем. Во время освещения местности автоматчик (пулеметчик), обнаружив цель, быстро устанавливает прицел, прицеливается и производит очередь.

При кратковременном освещении цели (например, местность освещается осветительными патронами) огонь надо вести с прицелом 4 или «П», прицеливаясь под цель, если дальность до цели не более 400 м, и в верхнюю часть цели, если цель находится на дальности более 400 м. Во избежание временного ослепления нельзя смотреть на источник освещения.

Стрельба *ночью по цели, обнаруживающей себя вспышками выстрелов*, ведется с установкой прицела 4 или «П» длинными очередями. Огонь открывается в тот момент, когда вспышки выстрелов видны в центре предохранителя мушки и на гривке прицельной планки.

Для стрельбы *по цели, силуэт которой виден на фоне неба, зарева пожара, снега,* надо автомат (пулемет) направить рядом с целью на светлый фон и взять ровную мушку. Затем, перемещая автомат, подвести линию прицеливания в середину силуэта и открыть огонь. Стрельба ведется длинными очередями.

При стрельбе *по целям, видимым на темном фоне* (лес, кустарник), наводка автомата (пулемета) производится по стволу.

При заблаговременной подготовке к стрельбе ночью из автомата в бру- сфере вырезается желоб с таким расчетом, чтобы уложенный в него автомат был направлен в рубеж вероятного появления противника; полозки ног сошки пулемета ограничиваются колышками, так чтобы они могли совершать необходимые продольные пере-

мещения; перемещение автомата, (пулемета) по боковому направлению в заданном секторе ограничивается колышками; положение автомата (пулемета) по высоте фиксируется слоем дерна (плотного снега, доской с вырезами и т. д.), подложенного под пистолетную рукоятку.

Для лучшего корректирования огня при стрельбе ночью целесообразно применять патроны с трассирующими пулями.

Стрельба по целям, находящимся в непосредственной близости от автоматчика (пулеметчика) и обнаружившим себя звуком, ведется длинными очередями с направлением автомата (пулемета) по стволу в сторону звука.

Стрельба по целям, находящимся за дымовой завесой или маской, ведется длинными очередями с рассеиванием пуль по фронту.

Стрельба в условиях радиоактивного, химического и биологического заражения ведется в индивидуальных средствах защиты. Стрельба в противогазе ведется длинными очередями. Если при стрельбе прорезь прицельной планки и мушка не видны, наводка автомата (пулемета) производится по стволу. При ведении огня на местности, зараженной радиоактивными, отравляющими или биологическими средствами, следует предохранять от них в первую очередь те части автомата (пулемета), с которыми приходится соприкасаться при стрельбе. Правила стрельбы те же, что и для стрельбы в обычных условиях. После выхода из зараженного участка местности при первой возможности необходимо провести дезактивацию (дегазацию или дезинфекцию) автомата (пулемета).

При стрельбе из автомата и ручного пулемета на ходу.

Стрельба из автомата и ручного пулемета на ходу ведется с короткой остановки и без остановки.

Стрельба из автомата и ручного пулемета ***с короткой остановки*** прицельным огнем ведется по тем же правилам, что и при стрельбе с места.

Стрельба на ходу ведется ***навскидку*** или ***с прикладом, прижатым к боку***.

Стрельбу *навскидку* можно вести *с короткой остановки*. Стреляющий останавливается и в момент постановки левой ноги на землю одновременно упирает приклад в плечо (вскидывает оружие),

не приставляя правой ноги, прицеливается, производит одну-две очереди (выстрела), опускает автомат, продолжает движение. Для стрельбы навскидку *без остановки* вскинуть автомат к плечу, направить его в цель и, продолжая движение, открыть огонь.

Стрельба *с прикладом, прижатым к боку*, ведется без остановки. Стреляющий правой рукой прижимает приклад к правому боку или упирает затыльник в плечевую часть правой руки у локтевого сустава, направляет оружие в цель и, не прекращая движения, открывает огонь.

Стрельба на ходу из-за значительных и постоянных колебаний ведется, как правило, **в пределах дальности прямого выстрела**. Прицел при этом устанавливается согласно этой дальности и в ходе стрельбы может не меняться. Точка прицеливания по высоте выбирается на уровне нижнего края цели, а по боковому направлению в зависимости от характера цели.

При движении *на автомобиле* точка прицеливания по высоте выбирается на уровне нижнего края цели, а по боковому направлению- в зависимости от скорости и направления движения машины и от характера цели (появляющаяся или движущаяся). При ведении огня поверх переднего (заднего) борта или под углом не более 30° к направлению движения автомобиля точку (прицеливания по появляющимся целям в безветренную погоду, как правило, за пределы цели не выносить.

Запас патронов автоматчики (пулеметчики) носят в магазинах и обоймах, уложенных в сумки. Обеспечение патронами автоматчиков (пулеметчиков) в бою производится подносчиками патронов, выделенными командиром подразделения. По израсходовании половины носимого запаса автоматчик (пулеметчик) докладывает об этом командиру отделения. Один магазин к автомату и три магазина к пулемету, снаряженных патронами, должны быть всегда у автоматчика (пулеметчика) как неприкосновенный запас, который расходуется только с разрешения командира.

Таким образом, для успешного выполнения огневой задачи в современных условиях для каждого военнослужащего необходимо овладение искусством поражения цели с первой очереди (выстрела), а это значит: в любых условиях стрельбы правильно назначать

исходные установки с учетом дальности до цели и поправок на отклонения условий стрельбы от табличных.

Для ведения прицельного огня необходимо уметь выбрать вид, способ и момент открытия огня, своевременно его корректировать. Для достижения наибольшей действительности огня каждый военнослужащий должен знать правила ведения огня.

Только знанием правил стрельбы из своего оружия, их применением в бою можно успешно выполнить поставленную боевую задачу.

Вопросы для контроля и самопроверки:

1. Как последовательно может быть решена огневая задача?
2. Что включает предварительная подготовка к стрельбе?
3. Что включает непосредственная подготовка к стрельбе?
4. Какие задачи стрельбы по цели могут быть поставлены?
5. Порядок наблюдения за местностью?
6. Какие существуют способы подачи целеуказаний?
7. Какие существуют способы определения расстояний?
8. Какие приемы используются для определения расстояний глазомерным способом?
9. В чем заключается сущность определения расстояний по звуку и вспышке выстрела?
10. Какие поправки необходимо вносить при изменении температуры воздуха и атмосферного давления?
11. Как ветер по направлению влияет на результаты стрельбы?
12. Какие различают способы огня по цели, движущейся под углом к плоскости стрельбы?
13. Какие существуют виды огня по напряженности?
14. Когда применяется одиночный огонь?
15. Какие известны виды огня по направлению?
16. Какие известны виды огня по тактическому назначению?
17. В чем заключается сущность кинжального огня?
18. Какова последовательность подачи команды для открытия огня?
19. В чем заключается сущность ведения прицельного и направленного огня?

20. Для чего ведется наблюдение за результатами стрельбы?

21. Что такое корректирование результатов стрельбы?

22. Какие признаки могут указывать на действительность своего огня?

23. Что следует понимать под упреждением цели?

24. В чем заключается сущность стрельбы способом сопровождения цели?

25. В чем заключается сущность стрельбы способом выжидания цели?

26. Какие возможны способы стрельбы на ходу?

Заключение

Вы изучили основные положения Общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации, требования Строевого устава Вооруженных Сил Российской Федерации, основы и правила стрельбы из стрелкового оружия, материальную часть стрелкового оружия и ручных гранат.

Вы научились применять положения Общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации при организации повседневной деятельности подразделения, выполнять строевые приемы с оружием и без оружия, управлять строями подразделения, применять стрелковое оружие и ручные гранаты по предназначению.

Вы овладели навыками применения положений Общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации при организации повседневной деятельности подразделения, командами и способами управления строями подразделения.

Знания, умения и навыки, полученные Вами, студентами военного учебного центра, на первом этапе обучения по общевоенной подготовке будут способствовать расширению вашего кругозора, систематизации знаний в отрасли науки «Военная наука».

Литература

1. *Алтынбаев В. Н.* Требования безопасности при эксплуатации вооружения и военной техники и проведении занятий по боевой подготовке : учебное пособие / В.Н. Алтынбаев. – Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 64 с.
2. *Губин С. Г.* Баллистика : учебное пособие / С.Г. Губин, С.А. Горовой. – Новосибирск : Сибирская государственная геодезическая академия, 2005. – 562 с.
3. Дисциплинарный устав Вооруженных Сил Российской Федерации. – Москва : Воениздат, 2007. – 56 с.
4. О государственной тайне : Закон Российской Федерации № 5485-1. – Москва, 1993 г.
5. Наставления по стрелковому делу. – Москва : Военное издательство, 1985. – 640 с.
6. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации. – Москва : Воениздат, 2021. – 610 с.
7. Огневая подготовка : учебник / С.В. Баин и др. ; под ред. В.Н. Мироненко. – Москва : Военое издательство, 2011. – 416 с.
8. Руководство по 5,45-мм автоматам Калашникова АК74, АК74М, АКС74, АКС74У, АК74Н, АК74Н1, АК74Н2, АК74Н3, АКС74Н, АКС74Н1, АКС74Н2, АКС74Н3, АКС74УН2 и 5,45-мм ручным пулеметам Калашникова РПК74, РПК74М, РПКС74, РПК74Н, РПК74Н1, РПК74Н2, РПК74Н3, РПКС74Н, РПКС74Н1, РПКС74Н2, РПКС74Н3. – Москва : Военное издательство, 2001. – 256 с.
9. Руководство по обеспечению безопасности военной службы в Вооруженных Силах Российской Федерации. – Москва : Воениздат, 2015. – 56 с.
10. Строевой устав Вооруженных Сил Российской Федерации. – Москва : Воениздат, 2006. – 94 с.
11. Устав внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации. – Москва : Воениздат, 2007. – 234 с.
12. Устав гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации. – М.: Воениздат, 2007. – 218 с.

Учебное издание

БОРИСОВ Алексей Геннадьевич,
АНИСТРАТЕНКО Карина Викторовна,
ЛУБАШЕВ Евгений Юрьевич,
ОГОЛЬ Иван Николаевич
ЯЩЕНКО Олег Валентинович

ОБЩЕВОЕННАЯ ПОДГОТОВКА

В двух частях

ЧАСТЬ 1

Компьютерная верстка *Е. А. Солоненко*

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.О.06 РУССКИЙ ЯЗЫК И ДЕЛОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Направление подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Профиль

Урбоэкология и природоохранное обустройство территорий горных и нефтегазовых предприятий

квалификация выпускника: бакалавр

формы обучения: очная, заочная, очно-заочная

год набора: 2024

Автор: Гавриленко Р. И.; ст. преподаватель

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
иностранных языков и деловой коммуникации	ИЭФ
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Юсупова Л. Г.	Мочалова Л.А.
Протокол № 1 от 19.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023 *(Дата)*

Екатеринбург

Методические материалы адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки «***20.03.02 Природообустройство и водопользование»*** и призваны обеспечить эффективную работу по курсу «Русский язык и деловые коммуникации».

Основная литература по курсу «Русский язык и деловые коммуникации»

1. *Гавриленко Р. И.* Русский язык делового общения: учебно-методическое пособие. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 100 с.
2. *Меленскова Е. С.* Русский язык делового общения: учебное пособие. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.
3. *Гавриленко Р. И.* Русский язык и культура речи: учебно-методическое пособие «Русский язык и культура речи» для студентов всех специальностей и направлений обучения. Екатеринбург: УГГУ, 2019. 80 с.
4. *Великжанина Н.А*., Гавриленко Р. И. Русский язык: учебно-методическое пособие по дисциплине «Русский язык» для абитуриентов всех специальностей и направлений обучения. Екатеринбург. Из-во УГГУ, 2020. 73 с.
5. *Гавриленко Р. И., Садыгова А. И.* Электронное пособие «Русский язык как иностранный». Екатеринбург: УГГУ, 2023.

Дополнительная литература по темам:

Тема	Литература
Современный русский язык	- *Русский язык и культура речи* [Электронный ресурс]: курс лекций для бакалавров всех направлений/ – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 72 c. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54478.html/ - ЭБС «IPRbooks», по паролю. - *Кронгауз М. А.* Русский язык на грани нервного срыва. – М.: Corpus, 2017. - Федеральный закон «О государственном языке Российской Федерации». – Режим доступа: http://rus-gos.spbu.ru/index.php/bills
Культура речи. Нормы литературного языка	- *Розенталь Д. Э.* Лексика и стилистика: Правила и упражнения / Д. Э. Розенталь. — М.: Мир и Образование, 2016. — 96 c. – Режим доступа: http://mio-books.ru/content/files/catalog1/_otryvok_Leks_i_stil.pdf *Гавриленко Р. И., Садыгова А. И.* Русский язык как иностранный: учебно-методическое пособие по дисциплине «Русский язык как иностранный» для студентов-иностранцев всех специальностей и направлений обучения. Екатеринбург. Из-во УГГУ, 2021. 43с. *Скворцов Л. И.* Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Скворцов Л. И.— Электрон. текстовые данные. — М.: Мир и Образование, Оникс, 2009. — 1104 c.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14555.html. — ЭБС «IPRbooks», по паролю
Стилистика. Научный и официально-деловой стиль	*Аскарина Н. А.* Технология подготовки научного текста: учебно-методическое пособие. 3-е изд., стер. – М.: Флинта: Наука, 2017. – 112 с. *Карякина М. В.* Культура научной речи: учебное пособие / М. В. Карякина; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 131 с. *Меленскова Е. С.* Русский язык делового общения: учебное пособие. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.
Деловые коммуникации	*Карякина М. В.* Культура научной речи: учебное пособие / М. В. Карякина; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 131 с.

Изучение тем данного курса, повторение материала лекций для студентов очной и заочной формы обучения предполагает работу с вышеприведенной основной и

дополнительной литературой по темам. Формы работы: чтение, конспектирование, сопоставление с материалом лекций, диктанты, самопроверка.

Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля) подготавливаются студентами самостоятельно по теме «Современный русский язык». Материалом для подготовки служат конспекты лекций, основная и дополнительная литература. Опрос проводится на практическом занятии. Вопросы для опроса следующие:

1. Каково происхождение русского национального языка?
2. Каковы разновидности современного русского национального языка?
3. Что такое территориальные диалекты?
4. Что такое диалектизмы?
5. Что такое жаргон и какие виды жаргонов существуют?
6. Что такое жаргонизмы?
7. Что такое просторечие?
8. Каково современное состояние современного русского национального языка?
9. Каковы тенденции развития современного русского национального языка?
10. Что такое литературный язык и каковы его признаки?

По этой же тематике проводится тестирование. Если опрос является важнейшим средством развития мышления и речи и позволяет оценить знания и кругозор выступающих с ответом студентов, умение ими логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки, то тестирование позволяет преподавателю быстро и легко оценить уровень знаний всех обучающихся по всем вопросам темы.

Подготовка к контрольной работе по теме «Культура речи. Нормы литературного языка» проводится как аудиторно (на практических занятиях в ходе выполнения и проверки заданий), так и самостоятельно. Самостоятельная подготовка предполагает работу со словарями, справочниками, сборниками тестовых и практических заданий.

Практические задания содержатся в пособии Р. И. Гавриленко, Е. С. Меленсковой и И. В. Шалиной «Русский язык и культура речи», а также в пособии Е. С. Меленсковой «Русский язык делового общения».

Тестовые задания приводятся в пособиях Е. С. Меленсковой «Русский язык и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей» (без ключей) и М. В. Карякиной «Русский язык и культура речи. Подготовка к итоговому тестированию» (с ключами).

При выполнении заданий необходимо пользоваться словарями и справочниками, как печатными, так и электронными.

Электронные словари	Печатные словари (любое издание)
- Скворцов Л. И. Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14555.html. — ЭБС «IPRbooks», по паролю - Грамота (сайт). [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramota.ru Культура письменной речи (сайт) [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramma.ru. - Русский язык: энциклопедия русского языка (сайт). [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://russkiyyazik.ru. - Стилистический энциклопедический словарь русского языка (сайт). [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stylistics.academic.ru	- Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. - Розенталь Д. Э. Словарь трудностей русского языка. - Словарь правильности русской речи. -Словарь грамматических вариантов русского языка. - Словарь лексических трудностей. - Словари синонимов, паронимов, антонимов. - Орфоэпический словарь. - Орфографический словарь. - Розенталь Д. Э. Справочник по орфографии, пунктуации и литературной правке. - Управление в русском языке. Словарь-справочник.

	Грамматический словарь русского языка. Словоизменение

Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (практико-ориентированного задания) осуществляется по вариантам. Каждое практико-ориентированное задание состоит из трех блоков, в которых проверяется наличие необходимых знаний, умений и формирование у студентов различных навыков. В первом блоке приводится задание по научному стилю речи, во втором и третьем – по официально-деловому стилю (составление и редактирование документов общепринятого образца). Варианты заданий приведены в комплекте оценочных материалов (КОМ).

Подготовка к деловой игре состоит в ознакомлении студентов с концепцией игры, чтении дополнительной литературы по риторике, психологии и этике делового общения, а также в записи предполагаемого хода деловой беседы, тренировке произнесения речи. Концепции различных вариантов деловых игр описаны в КОМ. Вариант игры выбирается преподавателем в зависимости от уровня подготовленности и других особенностей группы.

Подготовка к зачету предполагает тренинг выполнения тестовых заданий, который можно проводить на сайте i-exam.ru или с помощью пособий М. В. Карякиной и Е. С. Меленсковой, содержащих такие задания. Кроме подготовки к тестированию важно уделить внимание практико-ориентированным заданиям. Студенты должны ознакомиться с образцом задания и его выполнения, а также выполнить тренировочные задания.

Образец практико-ориентированного задания: напишите заявление о предоставлении Вам отпуска за свой счет.

Образец выполнения 1:

Директору ООО «Икс»
А. А. Иванову
инженера ОК
Петрова Николая
Петровича

Заявление

Прошу предоставить мне с 12.03.2023 по 17.03.2023 внеочередной отпуск без сохранения заработной платы по семейным обстоятельствам.

10.03.2023



Образец выполнения 2:

Директору ОАО «Рондо»
Скворцову И. О.
программиста
Алексеева Михаила
Анатольевич. А

Заявление

Прошу предоставить мне неоплачиваемый отпуск с 22 2023 года по 26 января 2023 года по семейным обстоятельствам.

19 января 2023 г.



Если в ходе подготовки к зачету у обучающихся возникают вопросы, они должны обратиться за консультационной помощью к преподавателю.

Методические указания по подготовке рефератов с презентацией

1. Подготовка реферата (доклада)

Это объемный вид самостоятельной работы студента, содержащий информацию, дополняющую и развивающую основную тему, изучаемую на аудиторных занятиях. Ведущее место занимают темы, представляющие профессиональный интерес, несущие элемент новизны. Реферативные материалы должны представлять письменную модель первичного документа – научной работы, монографии, статьи. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на определенную тему на семинарах, конференциях.

Регламент озвучивания реферата – 5-7 мин.

Слово "реферат" (от латинского – referre – докладывать, сообщать) означает сжатое изложение в устной или письменной форме содержания какого–либо вопроса или темы на основе критического обзора информации.

При подготовке реферата необходимо соблюдать следующие правила.

Определить идею и задачу реферата. Следует помнить, что реферат будут читать другие. Поэтому постоянно задавайте себе вопрос, будет ли понятно написанное остальным, что интересного и нового найдут они в работе.

Ясно и четко сформулировать тему или проблему. Она не должна быть слишком общей.

Найти нужную литературу по выбранной теме. Составить перечень литературы, которая обязательно должна быть прочитана.

Только после предварительной подготовки следует приступать к написанию реферата. Прежде всего, составить план, выделить в нем части.

Введение, в котором раскрывается цель и задачи сообщения; здесь необходимо сформулировать социальную или политическую проблему, которая будет проанализирована в реферате, изложить своё отношение к ней, то есть мотивацию выбора; определить особенность постановки данной проблемы авторами изученной литературы; объяснить актуальность и социальную значимость выбранной темы.

Основная часть. Разделы, главы, параграфы основной части должны быть направлены на рассмотрение узловых моментов в теме реферата. Изложение содержания изученной литературы предполагает его критическое осмысление, глубокий логический анализ.

Каждый раздел основной части реферата предполагает детальное изучение отдельного вопроса темы и последовательное изложение структуры текстового материала с обязательными ссылками на первоисточник. В целом, содержание основной части должно отражать позиции отдельных авторов, сравнительную характеристику этих позиций, выделение узловых вопросов дискурса по выбранной для исследования теме.

Студент должен показать свободное владение основными понятиями и категориями авторского текста. Для лучшего изложения сущности анализируемого материала можно проиллюстрировать его таблицами, графиками, сравнением цифр, цитатами.

Заключение. В заключении автор реферата должен сформулировать личную позицию в отношении изученной проблемы и предложить, может быть, свои способы её решения. Целесообразно сделать общие выводы по теме реферата и ещё раз отметить её актуальность и социальную значимость.

Список использованных источников и литературы.

Начать реферат можно с изложения яркого, впечатляющего факта, который требует пояснения. Далее изложение должно идти от простого – к сложному. Не останавливайтесь на подробностях. Главное требование к реферату – максимум пользы для читателя при минимуме информации.

Написание рефератов является одной из форм обучения студентов, направленных на организацию и повышение уровня самостоятельной работы студентов, а также на усиление контроля за этой работой.

Целью написания рефератов является привитие студентам навыков самостоятельной работы с литературой с тем, чтобы на основе их анализа и обобщения студенты могли делать собственные выводы теоретического и практического характера, обосновывая их соответствующим образом.

В отличие от теоретических семинаров, при проведении которых студент приобретает, в частности, навыки высказывания своих суждений и изложения мнений других авторов в устной форме, написание рефератов даст ему навыки лучше делать то же самое, но уже в письменной форме, грамотным языком и в хорошем стиле.

Представляется, что в зависимости от содержания и назначения в учебном процессе рефераты можно подразделить на две основные группы (типы): научно-проблемные и обзорно-информационные.

Научно-проблемный реферат. При написании такого реферата студент должен изучить и кратко изложить имеющиеся в литературе суждения по определенному, спорному в теории, вопросу (проблеме) по данной изучаемой теме, высказать по этому вопросу (проблеме) собственную точку зрения с соответствующим ее обоснованием.

На основе написанных рефератов возможна организация «круглого стола» студентов данной учебной группы. В таких случаях может быть поставлен доклад студента, реферат которого преподавателем признан лучшим, с последующим обсуждением проблемы всей группой студентов.

Обзорно-информационный реферат. Разновидностями такого реферата могут быть:

a. краткое изложение основных положений той или иной книги, монографии, другого издания (или их частей: разделов, глав и т.д.) как правило, только что опубликованных, содержащих материалы, относящиеся к изучаемой теме по курсу дисциплины. По рефератам, содержание которых может представлять познавательный интерес для других студентов, целесообразно заслушивать в учебных группах сообщения их авторов;

b. подбор и краткое изложение содержания статей по определенной проблеме (теме, вопросу), опубликованных в различных журналах за тот или иной период, либо в сборниках («научных трудах», «ученых записках» и т.д.).

1.1. Основные требования к оформлению рефератов

Доклад с презентацией - продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление с презентацией по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской и научной темы. Ниже представлена примерная тематика докладов, важно помнить, что в ходе подготовки и написания реферата тема может уточняться и изменяться. Сам перечень тем служит лишь направление для подготовки реферата.

<u>Подготовка реферата:</u>

- Объем реферата: 18-20 страниц машинописного текста;
- Гарнитура шрифта: Times New Roman
- Размер текста не менее 14 кеглей;

- Размер междустрочного интервала 1,5;
- Красная строка (отступ абзаца): 1,25см;
- Размеры полей: Верхний и нижний колонтитулы по 2см, левый край абзаца – 3 см, правый край текста - не менее 1см.
- Рамка по ГОСТ (оформление рамки в соответствии с практической работой № 1)
- Реферат должен содержать:
  1. Титульный лист. (в том числе, с указанием темы, ФИО студента, группы, кафедры)
  2. Содержание.
  3. Введение. (должно содержать актуальность выбранной темы)
  4. Основная часть работы. (которая должна включать основные аспекты выбранной темы)
  5. Заключение. (выводы, которые можно сделать из актуальности темы и по ходу работы)
  6. Список используемой литературы. (в том числе, используемых интернет ресурсов, иных источников.

Защита реферата: 5-7 минут, включая конспектирование основных моментов, 2-3 минуты представляется для ответов на вопросы

2. Создание материалов-презентаций

Это вид самостоятельной работы студентов по созданию наглядных информационных пособий, выполненных с помощью мультимедийной компьютерной программы PowerPoint. Этот вид работы требует координации навыков студента по сбору, систематизации, переработке информации, оформления ее в виде подборки материалов, кратко отражающих основные вопросы изучаемой темы, в электронном виде. То есть создание материалов-презентаций расширяет методы и средства обработки и представления учебной информации, формирует у студентов навыки работы на компьютере.

Материалы-презентации готовятся студентом в виде слайдов с использованием программы Microsoft PowerPoint. В качестве материалов-презентаций могут быть представлены результаты любого вида внеаудиторной самостоятельной работы, по формату соответствующие режиму презентаций.

Форма доклад с презентацией заключается в выполнении самостоятельной работы отличается от написания реферата и доклада тем, что студент результаты своего исследования представляет в виде презентации. Серией слайдов он передаёт содержание темы своего исследования, её главную проблему и социальную значимость.

Слайды позволяют значительно структурировать содержание материала и, одновременно, заостряют внимание на логике его изложения. Происходит постановка проблемы, определяются цели и задачи, формулируются вероятные подходы её разрешения.

Слайды презентации должны содержать логические схемы реферируемого материала. Студент при выполнении работы может использовать картографический материал, диаграммы, графики, звуковое сопровождение, фотографии, рисунки и другое.

Каждый слайд должен быть аннотирован, то есть он должен сопровождаться краткими пояснениями того, что он иллюстрирует. Во время презентации студент имеет возможность делать комментарии, устно дополнять материал слайдов.

После проведения демонстрации слайдов реферата студент должен дать личную оценку социальной значимости изученной проблемной ситуации и ответить на заданные вопросы.

2.1. Основные требования к оформлению презентации

К выбранной теме реферата необходимо подготовить презентацию, излагающую и демонстрирующую суть Вашего реферата.

Подготовка презентации:

- Объем презентации: 8–10 слайдов;
- Гарнитура шрифта: Times New Roman / Arial / Calibri
- Размер текста не менее 18 кеглей;
- Размер междустрочного интервала 1,15 / 1,5;
- Размеры полей: не менее 1см с каждого края страницы.
- Доклад должен содержать:
  1. Титульный лист. (в том числе, с указанием темы, ФИО студента, группы, кафедры)
  2. Введение. (должно содержать актуальность выбранной темы)
  3. Основная часть работы. (которая должна включать основные аспекты выбранной темы)
  4. Заключение. (выводы, которые можно сделать из актуальности темы и по ходу работы)

Некоторые рекомендации по оформлению слайдов:

1. **Фон слайда:** следите за тем, чтобы текст не сливался с фоном (лучше подобрать контрастное сочетание цветов фона и машинописного текста), учитывайте, что на проекторе контрастность будет меньше, чем у вас на мониторе. Для оформления фона рекомендуют спокойные светлые тона (белый, серый, зеленый, голубой, синий),
2. **Текст слайда:** выбирайте цвет текста контрастный фоновому цвету, чтобы текст был читаемым (помните, что экран, на котором Вы будете показывать презентацию, скорее всего, будет достаточно далеко от зрителей. Презентация будет выглядеть меньше, чем на вашем экране во время создания. Отойдите от экрана компьютера на 2-3 метра и попытайтесь прочесть текст в презентации. Если слайды читаются с трудом, увеличивайте шрифт. Если текст не вмещается на один слайд, разбейте его на 2, 3 и более слайдов (главное, чтобы презентация была удобной для просмотра).
   - Размер шрифта для заголовка слайда должен быть не менее 24, а лучше от 32 и выше. Всегда указывайте заголовок слайда (каждого слайда презентации). Отвлёкшийся слушатель в любой момент должен понимать, о чём сейчас речь в вашем докладе!
   - Размер шрифта для основного текста лучше выбрать от 24 до 28 (зависит от выбранного типа шрифта).
   - Менее важный материал (дополнения и примечания) можно оформить шрифтом от 20 до 24.
   - Для выделения наиболее важной информации используйте **жирный**, *курсивный* шрифты или шрифт с подчеркиванием.
   - При выборе гарнитуры шрифта, также принимайте во внимание читаемость данного шрифта, старайтесь не использовать прописные гарнитуры, так как, они хуже воспринимаются при чтении.
   - Допускается использовать иные цвета, для выделения наиболее важной информации, заголовков, терминов, но старайтесь не увлекаться с выбором цветов, презентация будет смотреться гармоничней при использовании единой гарнитуры шрифта на всех слайдах, и старайтесь не использовать более трех цветов на одном слайде)
   - Обязательно нумеруйте страницы слайдов, таким образом зрителю будет проще ориентироваться в вашей презентации, или задавать интересующие вопросы.
3. **Изображения:** для лучшего усвоения материала, также необходимо в презентацию добавить таблицы, графики, схемы, изображения и (или) формулы:

- Вставляя такой материал в презентацию, убедитесь, чтобы данные изображения, схемы, таблицы, и т. д. легко просматривались и читались. Представление такого рода информации рекомендуется использовать белый фон слайдов.
- Обязательно делать подпись к изображениям, схемам, таблица, формулам, и т. д.
- Обратите внимание на шапку таблицы, она должна выделяться от основных значений в ячейках таблиц.
- Допускается использовать динамические изображения, формата GIF, не загружайте слайд изобилием изображений, это отвлекает внимание зрителя. Старайтесь на слайде использовать не более 4 изображений одновременно. Лучше сделать больше слайдов.
- При использовании на сладе схем, диаграмм и графиков, также обращайте внимание на нормальную читаемость такой информации. Используйте (по возможности) не более 5 цветов.

4. **Анимация:** для представления презентации используют различные анимационные эффекты для текста и перехода между слайдами. Следите, чтобы анимационные эффекты не были резкими. Желательно использовать один тип анимационного эффекта для текста, и для перехода между слайдами.

Реферат с презентацией в редактируемом формате подгружается в системе MS Teams в соответствующем задании.

3. Примерная тематика докладов

1. Современные этапы развития информационных технологий
2. Всемирная паутина. Причины развития Даркнета в мире
3. Система защиты информации в Интернете
4. Разновидности компьютерных вирусов и методы защиты от них
5. Устройства и программы кодирования информации
6. Современные мультимедийные технологии.
7. Правонарушения в области информационных технологий
8. Этические нормы поведения в информационной сети
9. Влияние компьютерных технологий на здоровье человека и способы защиты
10. Информационно-аналитическое обеспечение природоохранной деятельности
11. Средства массовой информации для природообустройства и водопользования
12. Развитие и использование социальных сетей. «За» или «против»?
13. Блогер – профессия или хобби?
14. Тенденции развития киберспорта.
15. «Рабочий стол эколога» - основное ПО для работы эколога
16. Современные технологии для гейминга
17. История развития и принципы работы искусственного интеллекта
18. «Плюсы» и «минусы» дистанционной работы/учебы в условиях lockdown
19. Мировой технологический потенциал Big Data
20. Разновидности электронных денежных систем. Криптовалюта
21. VR-технологии
22. К чему ведет зависимость от информационных технологий
23. Информационные технологии в образовании
24. Компетенции по освоению компьютерных технологий, для чего они нужны.
25. Современные проблемы всемирной паутины.

И т.д.

Роль студента:

- выбор литературы (основной и дополнительной);
- изучение информации (уяснение логики материала источника, выбор основного материала, краткое изложение, формулирование выводов);
- оформления реферата согласно установленной форме;
- подготовка сообщения (выступление) при защите реферата;
- изучить материалы темы, выделяя главное и второстепенное;
- установить логическую связь между элементами темы;
- представить характеристику элементов в краткой форме;
- выбрать опорные сигналы для акцентирования главной информации и отобразить в структуре работы;
- оформить работу и предоставить к установленному сроку.

К*ритерии оценки:*

Критерии оценивания доклада	***Количество баллов***
раскрытие и подробное изложение темы	0-5
правильность оформления, работа выполнена в соответствии с рекомендациями, установленными в п. 1.1 и с учетом нормоконтроля	0-8
Оформление презентации в соответствии с рекомендациями, представленными в п. 2.1	0-5
защита доклада и ответы на подготовленные вопросы	0-3
Итого	0-21

ВНИМАНИЕ! До защиты реферата допускаются работы, прошедшие нормаконтроль

Чек-лист нормоконтроля

№ п/п	***Объект***	***Параметры***	***Кол-во баллов***
1.	Наименование темы работы	Соответствует утвержденной/ представлена своя тема по схожей тематике	0-0,1
2.	Оформление структурных частей работы	Каждая структурная часть начинается с новой страницы в рамке с большим штампом (за исключением титульного листа, содержания, введения, заключения, списка литературы). Наименования приводятся по центру страницы с абзаца прописными (заглавными буквами). Точка в конце наименования не ставится	0-0,2
3.	Последовательность приведения структурных частей	Титульный лист. Содержание. Введение. Основная часть. Заключение. Список использованных источников. Приложения (при наличии)	0-0,1
4.	Оформление содержания (оглавления)	Оглавление включает в себя заголовки всех разделов, глав, параграфов, приложений с указанием страниц начала каждой части	0-0,1
5.	Текст оформлен в рамке по ГОСТ	Титульный лист рамка без штампа Каждая структурная часть начинается с новой страницы в рамке с большим штампом (за исключением титульного листа, содержания,	0-1

		введения, заключения, списка литературы). Остальные листы (в т.ч. содержание, введение, заключение, список литературы) Все штампы в работе заполнены	
6.	Состав списка использованных источников	не менее 8 библиографических описаний документальных и литературных источников По ходу работу оформлены ссылки на литературные источники.	0-1
7.	Общий объем без приложений, титульного листа, содержания, списка литературы	18-20 стр. машинописного текста	0-1
8.	Объем введения	1-2 стр. Отражена актуальность работы, изложены задачи работы	0-1
9.	Объем основной части	Не менее 14 стр., но не более 16 стр. После каждой структурной части присутствуют выводы по главе Структура основной части содержит 3-4 главы, соразмерных по объему	0-2
10.	Объем заключения	1-2 стр. Отражены выводы о проделанной работе, представлено заключение поставленных задач	0-1
11.	Размер шрифта	14 пунктов	0-0,1
12.	Название шрифта	Times New Roman	0-0,1
13.	Межстрочный интервал	Полуторный	0-0,1
14.	Абзац	1,25	0-0,1
15.	Поля (мм)	левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее -20 мм, нижнее - 20 мм (или 60 мм) – в зависимости от штампа	0-0,1
Итого			0-8

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.01.03 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Направление подготовки

20.03.02 Природообустройство и водопользование

Направленность (профиль)

Урбоэкология и природоохранное обустройство территорий горных и нефтегазовых предприятий

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2024

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры

Природообустройства и водопользования

(название кафедры)

Зав.кафедрой _____

(подпись)

Гревцев Н.В.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

Инженерно-экономического факультета

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

Мочалова Л.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ»

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультанциях и домашней подготовке.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Предназначение самостоятельной работы:

- для усвоения материала дисциплины,
- для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной, профессиональной деятельности,
- для приобретения способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения и т. д.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- стимулирование самообразования и самовоспитания
- развитие способности планировать и распределять свое время. Кроме того, самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций в процессе изучения дисциплины:

- Способен и готов к планированию и документальному оформлению природоохранной деятельности организации, разработке алгоритма экологического обеспечения производства новой продукцией в организации, проведению экологического анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования в организации **(ПК-1.2)**

2 ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа бакалавров по данной дисциплине предполагает:

- самостоятельный поиск ответов и необходимой информации по предложенным вопросам;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение теоретического и лекционного материала, а также основной и дополнительной литературы при подготовке к семинарским занятиям, написании докладов;
- самостоятельное изучение отдельных вопросов, не рассматриваемых на практических занятиях;
- подготовка к контрольным работам по темам, предусмотренным программой данного курса;
- выполнение индивидуальных заданий по отдельным темам дисциплины

Самостоятельная работа включает в себя подготовку к лекционным и практико-ориентированным заданиям и лабораторным работам, а также подготовку к экзамену.

Виды самостоятельной работы студентов, формы отчетности и контроля

Вид самостоятельной работы	**Формы отчетности и контроля**
1. Работа с опорным конспектом	Составление и проверка конспектов
2.Письменные практико-ориентированные задания, лабораторные работы	Проверка работ
3. Подготовка докладов, сообщений	Выступление с докладом и сообщением.
4. Работа с экзаменационными тестовыми вопросами	Проверочное тестирование
5. Работа с экзаменационными вопросами	Экзамен

Подготовка к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию, экзамену.

В процессе подготовки к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

2.1 Подготовка к выполнению практико-ориентированных задании и лабораторных работ

Выполнение практико-ориентированных задании и лабораторных работ имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях.

2.1.1 Методические рекомендации:

Оформление отчета по практико-ориентированным заданиям и лабораторным работам (далее «документа») осуществляется в соответствии с требованиями государственных стандартов и университета.

Отчет выполняется печатным способом с использованием компьютера.

Каждая страница текста, включая иллюстрации и приложения, нумеруется арабскими цифрами, кроме титульного листа и содержания, по порядку без пропусков и повторений. Номера страниц проставляются, начиная с введения (третья страница), в центре нижней части листа без точки.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

Рекомендуемым типом шрифта является Times New Roman, размер которого 14 pt (пунктов) (на рисунках и в таблицах допускается применение более мелкого размера шрифта, но не менее 10 pt).

Текст печатается через 1,5-ый интервал, красная строка – 1,25 см.

Цвет шрифта должен быть черным, необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах и формулах, применяя курсив, полужирный шрифт не применяется.

2.1.2 Правила оформления наименований и нумерации структурных элементов, глав и параграфов

Документ должен включать следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, приложения (является дополнительным элементом). Основной текст может быть разделен на разделы и параграфы.

Каждый структурный элемент документа (титульный лист, содержание, введение, заключение, приложение) и разделы необходимо начинать с новой страницы. Следующий параграф внутри одного раздела начинается через 2 межстрочных интервала на том же листе, где закончился предыдущий.

Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом, заголовками главы и параграфа, заголовком параграфа и текстом составляет 2 межстрочных интервала.

Наименования структурных элементов письменной работы («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЕ») служат заголовками структурных элементов. Данные наименования пишутся по центру страницы без точки в конце прописными (заглавными) буквами, не подчеркивая.

Разделы, параграфы должны иметь заголовки. Их следует нумеровать арабскими цифрами и записывать по центру страницы прописными (заглавными) буквами без точки в конце, не подчеркивая. Номер раздела указывается цифрой (например, 1, 2, 3), номер параграфа включает номер раздела и порядковый номер параграфа, разделенные точкой (например, 1.1, 2.1, 3.3). После номера раздела и параграфа в тексте точку не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Не допускается писать заголовок параграфа на одном листе, а его текст – на другом.

В содержании работы наименования структурных элементов указываются с левого края страницы, при этом первая буква наименования является прописной (заглавной), остальные буквы являются строчными, например:

Введение

1 Краткая характеристика организации – места прохождения практики

2 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

2.1.3 Правила оформления сокращений и аббревиатур

Сокращение русских слов и словосочетаний допускается при условии соблюдения требований ГОСТ 7.12–93 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

В тексте письменной работы допускаются общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами орфографии и соответствующими нормативными документами, например: год – г., годы – гг., и так далее – и т. д., метр – м, тысяч – тыс., миллион – млн, миллиард – млрд, триллион – трлн, страница – с., Российская Федерация – РФ, общество с ограниченной ответственностью – ООО.

При использовании авторской аббревиатуры необходимо при первом ее упоминании дать полную расшифровку, например: «… Уральский государственный горный университет (далее – УГГУ)…».

Не допускается использование сокращений и аббревиатур в заголовках письменной работы, глав и параграфов.

2.1.4 Правила оформления перечислений

При необходимости в тексте работы могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис (иные маркеры не допустимы). Например:

«….заключение содержит:

- краткие выводы;
- оценку решений;
- разработку рекомендаций.»

При необходимости ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

2.1.5 Правила оформления рисунков

В письменной работе для наглядности, уменьшения физического объема сплошного текста следует использовать иллюстрации – графики, схемы, диаграммы, чертежи, рисунки и фотографии. Все иллюстрации именуются рисунками. Их количество зависит от содержания работы и должно быть достаточно для того, чтобы придать ей ясность и конкретность.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте работы, например: «... в соответствии с рисунком 2 …» или «… тенденцию к снижению (рисунок 2)».

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые (при наличии достаточного пространства для помещения рисунка со всеми поясняющими данными), или на следующей странице. Если рисунок достаточно велик, его можно размещать на отдельном листе. Допускается поворот рисунка по часовой стрелке (если он выполнен на отдельном листе). Рисунки, размеры которых больше формата А4, учитывают как одну страницу и помещают в приложении.

Рисунки, за исключением рисунков в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждый рисунок (схема, график, диаграм-

ма) обозначается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:



Рисунок 1 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, рисунок А.3).

Если рисунок взят из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

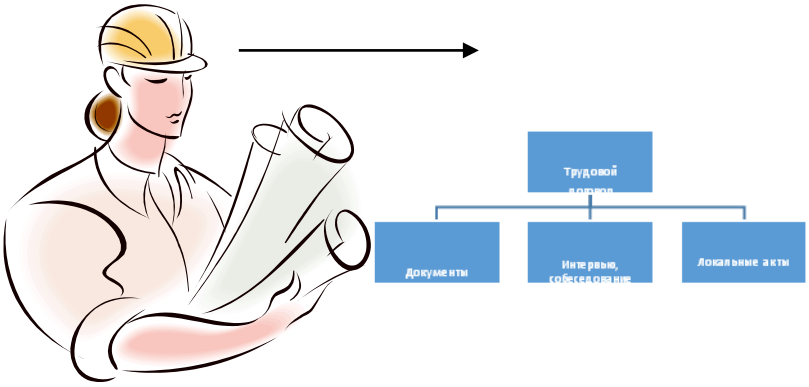
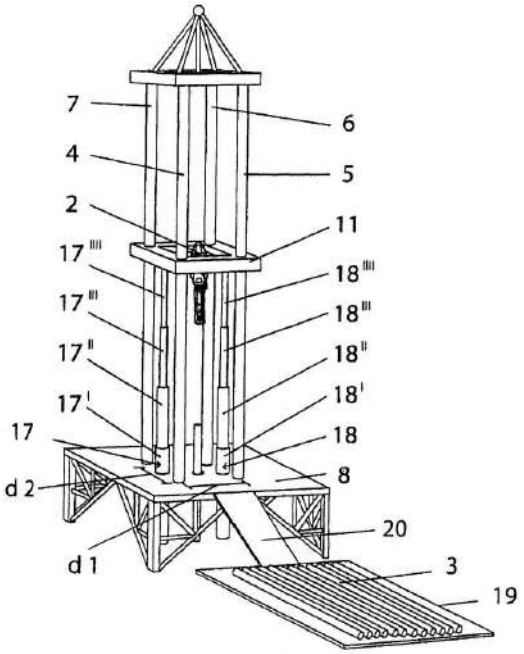


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

Если рисунок является авторской разработкой, необходимо после заголовка рисунка поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников он составлен, например:



Фиг.4

Рисунок 2 – Буровая установка,……[1]

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

2.1.6 Правила оформления таблиц

В письменной работе фактический материал в обобщенном и систематизированном виде может быть представлен в виде таблицы для наглядности и удобства сравнения показателей.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера, например: «…в таблице 2 представлены …» или «… характеризуется показателями (таблица 2)».

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы, за исключением таблиц в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждая таблица должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018
ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

Если таблица является авторской разработкой, необходимо после заголовка таблицы поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников она составлена, например:

Таблица 3 – Количество оборудования[1]

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	7

Располагают таблицы на странице обычно вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем графа с наименованиями показателей должна размещаться в левой части страницы. Слева, справа и снизу таблицы ограничивают линиями.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы. На странице, на которую перенесена часть таблицы, слева пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

Если таблица переносится, то на странице, где помещена первая часть таблицы, нижняя ограничительная линия таблицы не проводится. Это же относится к странице (страницам), где помещено продолжение (продолжения) таблицы. Нижняя ограничительная линия таблицы проводится только на странице, где помещено окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Примечания к таблице (подтабличные примечания) размещают непосредственно под таблицей в виде: а) общего примечания; б) сноски; в) отдельной графы или табличной строки с заголовком. Выделять примечание в отдельную графу или строку целесообразно лишь тогда, когда примечание относится к большинству строк или граф. Примечания к отдельным заголовкам граф или строк следует связывать с ними знаком сноски. Общее примечание ко всей таблице не связывают с ней знаком сноски, а помещают после заголовка «Примечание» или «Примечания», оформляют как внутритекстовое примечание.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте работы, но не менее 10 pt.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если показатели таблицы выражены в разных единицах измерения, то обозначение единицы измерения указывается после наименования показателя через запятую. Допускается при необходимости выносить в отдельную графу обозначения единиц измерения.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Если предыдущая фраза является частью последующей, то допускается заменить ее словами «То же» и добавить дополнительные сведения. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять. Если в ячейке таблицы приведен текст из нескольких предложений, то в последнем предложении точка не ставится.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных материалов, марок материалов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Если таблицы размещены в приложении, их нумерация имеет определенные особенности. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельной нумерацией арабскими цифрами. При этом перед цифрой, обозначающей номер таблицы в приложении, ставится буква соответствующего приложения, например:

Таблица В.1.– Динамика показателей за 2016–2017 гг.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении (допустим, В).

Расчетно-практические работы выполняется в печатном виде на листах формата А4. На титульном листе указываются реквизиты вуза, кафедры, а также наименование расчетно-практической работы с фамилией и инициалами студента и преподавателя, проверяющего данную работу, номер варианта, который определяется преподавателем индивидуально для каждого студента.

Критерием оценки за практико-ориентированное задание определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки	Количество баллов
правильность выполнения задания	0-3
самостоятельность выполнения задания	0-3
эстетическое оформление работы	0-1
умение отвечать на вопросы	0-3
Итого	0-10

Критерием оценки за лабораторную работу определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки	Количество баллов
правильность выполнения лабораторного задания	0-3
самостоятельность выполнения лабораторного задания	0-3
эстетическое оформление отчета по лабораторному заданию	0-1
умение отвечать на вопросы	0-3
Итого	0-10

Критерием оценки за практическое задание определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
Верность выполнения расчетов	0-10
Соответствие требованиям оформления	0-2
Владение профессиональной лексикой	0-1
Умение анализировать материал	0-1
Полнота и последовательность ответа	0-1
Итого	0-15

2.2. Подготовка доклада с презентацией

2.2.1 Методические рекомендации:

Презентация, это демонстрация возможности студента и его способности организации в наглядной форме основных положений доклада в соответствии с современными требованиями и с использованием современных информационных технологий. Презентация выполняется в программе PowerPoint.

Подготовка презентации предполагает следующие пошаговые действия:

1.Подготовка доклада.

2. Разработка структуры презентации

3. Создание презентации в Power Point

4. Репетиция доклада с использованием презентации

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. В первую очередь необходимо составить сам текст доклада, во вторую очередь - создать презентацию.

Очередность слайдов должна четко соответствовать структуре в доклада. Не планируйте в процессе доклада возвращаться к предыдущим слайдам или перелистывать их вперед, это усложнит процесс и может сбить ход ваших рассуждений.

Не пытайтесь отразить в презентации весь текст доклада! Слайды должны демонстрировать лишь основные положения доклада. Слайды не должны быть перегружены графической и текстовой информацией, различными эффектами анимации.

Презентация должна состоять из 10-20 слайдов.

2.2.2 Дизайн слайдов.

Оформление слайдов не должно отвлекать внимание от защищающегося – это всего лишь вспомогательный материал.

Дизайн должен быть единый. Текст должен быть четко виден на фоне и легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. Рекомендуется использовать один вид шрифта, простой печатный черного или темно-синего цвета, вместо экзотических и витиеватых шрифтов. Лучше использовать одну цветовую гамму во всей презентации, а не различные стили для каждого слайда.

Особое внимание к деталям.

Каждый элемент должен быть тщательно подготовлен: все рисунки и фотографии очищены от лишних надписей.

Текстовые объекты.

Оптимальное число строк на слайде—от 6 до 11. Перегруженность и мелкий шрифт тяжелы для восприятия.

Пункты перечней должны быть выполнены короткими фразами, оптимально — одна строка, максимум—две. Шрифт для заголовков 24 -34 пункта; для информационного текста 18-22 пункта; для надписей – обозначений в рисунках на объектах не ниже 12 пункта.

Рекомендуется цветом или жирным шрифтом выделять те их ключевые фрагменты, на которых Вы останавливаетесь при обсуждении.

В презентации желательны чертежи, рисунки, схемы и другой графический материал, иллюстрирующий основные положения доклада.

Оформление таблиц и рисунков.

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной в презентации.

Порядковый номер таблицы и название таблицы проставляются выше таблицы. Порядковый номер рисунка и его название проставляются под рисунком.

2.2.3 Структура выступления

Вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

2.2.4 Примерная тематика докладов с презентацией:

1. Оценка воздействия на окружающую среду горнодобывающего комплекса на примере предприятия
2. Оценка воздействия на окружающую среду горно-обогатительного комплекса на примере предприятия
3. Оценка воздействия на окружающую среду на примере металлообрабатывающего предприятия
4. Оценка воздействия на окружающую среду на примере нефтегазодобывающего предприятия
5. Оценка воздействия на окружающую среду на примере нефтегазоперерабатывающего предприятия
6. Оценка воздействия на окружающую среду на примере проекта строительства, реконструкции, ликвидации промышленного предприятия.

Критерием оценки за доклад с презентацией определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки доклада	Количество баллов
правильность представления материала	0-0,5
соответствие требованиям оформления презентации	0-0,5
всесторонность и глубина ответов на вопросы (полнота)	0-2
Итого	0-3

3. Подготовка к экзамену

Экзамен по дисциплине проводится в письменной форме по билетам.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.
Проверка ответов на задания письменного экзамена.
Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Экзаменационный билет на зачет включает в себя 10 тестовых заданий и два теоретических вопроса.

Ответ на теоретический вопрос, требующий изложения, должен быть представлен в виде грамотно изложенного, связного текста, позволяющего проследить логику рассуждений, лежащих в основе сделанных выводов. Ответ, представляющий бессвязный набор определений и иных положений, рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный экзамен может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк).

На экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на уточнение мысли и действий студента.

Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля

Форма и описание контрольного мероприятия	Балловая стоимость контрольного мероприятия	Критерии начисления баллов
Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний обучающегося	0-10 баллов (10 вопросов)	Правильность ответов
Теоретический вопрос - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	0-15 баллов	Полнота и последовательность ответа на вопрос (верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов и т.д.), степень использования и понимания научных, нормативных источников, демонстрация умения анализировать материал, соблюдение норм литературной речи, владение профессиональной лексикой
Итого	40 баллов	

3.1 Пример тестового задания:

1. Ответьте, пожалуйста, на тестовые задания (выберите один правильный ответ).

Задание 1 (Блок 1 – ОВОС)
Процедура ОВОС проводится:
- во время проведения Государственной экологической экспертизы;
- после проведения Государственной экологической экспертизы
- до проведения Государственной экологической экспертизы
- после проведения Государственной экспертизы

Задание 2 (Блок 1 – ОВОС)
Основные производственно - хозяйственный нормативы для воздушной среды– это:
- ПДУ
- ПДК
- ПДС

- ПДВ

Задание 3 (Блок 1 – ОВОС)
Какие из ниже перечисленных источников НЕ относятся к площадным:
- Отвал вскрышных пород;
- Техническая автодорога;
- Вентиляционные шахты;
- Хвостохранилище.

Задание 4 (Блок 1 – ОВОС)
Импактный мониторинг окружающей среды это:
- мониторинг в особо опасных зонах и местах
- мониторинг заповедников
- мониторинг территории области
- мониторинг состояния воды в озере

Задание 5 (Блок 1 – ОВОС)
Выберете верное утверждение. Генеральная проба – это
- проба, подготовленная для проведения элементного анализа;
- проба, полученная на предварительной стадии пробоподготовки;
- первичная проба;
- арбитражная проба.

Задание 6 (Блок 1 – ОВОС)
Загрязнение, затрагивающее наследственные свойства организма и вызывающее изменения, которые могут проявиться в последующих поколениях, называется:
- шумовым
- радиоактивным
- физическим
- Химическое

Задание 7 (Блок 1 – ОВОС)
Какие объекты являются *источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека*
- объекты, для которых уровни создаваемого загрязнения за пределами промышленной площадки превышают 0,5 ПДК и/или ПДУ;
- объекты, для которых уровни создаваемого загрязнения за пределами промышленной площадки превышают 0,8 ПДК и/или ПДУ;
- объекты, для которых уровни создаваемого загрязнения за пределами промышленной площадки превышают 0,1 ПДК и/или ПДУ;
- объекты, для которых уровни создаваемого загрязнения за пределами промышленной площадки превышают 1,0 ПДК и/или ПДУ.

Задание 8 (Блок 1 – ОВОС)
Биоиндикация – это:
- оценка качества среды при активном вмешательстве в природные процессы, путём постановки эксперимента в природных или лабораторных условиях;
- характеристика видового богатства и разнообразия сообществ;
- степень вредности многих антропогенных факторов;
- оценка качества среды по состоянию тех или иных представителей ее населения – биоты, осуществляемая путём наблюдения за ними, без активного вмешательства в природные процессы.

Задание 9 (Блок 1 – ОВОС)
Изменение физических, химических и биологических свойств воды по сравнению с нормами качества воды в естественном состоянии, вызванное хозяйственной деятельностью, называется:
- загрязнением;
- заилением;
- засорением
- все вышеперечисленное.

Задание 10 (Блок 1 – ОВОС)
Во что помещают пробы, предназначенные для анализа на содержание летучих химических веществ
- в стеклянные банки с притертыми пробками;
- в вакуум;
- в целлофановые мешки;
- в пластиковые бутыли;

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Ответ считается правильным, если в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ.

3.2 Примеры теоретических вопросов для подготовки к экзамену:

1. Дайте определение ОВОС. Отразите схематично процесс оценки воздействия на окружающую среду.
2. Дайте определение ОВОС. Что называется, воздействием на окружающую среду?
3. Перечислите цели, задачи и основные принципы проведения ОВОС.
4. Перечислите участников и исполнителей ОВОС. Кто является инициатором деятельности?
5. Какова роль общественности в процессе ОВОС?
6. Кто является заказчиком намечаемой деятельности? Перечислите его функции.
7. Какова роль общественности в процессе ОВОС?
8. Какие этапы выделяют при подготовке заявления о воздействии на окружающую среду?
9. Какие документы готовятся при подготовке ЗВОС?
10. Дайте понятие альтернатив решения процесса ОВОС.
11. Что представляют собой общественные слушания в проведении ОВОС?
12. Какую роль играют общественные слушания в проведении ОВОС?
13. Назовите цель проведения общественных слушаний в процессе ОВОС.
14. Перечислите задачи, решаемые заказчиком при проведении общественных слушаний.
15. Перечислите этапы процесса ОВОС при подготовке ТЭО/проекта на строительство новых, реконструкцию, расширение, техническое перевооружение действующих объектов и комплексов.
16. Назовите цель и задачи первого этапа ОВОС (подготовка проекта Заявления о воздействии на окружающую среду)
17. Назовите цель и процедуры проведения второго этапа ОВОС (подготовка Заявления о воздействии на окружающую среду).

18. Перечислите процедуры проведения третьего этапа ОВОС (проведение общественных слушаний решений по объекту).
19. Назовите итоги проведения четвертого этапа ОВОС (согласование Минприроды России проекта Перечня экологических условий для завершения выработки и реализации решений по объекту).
20. Назовите основные аспекты оценки воздействия на атмосферу.
21. Перечислите прямые и косвенные критерии оценки воздействия на атмосферу.
22. Назовите основные аспекты оценки воздействия на поверхностные воды.
23. Перечислите ресурсные и гидрохимические критерии оценки воздействия на поверхностные воды.
24. Перечислите индикационные критерии оценки водных ресурсов.
25. Назовите основные аспекты оценки литосферы.

Критерием оценки за теоретический вопрос определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос	Количество баллов
Полнота и последовательность ответа	0-3
Логичность изложения материала	0-3
Умение анализировать материал	0-3
Соблюдение норм литературной речи	0-2
Владение профессиональной лексикой	0-2
Степень использования и понимания научных, нормативных источников	0-2
Итого	0-15

3.3 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание:

34-40 баллов (85-100%) - оценка «отлично»
28-33 баллов (70-84%) - оценка «хорошо»
20-27 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-19 баллов (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

3.4 Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

85 - 100 баллов (85% - 100%) – оценка «отлично».
70 - 84 баллов (70% - 84%) – оценка «хорошо»;
50 - 69 баллов (50% - 69 %) – оценка «удовлетворительно»;
0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно»;

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания умений, знаний, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).
Проведение предварительных консультаций.
Проверка ответов на задания письменного экзамена.
Сообщение результатов оценивания обучающимся.
Оформление необходимой документации.

Экзамен– форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена – завершить курс освоения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных умений, определить сформированность компетенций.

Экзамен подводит итог всей учебной работы по данной дисциплине.

При подготовке к экзамену прежде всего необходимо запоминать определение каждого понятия, так как именно в нем фиксируются признаки, показывающие его сущность и позволяющие отличать данную категорию от других. В процессе заучивания определений конкретных понятий обучающийся «наращивает» знания. Название дисциплины имеет свою систему понятий, и обучающийся через запоминание конкретной учебной информации приобщается к данной системе, «поднимается» до ее уровня, говорит на ее языке (не пытаясь объяснить суть той или иной категории с помощью обыденных слов).

Однако преподаватель на экзамене проверяет не столько уровень запоминания учебного материала, сколько то, как обучающийся понимает те или иные категории и реальные проблемы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию, объяснять заученную дефиницию.

Таким образом, необходимо разумно сочетать запоминание и понимание, простое воспроизводство учебной информации и работу мысли.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену по дисциплине необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками, ресурсами интернета, научной и научно –популярной литературой, словарем, демонстрационными листами (раздаточным материалом) и другими источниками сведений**.**

На выполнение экзаменационного задания обучающегося дается 90 минут.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Стурман, В. И. Оценка воздействия на окружающую среду : учебное пособие / В. И. Стурман. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1904-3. — URL: https://e.lanbook.com/book/67472	Эл. ресурс
2	Орлов, А. И. Проблемы управления экологической безопасностью : учебное пособие / А. И. Орлов. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-4497-1424-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/117039.html	Эл. ресурс
3	СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства	Эл. ресурс
4	СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства	Эл. ресурс
5	Рудский, В. В. Основы природопользования : учебное пособие / В. В. Рудский, В. И. Стурман. — Москва : Логос, 2014. — 208 с.— URL: https://e.lanbook.com/book/124985	Эл. ресурс

4.2 Нормативные правовые акты

1. Указ Президента РФ № 440 от 01.04.1996 г. «О Концепции перехода РФ к устойчивому развитию». - Режим доступа: ИПС «Консультант Плюс»
4. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». - Режим доступа: ИПС «Консультант Плюс»

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (

1. Официальный сайт Росгидромет - http://www.meteorf.ru
2. Сайт Министерства природных ресурсов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/

Информационные справочные системы:

Справочная правовая система «КонсультантПлюс»

Современные профессиональные базы данных:

E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

Scopus: база данных рефератов и цитирования https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri

6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office Standard 2013

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.02.03 УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

Направление подготовки

20.03.02 Природообустройство и водопользование

Направленность (профиль)

Урбоэкология и природоохранное обустройство территорий горных и нефтегазовых предприятий

форма обучения: очная, заочная, очно-заочная

год набора: 2024

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Природообустройства и водопользования	Инженерно-экономического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Гревцев Н.В.	Мочалова Л.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 07.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ»

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультанциях и домашней подготовке.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Предназначение самостоятельной работы:

- для усвоения материала дисциплины,
- для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной, профессиональной деятельности,
- для приобретения способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения и т. д.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- стимулирование самообразования и самовоспитания
- развитие способности планировать и распределять свое время. Кроме того, самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций в процессе изучения дисциплины:

- Способен осуществлять контроль деятельности в области обращения с отходами **(ПК-1.3).**

2 ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа бакалавров по данной дисциплине предполагает:

- самостоятельный поиск ответов и необходимой информации по предложенным вопросам;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение теоретического и лекционного материала, а также основной и дополнительной литературы при подготовке к семинарским занятиям, написании докладов;
- самостоятельное изучение отдельных вопросов, не рассматриваемых на практических занятиях;
- подготовка к контрольным работам по темам, предусмотренным программой данного курса;
- выполнение индивидуальных заданий по отдельным темам дисциплины

Самостоятельная работа включает в себя подготовку к лекционным и практическим занятиям, а также подготовку к экзамену.

Виды самостоятельной работы студентов, формы отчетности и контроля

Вид самостоятельной работы	**Формы отчетности и контроля**
1. Работа с опорным конспектом	Составление и проверка конспектов
2.Письменные практико-ориентированные задания, лабораторные работы	Проверка работ
3. Подготовка докладов, сообщений	Выступление с докладом и сообщением.
4. Работа с экзаменационными тестовыми вопросами	Проверочное тестирование
5. Работа с экзаменационными вопросами	Экзамен

Подготовка к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию, экзамену.

В процессе подготовки к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

2.1 Подготовка к выполнению практико-ориентированных задании и лабораторных работ

Выполнение практико-ориентированных задании и лабораторных работ имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях.

2.1.1 Методические рекомендации:

Оформление отчета по практико-ориентированным заданиям и лабораторным работам (далее «документа») осуществляется в соответствии с требованиями государственных стандартов и университета.

Отчет выполняется печатным способом с использованием компьютера.

Каждая страница текста, включая иллюстрации и приложения, нумеруется арабскими цифрами, кроме титульного листа и содержания, по порядку без пропусков и повторений. Номера страниц проставляются, начиная с введения (третья страница), в центре нижней части листа без точки.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

Рекомендуемым типом шрифта является Times New Roman, размер которого 14 pt (пунктов) (на рисунках и в таблицах допускается применение более мелкого размера шрифта, но не менее 10 pt).

Текст печатается через 1,5-ый интервал, красная строка – 1,25 см.

Цвет шрифта должен быть черным, необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах и формулах, применяя курсив, полужирный шрифт не применяется.

2.1.2 Правила оформления наименований и нумерации структурных элементов, глав и параграфов

Документ должен включать следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, приложения (является дополнительным элементом). Основной текст может быть разделен на разделы и параграфы.

Каждый структурный элемент документа (титульный лист, содержание, введение, заключение, приложение) и разделы необходимо начинать с новой страницы. Следующий параграф внутри одного раздела начинается через 2 межстрочных интервала на том же листе, где закончился предыдущий.

Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом, заголовками главы и параграфа, заголовком параграфа и текстом составляет 2 межстрочных интервала.

Наименования структурных элементов письменной работы («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЕ») служат заголовками структурных элементов. Данные наименования пишутся по центру страницы без точки в конце прописными (заглавными) буквами, не подчеркивая.

Разделы, параграфы должны иметь заголовки. Их следует нумеровать арабскими цифрами и записывать по центру страницы прописными (заглавными) буквами без точки в конце, не подчеркивая. Номер раздела указывается цифрой (например, 1, 2, 3), номер параграфа включает номер раздела и порядковый номер параграфа, разделенные точкой (например, 1.1, 2.1, 3.3). После номера раздела и параграфа в тексте точку не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Не допускается писать заголовок параграфа на одном листе, а его текст – на другом.

В содержании работы наименования структурных элементов указываются с левого края страницы, при этом первая буква наименования является прописной (заглавной), остальные буквы являются строчными, например:

Введение

1 Краткая характеристика организации – места прохождения практики

2 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

2.1.3 Правила оформления сокращений и аббревиатур

Сокращение русских слов и словосочетаний допускается при условии соблюдения требований ГОСТ 7.12–93 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

В тексте письменной работы допускаются общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами орфографии и соответствующими нормативными документами, например: год – г., годы – гг., и так далее – и т. д., метр – м, тысяч – тыс., миллион – млн, миллиард – млрд, триллион – трлн, страница – с., Российская Федерация – РФ, общество с ограниченной ответственностью – ООО.

При использовании авторской аббревиатуры необходимо при первом ее упоминании дать полную расшифровку, например: «… Уральский государственный горный университет (далее – УГГУ)…».

Не допускается использование сокращений и аббревиатур в заголовках письменной работы, глав и параграфов.

2.1.4 Правила оформления перечислений

При необходимости в тексте работы могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис (иные маркеры не допустимы). Например:

«….заключение содержит:

- краткие выводы;
- оценку решений;
- разработку рекомендаций.»

При необходимости ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

2.1.5 Правила оформления рисунков

В письменной работе для наглядности, уменьшения физического объема сплошного текста следует использовать иллюстрации – графики, схемы, диаграммы, чертежи, рисунки и фотографии. Все иллюстрации именуются рисунками. Их количество зависит от содержания работы и должно быть достаточно для того, чтобы придать ей ясность и конкретность.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте работы, например: «... в соответствии с рисунком 2 …» или «… тенденцию к снижению (рисунок 2)».

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые (при наличии достаточного пространства для помещения рисунка со всеми поясняющими данными), или на следующей странице. Если рисунок достаточно велик, его можно размещать на отдельном листе. Допускается поворот рисунка по часовой стрелке (если он выполнен на отдельном листе). Рисунки, размеры которых больше формата А4, учитывают как одну страницу и помещают в приложении.

Рисунки, за исключением рисунков в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждый рисунок (схема, график, диаграм-

ма) обозначается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:



Рисунок 1 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, рисунок А.3).

Если рисунок взят из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

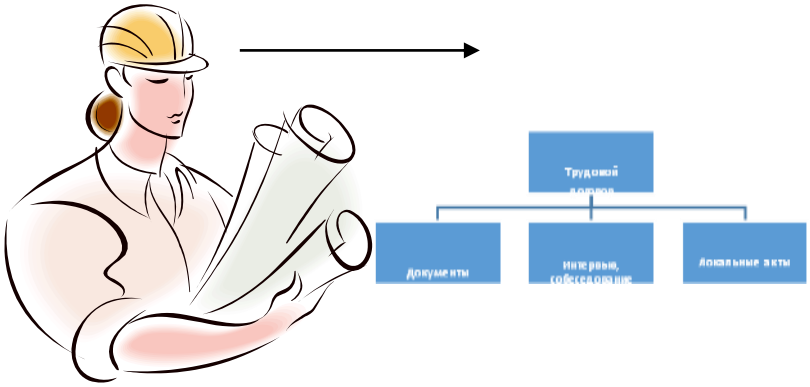
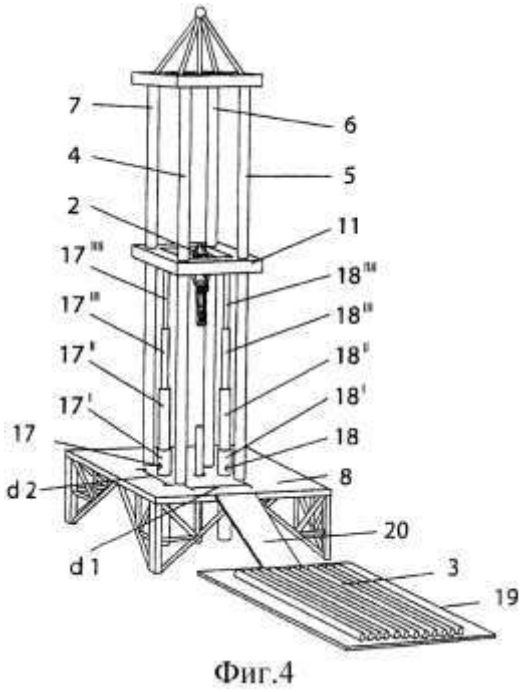


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

Если рисунок является авторской разработкой, необходимо после заголовка рисунка поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников он составлен, например:



Фиг.4

Рисунок 2 – Буровая установка,……[1]

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

2.1.6 Правила оформления таблиц

В письменной работе фактический материал в обобщенном и систематизированном виде может быть представлен в виде таблицы для наглядности и удобства сравнения показателей.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера, например: «…в таблице 2 представлены …» или «… характеризуется показателями (таблица 2)».

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы, за исключением таблиц в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждая таблица должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018
ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

Если таблица является авторской разработкой, необходимо после заголовка таблицы поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников она составлена, например:

Таблица 3 – Количество оборудования[1]

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	7

Располагают таблицы на странице обычно вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем графа с наименованиями показателей должна размещаться в левой части страницы. Слева, справа и снизу таблицы ограничивают линиями.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы. На странице, на которую перенесена часть таблицы, слева пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

Если таблица переносится, то на странице, где помещена первая часть таблицы, нижняя ограничительная линия таблицы не проводится. Это же относится к странице (страницам), где помещено продолжение (продолжения) таблицы. Нижняя ограничительная линия таблицы проводится только на странице, где помещено окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Примечания к таблице (подтабличные примечания) размещают непосредственно под таблицей в виде: а) общего примечания; б) сноски; в) отдельной графы или табличной строки с заголовком. Выделять примечание в отдельную графу или строку целесообразно лишь тогда, когда примечание относится к большинству строк или граф. Примечания к отдельным заголовкам граф или строк следует связывать с ними знаком сноски. Общее примечание ко всей таблице не связывают с ней знаком сноски, а помещают после заголовка «Примечание» или «Примечания», оформляют как внутритекстовое примечание.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте работы, но не менее 10 pt.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если показатели таблицы выражены в разных единицах измерения, то обозначение единицы измерения указывается после наименования показателя через запятую. Допускается при необходимости выносить в отдельную графу обозначения единиц измерения.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Если предыдущая фраза является частью последующей, то допускается заменить ее словами «То же» и добавить дополнительные сведения. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять. Если в ячейке таблицы приведен текст из нескольких предложений, то в последнем предложении точка не ставится.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных материалов, марок материалов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Если таблицы размещены в приложении, их нумерация имеет определенные особенности. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельной нумерацией арабскими цифрами. При этом перед цифрой, обозначающей номер таблицы в приложении, ставится буква соответствующего приложения, например:

Таблица В.1.– Динамика показателей за 2016–2017 гг.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении (допустим, В).

Расчетно-практические работы выполняется в печатном виде на листах формата А4. На титульном листе указываются реквизиты вуза, кафедры, а также наименование расчетно-практической работы с фамилией и инициалами студента и преподавателя, проверяющего данную работу, номер варианта, который определяется преподавателем индивидуально для каждого студента.

Критерием оценки за практико-ориентированное задание определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки	Количество баллов
Верность выполнения расчетов	0-1
Соответствие требованиям оформления	0-1
Владение профессиональной лексикой	0-1
Умение анализировать материал	0-1
Полнота и последовательность ответа	0-1
	0-5

Критерием оценки за лабораторную работу определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки	Количество баллов
Верность выполнения лабораторного задания	0-1
Соответствие требованиям оформления	0-1
Владение профессиональной лексикой	0-1
Умение анализировать материал	0-1
Полнота и последовательность ответа	0-1
	0-5

2.2. Подготовка доклада с презентацией

2.2.1 Методические рекомендации:

Презентация, это демонстрация возможности студента и его способности организации в наглядной форме основных положений доклада в соответствии с современными требованиями и с использованием современных информационных технологий. Презентация выполняется в программе PowerPoint.

Подготовка презентации предполагает следующие пошаговые действия:

1.Подготовка доклада.

2. Разработка структуры презентации

3. Создание презентации в Power Point

4. Репетиция доклада с использованием презентации

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. В первую очередь необходимо составить сам текст доклада, во вторую очередь - создать презентацию.

Очередность слайдов должна четко соответствовать структуре в доклада. Не планируйте в процессе доклада возвращаться к предыдущим слайдам или перелистывать их вперед, это усложнит процесс и может сбить ход ваших рассуждений.

Не пытайтесь отразить в презентации весь текст доклада! Слайды должны демонстрировать лишь основные положения доклада. Слайды не должны быть перегружены графической и текстовой информацией, различными эффектами анимации.

Презентация должна состоять из 10-20 слайдов.

2.2.2 Дизайн слайдов.

Оформление слайдов не должно отвлекать внимание от защищающегося – это всего лишь вспомогательный материал.

Дизайн должен быть единый. Текст должен быть четко виден на фоне и легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. Рекомендуется использовать один вид шрифта, простой печатный черного или темно-синего цвета, вместо экзотических и витиеватых шрифтов. Лучше использовать одну цветовую гамму во всей презентации, а не различные стили для каждого слайда.

Особое внимание к деталям.

Каждый элемент должен быть тщательно подготовлен: все рисунки и фотографии очищены от лишних надписей.

Текстовые объекты.

Оптимальное число строк на слайде—от 6 до 11. Перегруженность и мелкий шрифт тяжелы для восприятия.

Пункты перечней должны быть выполнены короткими фразами, оптимально — одна строка, максимум—две. Шрифт для заголовков 24 -34 пункта; для информационного текста 18-22 пункта; для надписей – обозначений в рисунках на объектах не ниже 12 пункта.

Рекомендуется цветом или жирным шрифтом выделять те их ключевые фрагменты, на которых Вы останавливаетесь при обсуждении.

В презентации желательны чертежи, рисунки, схемы и другой графический материал, иллюстрирующий основные положения доклада.

Оформление таблиц и рисунков.

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной в презентации.

Порядковый номер таблицы и название таблицы проставляются выше таблицы. Порядковый номер рисунка и его название проставляются под рисунком.

2.2.3 Структура выступления

Вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

2.2.4 Примерная тематика докладов с презентацией:

- Возникновение отходов как результат деятельности человека.
- Полигонное захоронение отходов.
- Организация сбора и удаления твердых бытовых отходов в городских условиях.
- Принципы переработки твердых бытовых отходов.
- Сепарация твердых бытовых отходов.
- Термическая переработка твердых бытовых отходов.
- Сжигание без образования шлакового расплава.
- Полигоны для захоронения отходов.
- Использование биогаза из захоронений отходов.
- Захоронение отходов в море.
- Классификация металлических отходов.
- Технология и оборудование для подготовки металлолома к переплаву. Технологические схемы переработки лома и цветных металлов.
- Обезвреживание отходов.
- Направления утилизации шлаков.
- Производство строительных материалов из металлургических шлаков.
- Анализ достоинств и недостатков существующих способов утилизации и переработки отходов.
- Отходы предприятий строительного комплекса и методы их утилизации и переработки.
- Основы технологических процессов переработки промышленных отходов.
- Утилизация шлаков, золы и горелой земли.
- Переработка текстильных отходов.
- Проблема газообразных отходов и их обезвреживание.
- Отходы металлургии и их переработка.
- Авторециклинг.
- Твердые бытовые отходы – ценное сырье.
- Переработка отходов гальванических производств.
- Утилизация отходов пластмасс. Переработка резиновых отходов.Воздушные массы и их движение.

Критерием оценки за доклад с презентацией определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки доклада	Количество баллов

правильность представления материала	0-0,5
соответствие требованиям оформления презентации	0-0,5
всесторонность и глубина ответов на вопросы (полнота)	0-2
Итого	0-3

3. Подготовка к экзамену

Экзамен по дисциплине проводится в письменной форме по билетам.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Экзаменационный билет на зачет включает в себя 10 тестовых заданий и два теоретических вопроса.

Ответ на теоретический вопрос, требующий изложения, должен быть представлен в виде грамотно изложенного, связного текста, позволяющего проследить логику рассуждений, лежащих в основе сделанных выводов. Ответ, представляющий бессвязный набор определений и иных положений, рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный экзамен может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк).

На экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на уточнение мысли и действий студента.

Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля

Форма и описание контрольного мероприятия	Балловая стоимость контрольного мероприятия	Критерии начисления баллов
Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний обучающегося	0-10 баллов (10 вопросов)	Правильность ответов
Теоретический вопрос - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	0-15 баллов	Полнота и последовательность ответа на вопрос (верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов и т.д.), степень использования и понимания научных, нормативных источников, демонстрация умения анализировать материал, соблюдение норм литературной речи, владение профессиональной лексикой
Итого	40 баллов	

3.1 Пример тестового задания:

1. Ответьте, пожалуйста, на тестовые задания (выберите один правильный ответ).

К объектам экологического мониторинга не относится:

— население

— гидросфера

— урбанизированная среда
— атмосфера

Объясните, почему в поймах крупных рек нельзя размешать свалки твердых бытовых отходов:
— из-за возможного химического загрязнения речных вод
— из-за возможного загрязнения почвенного покрова
— из-за утраты эстетического облика пойменных ландшафтов
— из-за быстрого разрушения барьеров миграции

Какие строительные работы возможны в поймах крупных рек на дерновых почвах, развитых на мощном песчаном аллювии и близком залегании грунтовых вод
— создание современных свалок (песок будет все фильтровать)
— строительство жилья и спортивных сооружений
— в поймах рек ничего нельзя строить, кроме времянок на садово-огородных участках из-за возможного разлива рек и уничтожения любых построек
— в поймах рек можно выборочно пасти скот, организовывать садовые участки, выращивать овощи; вносить удобрения нужно осмотрительно

Система долгосрочных наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды и его изменений называется:
— регистр
— кадастр
— мониторинг
— аудит

Метод для оценки состояния окружающей среды, где используют видеосъемку со спутниковых систем называется:
— биоиндикационный
— электрохимический
— аэрокосмический (Динамический)
— колориметрический

Необходимость рассмотрения каждой природоохранной проблемы как части более общей декларирует принцип:
— комплексности
— ограничения
— системности
— историчности

Загрязнение, затрагивающее наследственные свойства организма и вызывающее изменения, которые могут проявиться в последующих поколениях, называется:
— шумовым
— радиоактивным
— физическим
— химическое

Отметьте техногенный барьер миграции:
— водохранилище

— терриконы
— карьер
— стартовая площадка космодрома

Отметьте механический барьер миграции в ландшафтах:
— центральная пойма реки с лугом и дерновой почвой
— лесополоса с кучей мелкозема, привнесенной пыльной бурей
— автомагистраль с небольшим наносом снега (40 м3)
— магистральный оросительный канал

Какие реакции протекают на физико-химическом сорбционном барьере в почвах:
— растворение веществ
— миграция веществ
— сорбция (поглощение) мигрантов из водного раствора
— сорбция – десорбция веществ в системе твердая фаза – почвенный раствор

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Ответ считается правильным, если в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ.

3.2 Примеры теоретических вопросов для подготовки к экзамену:

1. Классификация отходов горного производства. Классификация отходов по источнику возникновения.
2. Классификация отходов по агрегатному состоянию.
3. Классификация отходов по токсичности и опасности.
4. Общие сведения о международных соглашениях по обращению с отходами.
5. Понятие, объект и субъекты экологических правонарушений.
6. Дисциплинарная ответственность за нарушение правил обращения с отходами производства и потребления.
7. Парниковый эффект, озоновые дыры и кислотные дожди, как последствия действия неправильного обращения с отходами.
8. Экологический словарь. Основные понятия и термины.
9. Общие правовые принципы обращения с отходами.
10. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления».
11. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
12. Нормативные акты в области обращения с отходами.
13. Гражданско-правовая ответственность и возмещение экологического вреда и т.п.
14. Законодательные основы регулирования обращения с отходами.
15. Государственный контроль за деятельностью в области обращения с отходами.
16. Функция паспортизации.
17. Функция сертификации.
18. Виды деклараций, связанных с охраной окружающей среды.
19. Основные тенденции решения проблемы отходов.
20. Основные принципы организации малоотходных или чистых технологических процессов.

21. Территориально-производственные комплексы и эколого-промышленные парки.
22. Общее представление о проектном исследовании (воздействие отходов предприятий горнопромышленного комплекса на окружающую среду).
23. Порядок составления и выдачи исходных данных на проектирование (воздействие отходов предприятий горнопромышленного комплекса на окружающую среду).
24. Характеристика ТБО в доисторическое время и в древнем мире.
25. Технология захоронения отходов.
26. Закрытие полигона и передача участка под дальнейшее использование.
27. Технологии захоронения отходов, применяемые в России.
28. Общая характеристика, количество и нормы накопления ТБО, морфологический и гранулометрический состав, физические свойства.
29. Методы обезвреживания и утилизации ТБО и их использование.
30. Контроль соблюдения требований охраны окружающей среды.
31. Расчёт вместимости полигона.
32. Бактериологическое и химическое загрязнение почв в зоне влияния свалок ТБО.
33. Методы высокотемпературной переработки ТБО.
34. Бактериологическое и химическое загрязнение поверхностных и подземных вод в зоне влияния свалок ТБО.
35. Принципы расчёта затрат на сбор твердых бытовых отходов.
36. Свалочный газ, механизм образования, экологическая и пожарная опасность.
37. Машины и механизмы, используемые для уборки и санитарной очистки населенных мест от ТБО.
38. Система сбора ТБО, раздельный сбор отходов.
39. Основные положения экологической политики в области ТБО (контроль формирования количества и состава ТБО).
40. Технические средства для сбора и вывоза ТБО.

Критерием оценки за теоретический вопрос определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос	Количество баллов
Полнота и последовательность ответа	0-3
Логичность изложения материала	0-3
Умение анализировать материал	0-3
Соблюдение норм литературной речи	0-2
Владение профессиональной лексикой	0-2
Степень использования и понимания научных, нормативных источников	0-2
Итого	0-15

3.3 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание:

34-40 баллов (85-100%) - оценка «отлично»
28-33 баллов (70-84%) - оценка «хорошо»
20-27 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-19 баллов (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

3.4 Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

85 - 100 баллов (85% - 100%) – оценка «отлично».
70 - 84 баллов (70% - 84%) – оценка «хорошо»;
50 - 69 баллов (50% - 69 %) – оценка «удовлетворительно»;
0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно»;

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания умений, знаний, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Экзамен– форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена – завершить курс освоения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных умений, определить сформированность компетенций.

Экзамен подводит итог всей учебной работы по данной дисциплине.

При подготовке к экзамену прежде всего необходимо запоминать определение каждого понятия, так как именно в нем фиксируются признаки, показывающие его сущность и позволяющие отличать данную категорию от других. В процессе заучивания определений конкретных понятий обучающийся «наращивает» знания. Название дисциплины имеет свою систему понятий, и обучающийся через запоминание конкретной учебной информации приобщается к данной системе, «поднимается» до ее уровня, говорит на ее языке (не пытаясь объяснить суть той или иной категории с помощью обыденных слов).

Однако преподаватель на экзамене проверяет не столько уровень запоминания учебного материала, сколько то, как обучающийся понимает те или иные категории и реальные проблемы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию, объяснять заученную дефиницию.

Таким образом, необходимо разумно сочетать запоминание и понимание, простое воспроизводство учебной информации и работу мысли.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену по дисциплине необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками, ресурсами интернета, научной и научно –популярной литературой, словарем, демонстрационными листами (раздаточным материалом) и другими источниками сведений**.**

На выполнение экзаменационного задания обучающегося дается 90 минут.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Лейкин Ю. А. Основы экологического нормирования/Ю. А. Лейкин. – 2014	20
2	Научно-практический журнал «Твердые бытовые отходы» https://www.solidwaste.ru/	Эл. ресурс
3	Научно-практический журнал «Экология производства» https://promo.ecoindustry.ru/	Эл. ресурс
4	Инженерно-геоэкологические изыскания полигонов твердых бытовых и промышленных отходов : учеб. пособие / О. М. Гуман [и др.]. - Екатеринбург : УГГГА, 2000. - 51 с	5
5	Экология природопользования : учебное пособие / В. Е. Лотош. - Екатеринбург : Издательство УрГУПС, 2002. - 540 с. - Библиогр.: с. 503-536.	2
6	Камнев, Е.Н. Выбор площадок для захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях [Электронный ресурс] / Е.Н. Камнев, В.Н. Морозов, И.Ю. Шищиц. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2011. — 216 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/1509. — Загл. с экрана.	Эл. ресурс
7	Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования. Изд. Полиграфист, Екатеринбург, 2007, 503 с.	Электронный ресурс
8	Харламова М. Д. Твердые отходы: технологии утилизации, методы контроля, мониторинг/М. Д. Харламова, А. И. Курбатова ; под ред. М. Д. Харламовой. – 2015	2

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Хорошавин, Л. Б. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов : учебное пособие для СПО / Л. Б. Хорошавин, В. А. Беляков, Е. А. Свалов ; под редакцией А. С. Носкова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 219 с. http://www.iprbookshop.ru/87836.html	Эл. ресурс
2	Власов, О. А. Технологии переработки твердых бытовых отходов : учебное пособие / О. А. Власов. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2019. — 244 с. http://www.iprbookshop.ru/100129.html	Эл. ресурс
3	Перегудов, Ю. С. Комплексное использование сырья и утилизация отходов: сборник задач. Учебное пособие / Ю. С. Перегудов, О. А. Козадерова, С. И. Нифталиев. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2018. — 72 с. http://www.iprbookshop.ru/76430.html	Эл. ресурс
4	Концепция обращения с отходами : учебное пособие / составители С. В. Свергузова, Ж. А. Сапронова. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2018. — 87 с. http://www.iprbookshop.ru/92261.html	Эл. ресурс

4.3 Нормативные правовые акты

1. Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ (последняя редакция) - Режим доступа: ИПС «Консультант Плюс»
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 4 декабря 2014 г. № 536 «Критерии отнесения отходов к I - V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» - Режим доступа: ИПС «Консультант Плюс»
3. Указ Президента РФ № 440 от 01.04.1996 г. «О Концепции перехода РФ к устойчивому развитию». - Режим доступа: ИПС «Консультант Плюс»
4. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». - Режим доступа: ИПС «Консультант Плюс»

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (

Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области *http://www.mprso.ru*

Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]: содержит электронные версии книг, учебников, монографий, сборников научных трудов как отечественных, так и зарубежных авторов, периодических изданий. Режим доступа: http://www.rbc.ru

Издательство "Лань" [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система: содержит электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. – Москва, 2010– . Режим доступа: http://e.lanbook.com.

Научно-практический журнал «Твердые бытовые отходы» https://www.solidwaste.ru/

Научно-практический журнал «Экология производства» https://promo.ecoindustry.ru/

Отраслевой портал https://www.waste.ru/

6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office Standard 2013
3. Демо-версия Расчет класса опасности отходов для ОС НПО «Логус»

Информационные справочные системы

ИПС «КонсультантПлюс»

Отраслевой портал Отходы.ру https://www.waste.ru/

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri

E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.ДВ.01.02.01 ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Направление подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Направленность (профиль)
Урбоэкология и природоохранное обустройство территорий горных и нефтегазовых предприятий

формы обучения: очная, заочная, очно-заочная

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
Природообустройства и водопользования
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Гревцев Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023
(Дата)

Екатеринбург

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА »

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультанциях и домашней подготовке.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Предназначение самостоятельной работы:

- для усвоения материала дисциплины,
- для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной, профессиональной деятельности,
- для приобретения способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения и т. д.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- стимулирование самообразования и самовоспитания
- развитие способности планировать и распределять свое время. Кроме того, самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций в процессе изучения дисциплины:

Профессиональные:

- Способен принимать профессиональные решения и соблюдать установленную технологическую дисциплину при строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования (**ПК-1.4**);

- Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации регламентам качества, использовать методы выбора структуры и параметров систем природообустройства и водопользования (**ПК-1.6**);

2 ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа бакалавров по данной дисциплине предполагает:

- самостоятельный поиск ответов и необходимой информации по предложенным вопросам;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение теоретического и лекционного материала, а также основной и дополнительной литературы при подготовке к семинарским занятиям, написании докладов;
- самостоятельное изучение отдельных вопросов, не рассматриваемых на практических занятиях;
- подготовка к контрольным работам по темам, предусмотренным программой данного курса;
- выполнение индивидуальных заданий по отдельным темам дисциплины

Самостоятельная работа включает в себя подготовку к лекционным и практическим занятиям, а также подготовку к экзамену.

Виды самостоятельной работы студентов, формы отчетности и контроля

Вид самостоятельной работы	**Формы отчетности и контроля**
1. Работа с опорным конспектом	Составление и проверка конспектов
2.Письменные практико-ориентированные задания	Проверка работ
3. Подготовка докладов, сообщений	Выступление с докладом и сообщением.
4. Работа с экзаменационными тестовыми вопросами	Проверочное тестирование
5. Работа с экзаменационными вопросами	Экзамен

Подготовка к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию, экзамену.

В процессе подготовки к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

2.1 Подготовка к выполнению практико-ориентированных задании

Выполнение практико-ориентированных задании имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях.

2.1.1 Методические рекомендации:

Оформление отчета по практико-ориентированным заданиям (далее «документа») осуществляется в соответствии с требованиями государственных стандартов и университета.

Отчет выполняется печатным способом с использованием компьютера.

Каждая страница текста, включая иллюстрации и приложения, нумеруется арабскими цифрами, кроме титульного листа и содержания, по порядку без пропусков и повторений. Номера страниц проставляются, начиная с введения (третья страница), в центре нижней части листа без точки.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

Рекомендуемым типом шрифта является Times New Roman, размер которого 14 pt (пунктов) (на рисунках и в таблицах допускается применение более мелкого размера шрифта, но не менее 10 pt).

Текст печатается через 1,5-ый интервал, красная строка – 1,25 см.

Цвет шрифта должен быть черным, необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах и формулах, применяя курсив, полужирный шрифт не применяется.

2.1.2 Правила оформления наименований и нумерации структурных элементов, глав и параграфов

Документ должен включать следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, приложения (является дополнительным элементом). Основной текст может быть разделен на разделы и параграфы.

Каждый структурный элемент документа (титульный лист, содержание, введение, заключение, приложение) и разделы необходимо начинать с новой страницы. Следующий параграф внутри одного раздела начинается через 2 межстрочных интервала на том же листе, где закончился предыдущий.

Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом, заголовками главы и параграфа, заголовком параграфа и текстом составляет 2 межстрочных интервала.

Наименования структурных элементов письменной работы («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЕ») служат заголовками структурных элементов. Данные наименования пишутся по центру страницы без точки в конце прописными (заглавными) буквами, не подчеркивая.

Разделы, параграфы должны иметь заголовки. Их следует нумеровать арабскими цифрами и записывать по центру страницы прописными (заглавными) буквами без точки в конце, не подчеркивая. Номер раздела указывается цифрой (например, 1, 2, 3), номер параграфа включает номер раздела и порядковый номер параграфа, разделенные точкой (например, 1.1, 2.1, 3.3). После номера раздела и параграфа в тексте точку не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Не допускается писать заголовок параграфа на одном листе, а его текст – на другом.

В содержании работы наименования структурных элементов указываются с левого края страницы, при этом первая буква наименования является прописной (заглавной), остальные буквы являются строчными, например:

Введение

1 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

2.1.3 Правила оформления сокращений и аббревиатур

Сокращение русских слов и словосочетаний допускается при условии соблюдения требований ГОСТ 7.12–93 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

В тексте письменной работы допускаются общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами орфографии и соответствующими нормативными документами, например: год – г., годы – гг., и так далее – и т. д., метр – м, тысяч – тыс., миллион – млн, миллиард – млрд, триллион – трлн, страница – с., Российская Федерация – РФ, общество с ограниченной ответственностью – ООО.

При использовании авторской аббревиатуры необходимо при первом ее упоминании дать полную расшифровку, например: «… Уральский государственный горный университет (далее – УГГУ)…».

Не допускается использование сокращений и аббревиатур в заголовках письменной работы, глав и параграфов.

2.1.4 Правила оформления перечислений

При необходимости в тексте работы могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис (иные маркеры не допустимы). Например:

«….заключение содержит:

- краткие выводы;
- оценку решений;
- разработку рекомендаций.»

При необходимости ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

2.1.5 Правила оформления рисунков

В письменной работе для наглядности, уменьшения физического объема сплошного текста следует использовать иллюстрации – графики, схемы, диаграммы, чертежи, рисунки и фотографии. Все иллюстрации именуются рисунками. Их количество зависит от содержания работы и должно быть достаточно для того, чтобы придать ей ясность и конкретность.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте работы, например: «... в соответствии с рисунком 2 …» или «… тенденцию к снижению (рисунок 2)».

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые (при наличии достаточного пространства для помещения рисунка со всеми поясняющими данными), или на следующей странице. Если рисунок достаточно велик, его можно размещать на отдельном листе. Допускается поворот рисунка по часовой стрелке (если он выполнен на отдельном листе). Рисунки, размеры которых больше формата А4, учитывают как одну страницу и помещают в приложении.

Рисунки, за исключением рисунков в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждый рисунок (схема, график, диаграм-

ма) обозначается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:



Рисунок 1 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, рисунок А.3).

Если рисунок взят из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

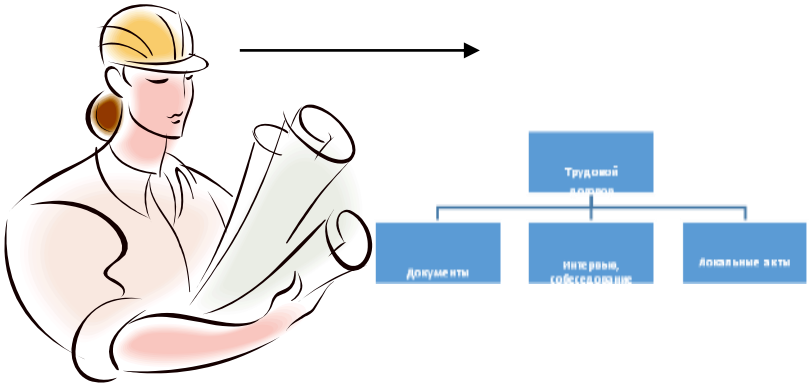
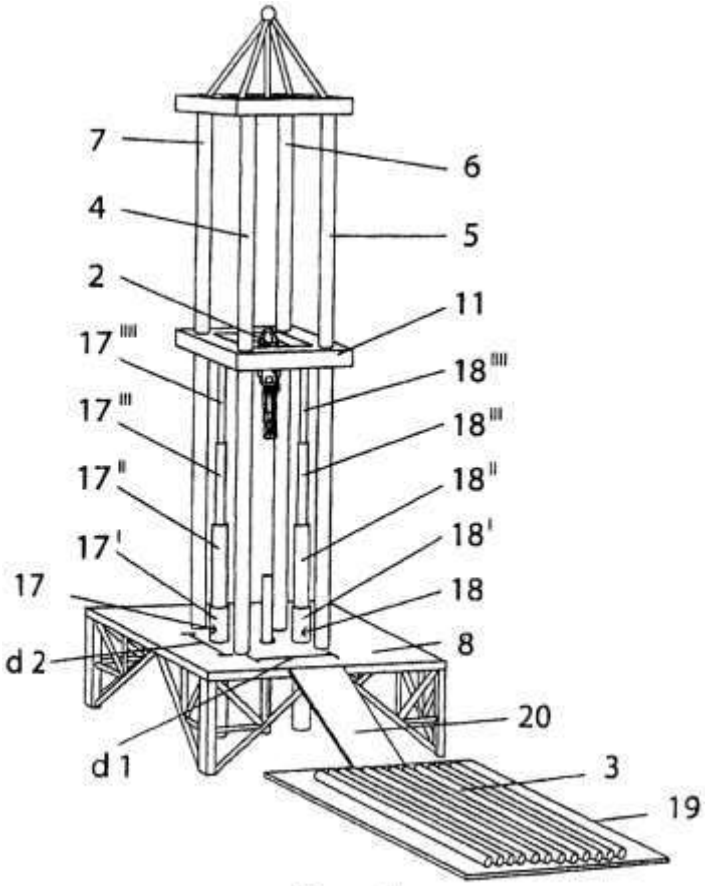


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

Если рисунок является авторской разработкой, необходимо после заголовка рисунка поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников он составлен, например:



Фиг.4

Рисунок 2 – Буровая установка,……[1]

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

2.1.6 Правила оформления таблиц

В письменной работе фактический материал в обобщенном и систематизированном виде может быть представлен в виде таблицы для наглядности и удобства сравнения показателей.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера, например: «…в таблице 2 представлены …» или «… характеризуется показателями (таблица 2)».

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы, за исключением таблиц в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждая таблица должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

Если таблица является авторской разработкой, необходимо после заголовка таблицы поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников она составлена, например:

Таблица 3 – Количество оборудования[1]

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	7

Располагают таблицы на странице обычно вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем графа с наименованиями показателей должна размещаться в левой части страницы. Слева, справа и снизу таблицы ограничивают линиями.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы. На странице, на которую перенесена часть таблицы, слева пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

Если таблица переносится, то на странице, где помещена первая часть таблицы, нижняя ограничительная линия таблицы не проводится. Это же относится к странице (страницам), где помещено продолжение (продолжения) таблицы. Нижняя ограничительная линия таблицы проводится только на странице, где помещено окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Примечания к таблице (подтабличные примечания) размещают непосредственно под таблицей в виде: а) общего примечания; б) сноски; в) отдельной графы или табличной строки с заголовком. Выделять примечание в отдельную графу или строку целесообразно лишь тогда, когда примечание относится к большинству строк или граф. Примечания к отдельным заголовкам граф или строк следует связывать с ними знаком сноски. Общее примечание ко всей таблице не связывают с ней знаком сноски, а помещают после заголовка «Примечание» или «Примечания», оформляют как внутритекстовое примечание.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте работы, но не менее 10 pt.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если показатели таблицы выражены в разных единицах измерения, то обозначение единицы измерения указывается после наименования показателя через запятую. Допускается при необходимости выносить в отдельную графу обозначения единиц измерения.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Если предыдущая фраза является частью последующей, то допускается заменить ее словами «То же» и добавить дополнительные сведения. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять. Если в ячейке таблицы приведен текст из нескольких предложений, то в последнем предложении точка не ставится.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных материалов, марок материалов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Если таблицы размещены в приложении, их нумерация имеет определенные особенности. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельной нумерацией арабскими цифрами. При этом перед цифрой, обозначающей номер таблицы в приложении, ставится буква соответствующего приложения, например:

Таблица В.1.– Динамика показателей за 2016–2017 гг.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении (допустим, В).

Расчетно-практические работы выполняется в печатном виде на листах формата А4. На титульном листе указываются реквизиты вуза, кафедры, а также наименование расчетно-практической работы с фамилией и инициалами студента и преподавателя, проверяющего данную работу, номер варианта, который определяется преподавателем индивидуально для каждого студента.

Критерием оценки за практико-ориентированные задания определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
Верность выполнения расчетов	0-1
Соответствие требованиям оформления	0-1
Владение профессиональной лексикой	0-1
Умение анализировать материал	0-1
Полнота и последовательность ответа	0-1
	0-5

2.2. Подготовка доклада с презентацией

2.2.1 Методические рекомендации:

Презентация, это демонстрация возможности студента и его способности организации в наглядной форме основных положений доклада в соответствии с современными требованиями и с использованием современных информационных технологий. Презентация выполняется в программе PowerPoint.

Подготовка презентации предполагает следующие пошаговые действия:

1.Подготовка доклада.

2. Разработка структуры презентации

3. Создание презентации в Power Point

4. Репетиция доклада с использованием презентации

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. В первую очередь необходимо составить сам текст доклада, во вторую очередь - создать презентацию.

Очередность слайдов должна четко соответствовать структуре в доклада. Не планируйте в процессе доклада возвращаться к предыдущим слайдам или перелистывать их вперед, это усложнит процесс и может сбить ход ваших рассуждений.

Не пытайтесь отразить в презентации весь текст доклада! Слайды должны демонстрировать лишь основные положения доклада. Слайды не должны быть перегружены графической и текстовой информацией, различными эффектами анимации.

Презентация должна состоять из 10-20 слайдов.

2.2.2 Дизайн слайдов.

Оформление слайдов не должно отвлекать внимание от защищающегося – это всего лишь вспомогательный материал.

Дизайн должен быть единый. Текст должен быть четко виден на фоне и легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. Рекомендуется использовать один вид шрифта, простой печатный черного или темно-синего цвета, вместо экзотических и витиеватых шрифтов. Лучше использовать одну цветовую гамму во всей презентации, а не различные стили для каждого слайда.

Особое внимание к деталям.

Каждый элемент должен быть тщательно подготовлен: все рисунки и фотографии очищены от лишних надписей.

Текстовые объекты.

Оптимальное число строк на слайде—от 6 до 11. Перегруженность и мелкий шрифт тяжелы для восприятия.

Пункты перечней должны быть выполнены короткими фразами, оптимально — одна строка, максимум—две. Шрифт для заголовков 24 -34 пункта; для информационного текста 18-22 пункта; для надписей – обозначений в рисунках на объектах не ниже 12 пункта.

Рекомендуется цветом или жирным шрифтом выделять те их ключевые фрагменты, на которых Вы останавливаетесь при обсуждении.

В презентации желательны чертежи, рисунки, схемы и другой графический материал, иллюстрирующий основные положения доклада.

Оформление таблиц и рисунков.

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной в презентации.

Порядковый номер таблицы и название таблицы проставляются выше таблицы. Порядковый номер рисунка и его название проставляются под рисунком.

2.2.3 Структура выступления

Вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

2.2.4 Примерная тематика докладов с презентацией:

- Возникновение отходов как результат деятельности человека.
- Полигонное захоронение отходов.
- Проблемы прогнозирования изменений окружающей среды.
- Размещение и утилизация отходов производства.
- Обращение с отходами потребления.
- Мероприятия по охране окружающей среды при функционировании горнодобывающих предприятий угольной и металлургической промышленности.
- Техногенные аварии и природные катастрофы.
- Полигоны твердых бытовых отходов и их экологическая роль.
- Обезвреживание и использование отходов растениеводства и животноводства.
- Способы рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами, их оценка и эффективность.
- Отходы металлургии и их переработка.
- Морфологическое строение, свойства почв и режим заболачивания.
- Общая схема осушительных мелиораций.
- Мелиоративные требования к проектированию и производству планировочных работ.
- Оросительная система и ее элементы. Классификация оросительных систем.
- Потери воды на испарение и фильтрацию из каналов.
- Противофильтрационные мероприятия, их мелиоративная оценка.
- Конструкция каналов в земляном русле.
- Горизонтальный, вертикальный, комбинированный дренаж. Условия применения, конструкции.
- Потребности в осушительных мелиорациях и их задачи. Виды осушаемых земель.
- Требования сельскохозяйственного производства к водному режиму осушаемых земель.
- Водный баланс как метод количественной оценки водного режима осушаемых земель и типов водного питания.
- Основные методы осушения, элементы осушительных систем и схемы осушения.
- Проводящая сеть. Ее назначение и работа по приему и отводу избыточных вод. Элементы проводящей сети.
- Ограждающая сеть. Назначение ее и действие по перехвату и отводу поверхностных и грунтовых вод.

Критерием оценки за доклад с презентацией определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки доклада	Количество баллов
правильность представления материала	0-0,5
соответствие требованиям оформления презентации	0-0,5
всесторонность и глубина ответов на вопросы (полнота)	0-2
Итого	0-3

3. Подготовка к экзамену

Экзамен по дисциплине проводится в письменной форме по билетам.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Экзаменационный билет на зачет включает в себя 10 тестовых заданий и два теоретических вопроса.

Ответ на теоретический вопрос, требующий изложения, должен быть представлен в виде грамотно изложенного, связного текста, позволяющего проследить логику рассуждений, лежащих в основе сделанных выводов. Ответ, представляющий бессвязный набор определений и иных положений, рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный экзамен может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк).

На экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на уточнение мысли и действий студента.

Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля

Форма и описание контрольного мероприятия	Балловая стоимость контрольного мероприятия	Критерии начисления баллов
Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний обучающегося	0-10 баллов (10 вопросов)	Правильность ответов
Теоретический вопрос - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	0-15 баллов (2 вопроса)	Полнота и последовательность ответа на вопрос (верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов и т.д.), степень использования и понимания научных, нормативных источников, демонстрация умения анализировать материал, соблюдение норм литературной речи, владение профессиональной лексикой
Итого	40 баллов	

3.1 Пример тестового задания:

Отходы первого класса должны перевозиться:

— в деревянной таре

— насыпаться в кузов без тары

— в специальных герметичных контейнерах
— в обычных мешках.

Какой федеральный закон определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления:
— ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"
— ФЗ "Об охране окружающей среды"
— ФЗ "Об охране атмосферного воздуха"
— ФЗ "Об отходах производства и потребления

Устойчивость ландшафта – это:
— свойство сохранять свою структуру и характер функционирования в условиях изменяющейся среды
— функция сохранять свою структуру и характер функционирования в условиях среды
— способность обеспечить нормальную ресурсо-сохраняющую функцию без отрицательных последствий на единицу площади
—свойство быстро восстанавливаться.

В каких пределах осуществляется региональный мониторинг:
— в пределах конкретного населенного пункта, промышленного объекта или озера
— в пределах государства
— в пределах административно-управленческих подразделений, природных зон или районов
— в пределах природных зон.

Какой метод переработки отходов в России нашел наибольшее применение:
— переработка отходов на мусороперерабатывающих заводах
— захоронение на полигонах и неорганизованных свалках
— использование селективного сбора ТБО
— применяются все перечисленные.

Отходы первого класса должны перевозиться:
— в деревянной таре
— насыпаться в кузов без тары
— в специальных герметичных контейнерах
— в обычных мешках.

Какой должен быть сбор для ТБО с целью его более рациональной переработки:
— отделять только опасные вещества от остального
— смешение ТБО с последующим разделением
— бессистемный сбор
— раздельный сбор каждого компонента.

Что из перечисленного входит в основные принципы государственной политики в области обращения с отходами:

— обеспечение благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха человека

— комплексная переработка материально – сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов

— недопущение необратимых последствий загрязнения атмосферного воздуха для окружающей природной среды

— все перечисленное.

Какие виды контроля не осуществляют при обращении с отходами:

— государственный контроль

— производственный контроль

— общественный контроль

— контроль за животным миром.

Какой способ решения проблемы накопления отходов в окружающей среде является наиболее эффективным:

— повторное использование материальных ресурсов

— заполнение отходами пустот земной коры

— увеличение количества мусоросжигательных заводов

— расширение площадей свалок и полигонов.

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Ответ считается правильным, если в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ.

3.2 Примеры теоретических вопросов для подготовки к экзамену:

1. Парниковый эффект, озоновые дыры и кислотные дожди, как последствия действия неправильного обращения с отходами.
2. Экологический словарь. Основные понятия и термины.
3. Общие правовые принципы обращения с отходами.
4. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления».
5. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
6. Нормативные акты в области обращения с отходами.
7. Классификация отходов горного производства. Классификация отходов по источнику возникновения.
8. Классификация отходов по агрегатному состоянию.
9. Классификация отходов по токсичности и опасности.
10. Общие сведения о международных соглашениях по обращению с отходами.
11. Понятие, объект и субъекты экологических правонарушений.
12. Дисциплинарная ответственность за нарушение правил обращения с отходами производства и потребления.
13. Гражданско-правовая ответственность и возмещение экологического вреда и т.п.
14. Законодательные основы регулирования обращения с отходами.

15. Государственный контроль за деятельностью в области обращения с отходами.
16. Функция паспортизации.
17. Функция сертификации.
18. Виды деклараций, связанных с охраной окружающей среды.
19. Основные тенденции решения проблемы отходов.
20. Основные принципы организации малоотходных или чистых технологических процессов.
21. Территориально-производственные комплексы и эколого-промышленные парки.
22. Общее представление о проектном исследовании (воздействие отходов предприятий горнопромышленного комплекса на окружающую среду).
23. Порядок составления и выдачи исходных данных на проектирование (воздействие отходов предприятий горнопромышленного комплекса на окружающую среду).
24. Характеристика ТБО в доисторическое время и в древнем мире.
25. Технология захоронения отходов.
26. Закрытие полигона и передача участка под дальнейшее использование.
27. Технологии захоронения отходов, применяемые в России.
28. Общая характеристика, количество и нормы накопления ТБО, морфологический и гранулометрический состав, физические свойства.
29. Методы обезвреживания и утилизации ТБО и их использование.
30. Контроль соблюдения требований охраны окружающей среды.
31. Расчёт вместимости полигона.
32. Бактериологическое и химическое загрязнение почв в зоне влияния свалок ТБО.
33. Методы высокотемпературной переработки ТБО.
34. Бактериологическое и химическое загрязнение поверхностных и подземных вод в зоне влияния свалок ТБО.
35. Принципы расчёта затрат на сбор твердых бытовых отходов.
36. Свалочный газ, механизм образования, экологическая и пожарная опасность.
37. Машины и механизмы, используемые для уборки и санитарной очистки населенных мест от ТБО.
38. Система сбора ТБО, раздельный сбор отходов.
39. Основные положения экологической политики в области ТБО (контроль формирования количества и состава ТБО).
40. Технические средства для сбора и вывоза ТБО.

Критерием оценки за теоретический вопрос определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос	Количество баллов
Полнота и последовательность ответа	0-3
Логичность изложения материала	0-3
Умение анализировать материал	0-3
Соблюдение норм литературной речи	0-2
Владение профессиональной лексикой	0-2
Степень использования и понимания научных, нормативных источников	0-2
Итого	0-15

3.3 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание:

34-40 баллов (85-100%) - оценка «отлично»
28-33 баллов (70-84%) - оценка «хорошо»
20-27 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-19 баллов (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

3.4 Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

85 - 100 баллов (85% - 100%) – оценка «отлично».
70 - 84 баллов (70% - 84%) – оценка «хорошо»;
50 - 69 баллов (50% - 69 %) – оценка «удовлетворительно»;
0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно»;

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания умений, знаний, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Экзамен– форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена – завершить курс освоения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных умений, определить сформированность компетенций.

Экзамен подводит итог всей учебной работы по данной дисциплине.

При подготовке к экзамену прежде всего необходимо запоминать определение каждого понятия, так как именно в нем фиксируются признаки, показывающие его сущность и позволяющие отличать данную категорию от других. В процессе заучивания определений конкретных понятий обучающийся «наращивает» знания. Название дисциплины имеет свою систему понятий, и обучающийся через запоминание конкретной учебной информации приобщается к данной системе, «поднимается» до ее уровня, говорит на ее языке (не пытаясь объяснить суть той или иной категории с помощью обыденных слов).

Однако преподаватель на экзамене проверяет не столько уровень запоминания учебного материала, сколько то, как обучающийся понимает те или иные категории и реальные проблемы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию, объяснять заученную дефиницию.

Таким образом, необходимо разумно сочетать запоминание и понимание, простое воспроизводство учебной информации и работу мысли.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену по дисциплине необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками, ресурсами интернета, научной и научно –популярной литературой, словарем, демонстрационными листами (раздаточным материалом) и другими источниками сведений**.**

На выполнение экзаменационного задания обучающегося дается 90 минут.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Стифеев, А. И. Система рационального использования и охрана земель : учебное пособие / А. И. Стифеев, Е. А. Бессонова, О. В. Никитина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 168 с.— URL: https://e.lanbook.com/book/113924	Эл. ресурс
2	Экономика, организация, управление природными и техногенными ресурсами : учебное пособие / В. Г. Гридин, А. Р. Калинин, А. А. Кобяков, А. В. Корчак. — Москва : Горная книга, 2012. — 752 с.— URL: https://e.lanbook.com/book/74397	Эл. ресурс
3	Коновалова, Е. В. Агроэкологические основы ремедиации нефтезагрязненных почв в криоаридных условиях Забайкалья : монография / Е. В. Коновалова, Т. М. Корсунова. — Улан-Удэ : Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2014. — 109 с. —URL: https://e.lanbook.com/book/138756	Эл. ресурс
5	Голованов, А. И. Рекультивация нарушенных земель : учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин ; под редакцией Голованова А.И. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 336 с. —URL: https://e.lanbook.com/book/60650	Эл. ресурс

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Научно-практический журнал «Экология производства» https://promo.ecoindustry.ru/	Эл. ресурс
2	Михеев, Н. В. Рекультивация : учебное пособие / Н. В. Михеев. — Новочеркасск : Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ, 2019. — 160 с. —URL: https://e.lanbook.com/book/133418	Эл. ресурс
3	Акимов, А. А. Рекультивация земель : учебное пособие / А. А. Акимов. — Тверь : Тверская ГСХА, 2018. — 53 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/134148	Эл. ресурс

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области *http://www.mprso.ru*

Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]: содержит электронные версии книг, учебников, монографий, сборников научных трудов как отечественных, так и зарубежных авторов, периодических изданий. Режим доступа: http://www.rbc.ru

Издательство "Лань" [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система: содержит электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. – Москва, 2010– . Режим доступа: http://e.lanbook.com.

Научно-практический журнал «Экология производства» https://promo.ecoindustry.ru/

6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office Professional 2010

Информационные справочные системы

ИПС «КонсультантПлюс»

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования
https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri
E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.ДВ.01.02.02 РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Направление подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Направленность (профиль)
Урбоэкология и природоохранное обустройство территорий горных и нефтегазовых предприятий

формы обучения: очная, заочная, очно-заочная

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
Природообустройства и водопользования
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Гревцев Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023
(Дата)

Екатеринбург

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ»

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультанциях и домашней подготовке.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Предназначение самостоятельной работы:

- для усвоения материала дисциплины,
- для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной, профессиональной деятельности,
- для приобретения способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения и т. д.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- стимулирование самообразования и самовоспитания
- развитие способности планировать и распределять свое время. Кроме того, самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций в процессе изучения дисциплины:

- Способен осуществлять контроль деятельности в области обращения с отходами (**ПК-1.2**);

- Способен и готов к планированию и документальному оформлению природоохранной деятельности организации, разработке алгоритма экологического обеспечения производства новой продукцией в организации, проведению экологического анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования в организации (**ПК-1.3**).

2 ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа бакалавров по данной дисциплине предполагает:

- самостоятельный поиск ответов и необходимой информации по предложенным вопросам;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение теоретического и лекционного материала, а также основной и дополнительной литературы при подготовке к семинарским занятиям, написании докладов;
- самостоятельное изучение отдельных вопросов, не рассматриваемых на практических занятиях;
- подготовка к контрольным работам по темам, предусмотренным программой данного курса;
- выполнение индивидуальных заданий по отдельным темам дисциплины

Самостоятельная работа включает в себя подготовку к лекционным и практическим занятиям, а также подготовку к экзамену.

Виды самостоятельной работы студентов, формы отчетности и контроля

Вид самостоятельной работы	**Формы отчетности и контроля**
1. Работа с опорным конспектом	Составление и проверка конспектов
2.Письменные практико-ориентированные задания	Проверка работ
3. Подготовка докладов, сообщений	Выступление с докладом и сообщением.
4. Работа с экзаменационными тестовыми вопросами	Проверочное тестирование
5. Работа с экзаменационными вопросами	Экзамен

Подготовка к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию, экзамену.

В процессе подготовки к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

2.1 Подготовка к выполнению практико-ориентированных задании

Выполнение практико-ориентированных задании имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях.

2.1.1 Методические рекомендации:

Оформление отчета по практико-ориентированным заданиям (далее «документа») осуществляется в соответствии с требованиями государственных стандартов и университета.

Отчет выполняется печатным способом с использованием компьютера.

Каждая страница текста, включая иллюстрации и приложения, нумеруется арабскими цифрами, кроме титульного листа и содержания, по порядку без пропусков и повторений. Номера страниц проставляются, начиная с введения (третья страница), в центре нижней части листа без точки.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

Рекомендуемым типом шрифта является Times New Roman, размер которого 14 pt (пунктов) (на рисунках и в таблицах допускается применение более мелкого размера шрифта, но не менее 10 pt).

Текст печатается через 1,5-ый интервал, красная строка – 1,25 см.

Цвет шрифта должен быть черным, необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах и формулах, применяя курсив, полужирный шрифт не применяется.

2.1.2 Правила оформления наименований и нумерации структурных элементов, глав и параграфов

Документ должен включать следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, приложения (является дополнительным элементом). Основной текст может быть разделен на разделы и параграфы.

Каждый структурный элемент документа (титульный лист, содержание, введение, заключение, приложение) и разделы необходимо начинать с новой страницы. Следующий параграф внутри одного раздела начинается через 2 межстрочных интервала на том же листе, где закончился предыдущий.

Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом, заголовками главы и параграфа, заголовком параграфа и текстом составляет 2 межстрочных интервала.

Наименования структурных элементов письменной работы («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЕ») служат заголовками структурных элементов. Данные наименования пишутся по центру страницы без точки в конце прописными (заглавными) буквами, не подчеркивая.

Разделы, параграфы должны иметь заголовки. Их следует нумеровать арабскими цифрами и записывать по центру страницы прописными (заглавными) буквами без точки в конце, не подчеркивая. Номер раздела указывается цифрой (например, 1, 2, 3), номер параграфа включает номер раздела и порядковый номер параграфа, разделенные точкой (например, 1.1, 2.1, 3.3). После номера раздела и параграфа в тексте точку не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Не допускается писать заголовок параграфа на одном листе, а его текст – на другом.

В содержании работы наименования структурных элементов указываются с левого края страницы, при этом первая буква наименования является прописной (заглавной), остальные буквы являются строчными, например:

Введение

1 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

2.1.3 Правила оформления сокращений и аббревиатур

Сокращение русских слов и словосочетаний допускается при условии соблюдения требований ГОСТ 7.12–93 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

В тексте письменной работы допускаются общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами орфографии и соответствующими нормативными документами, например: год – г., годы – гг., и так далее – и т. д., метр – м, тысяч – тыс., миллион – млн, миллиард – млрд, триллион – трлн, страница – с., Российская Федерация – РФ, общество с ограниченной ответственностью – ООО.

При использовании авторской аббревиатуры необходимо при первом ее упоминании дать полную расшифровку, например: «… Уральский государственный горный университет (далее – УГГУ)…».

Не допускается использование сокращений и аббревиатур в заголовках письменной работы, глав и параграфов.

2.1.4 Правила оформления перечислений

При необходимости в тексте работы могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис (иные маркеры не допустимы). Например:

«….заключение содержит:

- краткие выводы;
- оценку решений;
- разработку рекомендаций.»

При необходимости ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

2.1.5 Правила оформления рисунков

В письменной работе для наглядности, уменьшения физического объема сплошного текста следует использовать иллюстрации – графики, схемы, диаграммы, чертежи, рисунки и фотографии. Все иллюстрации именуются рисунками. Их количество зависит от содержания работы и должно быть достаточно для того, чтобы придать ей ясность и конкретность.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте работы, например: «... в соответствии с рисунком 2 …» или «… тенденцию к снижению (рисунок 2)».

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые (при наличии достаточного пространства для помещения рисунка со всеми поясняющими данными), или на следующей странице. Если рисунок достаточно велик, его можно размещать на отдельном листе. Допускается поворот рисунка по часовой стрелке (если он выполнен на отдельном листе). Рисунки, размеры которых больше формата А4, учитывают как одну страницу и помещают в приложении.

Рисунки, за исключением рисунков в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждый рисунок (схема, график, диаграм-

ма) обозначается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:



Рисунок 1 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, рисунок А.3).

Если рисунок взят из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

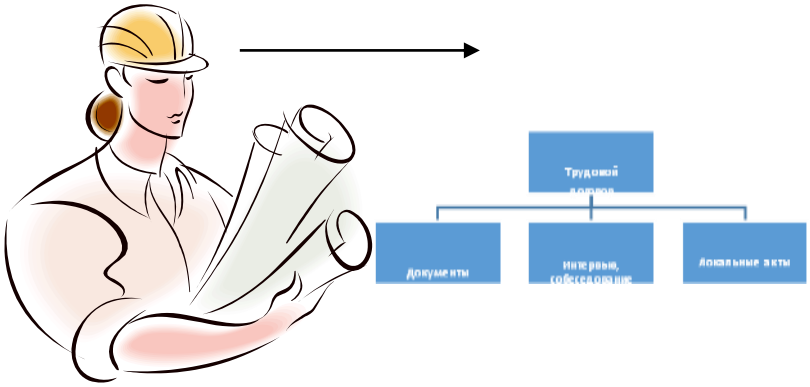
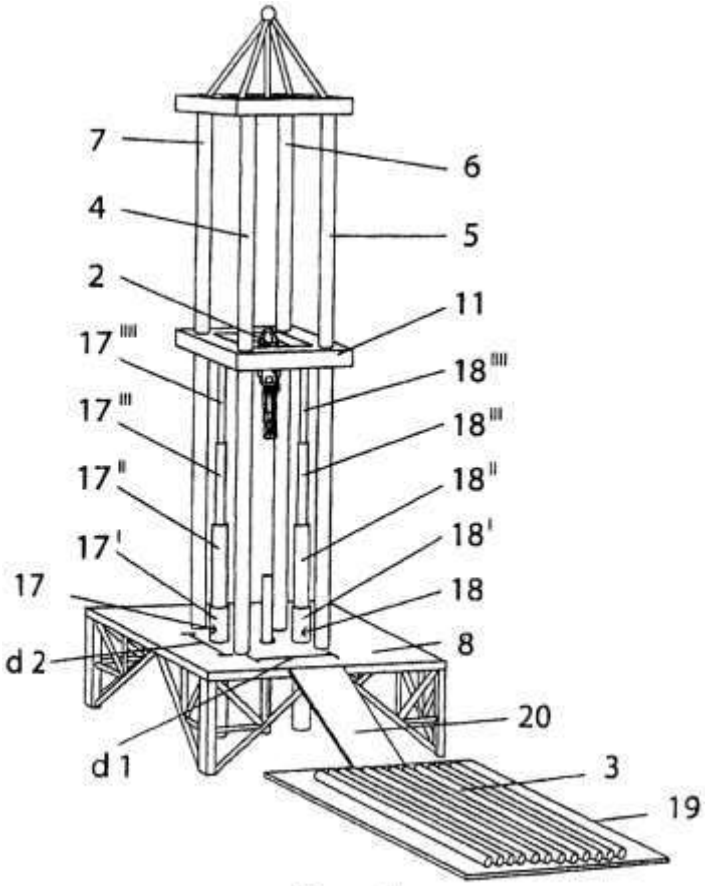


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

Если рисунок является авторской разработкой, необходимо после заголовка рисунка поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников он составлен, например:



Фиг.4

Рисунок 2 – Буровая установка,……[1]

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

2.1.6 Правила оформления таблиц

В письменной работе фактический материал в обобщенном и систематизированном виде может быть представлен в виде таблицы для наглядности и удобства сравнения показателей.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера, например: «…в таблице 2 представлены …» или «… характеризуется показателями (таблица 2)».

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы, за исключением таблиц в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждая таблица должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

Если таблица является авторской разработкой, необходимо после заголовка таблицы поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников она составлена, например:

Таблица 3 – Количество оборудования[1]

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	7

Располагают таблицы на странице обычно вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем графа с наименованиями показателей должна размещаться в левой части страницы. Слева, справа и снизу таблицы ограничивают линиями.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы. На странице, на которую перенесена часть таблицы, слева пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

Если таблица переносится, то на странице, где помещена первая часть таблицы, нижняя ограничительная линия таблицы не проводится. Это же относится к странице (страницам), где помещено продолжение (продолжения) таблицы. Нижняя ограничительная линия таблицы проводится только на странице, где помещено окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Примечания к таблице (подтабличные примечания) размещают непосредственно под таблицей в виде: а) общего примечания; б) сноски; в) отдельной графы или табличной строки с заголовком. Выделять примечание в отдельную графу или строку целесообразно лишь тогда, когда примечание относится к большинству строк или граф. Примечания к отдельным заголовкам граф или строк следует связывать с ними знаком сноски. Общее примечание ко всей таблице не связывают с ней знаком сноски, а помещают после заголовка «Примечание» или «Примечания», оформляют как внутритекстовое примечание.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте работы, но не менее 10 pt.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если показатели таблицы выражены в разных единицах измерения, то обозначение единицы измерения указывается после наименования показателя через запятую. Допускается при необходимости выносить в отдельную графу обозначения единиц измерения.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Если предыдущая фраза является частью последующей, то допускается заменить ее словами «То же» и добавить дополнительные сведения. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять. Если в ячейке таблицы приведен текст из нескольких предложений, то в последнем предложении точка не ставится.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных материалов, марок материалов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Если таблицы размещены в приложении, их нумерация имеет определенные особенности. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельной нумерацией арабскими цифрами. При этом перед цифрой, обозначающей номер таблицы в приложении, ставится буква соответствующего приложения, например:

Таблица В.1.– Динамика показателей за 2016–2017 гг.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении (допустим, В).

Расчетно-практические работы выполняется в печатном виде на листах формата А4. На титульном листе указываются реквизиты вуза, кафедры, а также наименование расчетно-практической работы с фамилией и инициалами студента и преподавателя, проверяющего данную работу, номер варианта, который определяется преподавателем индивидуально для каждого студента.

Критерием оценки за практико-ориентированные задания определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
Верность выполнения расчетов	0-1
Соответствие требованиям оформления	0-1
Владение профессиональной лексикой	0-1
Умение анализировать материал	0-1
Полнота и последовательность ответа	0-1
	0-5

2.2. Подготовка доклада с презентацией

2.2.1 Методические рекомендации:

Презентация, это демонстрация возможности студента и его способности организации в наглядной форме основных положений доклада в соответствии с современными требованиями и с использованием современных информационных технологий. Презентация выполняется в программе PowerPoint.

Подготовка презентации предполагает следующие пошаговые действия:

1.Подготовка доклада.

2. Разработка структуры презентации

3. Создание презентации в Power Point

4. Репетиция доклада с использованием презентации

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. В первую очередь необходимо составить сам текст доклада, во вторую очередь - создать презентацию.

Очередность слайдов должна четко соответствовать структуре в доклада. Не планируйте в процессе доклада возвращаться к предыдущим слайдам или перелистывать их вперед, это усложнит процесс и может сбить ход ваших рассуждений.

Не пытайтесь отразить в презентации весь текст доклада! Слайды должны демонстрировать лишь основные положения доклада. Слайды не должны быть перегружены графической и текстовой информацией, различными эффектами анимации.

Презентация должна состоять из 10-20 слайдов.

2.2.2 Дизайн слайдов.

Оформление слайдов не должно отвлекать внимание от защищающегося – это всего лишь вспомогательный материал.

Дизайн должен быть единый. Текст должен быть четко виден на фоне и легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. Рекомендуется использовать один вид шрифта, простой печатный черного или темно-синего цвета, вместо экзотических и витиеватых шрифтов. Лучше использовать одну цветовую гамму во всей презентации, а не различные стили для каждого слайда.

Особое внимание к деталям.

Каждый элемент должен быть тщательно подготовлен: все рисунки и фотографии очищены от лишних надписей.

Текстовые объекты.

Оптимальное число строк на слайде—от 6 до 11. Перегруженность и мелкий шрифт тяжелы для восприятия.

Пункты перечней должны быть выполнены короткими фразами, оптимально — одна строка, максимум—две. Шрифт для заголовков 24 -34 пункта; для информационного текста 18-22 пункта; для надписей – обозначений в рисунках на объектах не ниже 12 пункта.

Рекомендуется цветом или жирным шрифтом выделять те их ключевые фрагменты, на которых Вы останавливаетесь при обсуждении.

В презентации желательны чертежи, рисунки, схемы и другой графический материал, иллюстрирующий основные положения доклада.

Оформление таблиц и рисунков.

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной в презентации.

Порядковый номер таблицы и название таблицы проставляются выше таблицы. Порядковый номер рисунка и его название проставляются под рисунком.

2.2.3 Структура выступления

Вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

2.2.4 Примерная тематика докладов с презентацией:

- Возникновение отходов как результат деятельности человека.
- Полигонное захоронение отходов.
- Проблемы прогнозирования изменений окружающей среды.
- Размещение и утилизация отходов производства.
- Обращение с отходами потребления.
- Мероприятия по охране окружающей среды при функционировании горнодобывающих предприятий угольной и металлургической промышленности.
- Техногенные аварии и природные катастрофы.
- Полигоны твердых бытовых отходов и их экологическая роль.
- Обезвреживание и использование отходов растениеводства и животноводства.
- Способы рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами, их оценка и эффективность.
- Отходы металлургии и их переработка.
- Морфологическое строение, свойства почв и режим заболачивания.
- Общая схема осушительных мелиораций.
- Мелиоративные требования к проектированию и производству планировочных работ.
- Оросительная система и ее элементы. Классификация оросительных систем.
- Потери воды на испарение и фильтрацию из каналов.
- Противофильтрационные мероприятия, их мелиоративная оценка.
- Конструкция каналов в земляном русле.
- Горизонтальный, вертикальный, комбинированный дренаж. Условия применения, конструкции.
- Потребности в осушительных мелиорациях и их задачи. Виды осушаемых земель.
- Требования сельскохозяйственного производства к водному режиму осушаемых земель.
- Водный баланс как метод количественной оценки водного режима осушаемых земель и типов водного питания.
- Основные методы осушения, элементы осушительных систем и схемы осушения.
- Проводящая сеть. Ее назначение и работа по приему и отводу избыточных вод. Элементы проводящей сети.
- Ограждающая сеть. Назначение ее и действие по перехвату и отводу поверхностных и грунтовых вод.

Критерием оценки за доклад с презентацией определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки доклада	Количество баллов
правильность представления материала	0-0,5
соответствие требованиям оформления презентации	0-0,5
всесторонность и глубина ответов на вопросы (полнота)	0-2
Итого	0-3

3. Подготовка к экзамену

Экзамен по дисциплине проводится в письменной форме по билетам.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Экзаменационный билет на зачет включает в себя 10 тестовых заданий и два теоретических вопроса.

Ответ на теоретический вопрос, требующий изложения, должен быть представлен в виде грамотно изложенного, связного текста, позволяющего проследить логику рассуждений, лежащих в основе сделанных выводов. Ответ, представляющий бессвязный набор определений и иных положений, рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный экзамен может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк).

На экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на уточнение мысли и действий студента.

Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля

Форма и описание контрольного мероприятия	Балловая стоимость контрольного мероприятия	Критерии начисления баллов
Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний обучающегося	0-10 баллов (10 вопросов)	Правильность ответов
Теоретический вопрос - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	0-15 баллов (2 вопроса)	Полнота и последовательность ответа на вопрос (верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов и т.д.), степень использования и понимания научных, нормативных источников, демонстрация умения анализировать материал, соблюдение норм литературной речи, владение профессиональной лексикой
Итого	40 баллов	

3.1 Пример тестового задания:

Метод для оценки состояния окружающей среды, где используют видеосъемку со спутниковых систем называется:

— биоиндикационный

— электрохимический
— аэрокосмический (Динамический)
— колориметрический

Метод, основанный на оценки состояния природной среды при помощи живых организмов называется:
— аэрокосмическим
— колориметрическим
— биоиндикационным
— титриметрическим

Прибор для измерения количества воздуха или какого-либо другого газа, проходящего через исследовательскую аппаратуру это:
— аспиратор
— реометр
— барометр
— анемометр

Какой пост наблюдения предназначен для отбора проб воздуха под дымовым факелом:
— передвижной
— Пост-1
— Пост-2
— стационарный

Загрязнение, затрагивающее наследственные свойства организма и вызывающее изменения, которые могут проявиться в последующих поколениях, называется:
— шумовым
— радиоактивным
— физическим
— химическое

Размеры биосферы по вертикали:
— примерно 33-39 км
— около 15-20 км
— примерно 10 км
— немногим больше 40 км

Биосфера охватывает:
— верхние слои атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами
— нижняя часть атмосферы, верхние слои гидросферы и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами
— нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами
— верхние слои атмосферы, нижняя часть гидросферы и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами

Основные гигиенические нормативы для химических загрязнений– это:

— ПДУ
— ПДК
— ПДС
— ПДВ

В задачи службы экологического мониторинга не входит:

— проведение долгосрочных наблюдений с помощью авиационных и космических методов
— контроль параметров среды в особо опасных районах
— контроль за выполнением природоохранного законодательства
— прогнозирование изменения состояния природных объектов

Сокращенная программа наблюдений за атмосферным воздухом предназначена для:

— получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 ч местного времени
— получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях
— с целью получения информации только о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 ч местного времени
— получения информации о среднесуточной концентрации

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Ответ считается правильным, если в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ.

3.2 Примеры теоретических вопросов для подготовки к экзамену:

1.Понятие «геосистема» (ландшафт). Компоненты ландшафта и ландшафтообразующие факторы. Свойства геосистем и ландшафтов
2. Устойчивость геосистем. Классификация функций ландшафтов. Смена функций ландшафта. Этапы функционального анализа
3. Техногенные воздействия на геосистемы. Природно-техногенные комплексы
4. Принципы создания культурных ландшафтов. Основы систематизации и организации территории ландшафта
5. Основные законы движения веществ и энергии в геосистемах, моделирование.
6.Движение воздушных масс и загрязнителей
7. Круговорот воды в природе, движение почвенной влаги и подземных вод
8. Геохимический круговорот веществ. Биогеохимические барьеры
9. Биотический круговорот веществ
10. Характер антропогенных воздействий на окружающую среду. Основные факторы взаимодействия общества и природы на современном этапе
11. Проблемы охраны окружающей среды на современном этапе. Загрязнение и истощение природной среды, причины загрязнения и разрушения. Техногенные аварии и природные катастрофы
12. Экологический кризис и экологические катастрофы. Основные причины и пути выхода из экологического кризиса
13. Охрана атмосферного воздуха. Источники и состав загрязнений атмосферы. Последствия загрязнения атмосферы и мероприятия по снижению загрязнения воздушной среды

14. Охрана и рациональное использование водных ресурсов. Основные источники загрязнения природных вод. Охрана водных ресурсов. Основные методы предотвращения загрязнения водных объектов
15. Охрана и рациональное использование недр и земель. Воздействие горнодобывающей промышленности на окружающую среду
16. Современные экологические концепции и основные положения экологической доктрины.
17. Энергия и общество. Мировые тенденции развития энергетики
18. Энергетические ресурсы и проблемы окружающей среды
19. Общепроблемные вопросы экологии энергетики
20. Экологические проблемы нефтеперерабатывающей отрасли. Характеристика состояния окружающей природной среды
21. Природоохранные мероприятия и рекомендации по предотвращению ущерба окружающей среде при добыче углеводородного сырья
22. Этапы рекультивации природно-техногенных ландшафтов
23. Рекультивация и обустройство карьеров нерудных материалов при сухой выемке грунта
24. Рекультивация и обустройство обводненных карьеров
25. Рекультивация выработанных площадей торфяных месторождений
26. Рекультивация и обустройство отвалов и насыпей
27. Рекультивация и обустройство нарушенных земель свалками и полигонами. Твердые отходы и санитарные захоронения
28. .Рекультивация земель, нарушенных при строительстве и эксплуатации линейных сооружений
29. Противоэрозионные мероприятия, проводимые при рекультивации земель
30. Рекультивация земель, загрязненных пестицидами
31. Малоотходное и безотходное производство. Концепция и основные пути создания безотходных и малоотходных технологии
32. Рациональное управление природными ресурсами
33. Современные методы и подходы к рациональному использованию природных ресурсов. Новые технологии и материалы
34. Основные понятия и структура мониторинга.
35. Основные виды мониторинга. Фоновый мониторинг
36. Утилизация осадков городских сточных вод
37. Оценка качества окружающей природной среды
38. Экологический контроль и экологическая экспертиза воздействия на окружающую среду
39. Эколого-экономическая оптимизация природопользования
40. Организационные, технологические и технические подходы и методы минимизации воздействия производств на окружающую среду

Критерием оценки за теоретический вопрос определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос	Количество баллов
Полнота и последовательность ответа	0-3
Логичность изложения материала	0-3
Умение анализировать материал	0-3
Соблюдение норм литературной речи	0-2
Владение профессиональной лексикой	0-2
Степень использования и понимания научных, нормативных источников	0-2
Итого	0-15

3.3 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание:

34-40 баллов (85-100%) - оценка «отлично»
28-33 баллов (70-84%) - оценка «хорошо»
20-27 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-19 баллов (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

3.4 Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

85 - 100 баллов (85% - 100%) – оценка «отлично».
70 - 84 баллов (70% - 84%) – оценка «хорошо»;
50 - 69 баллов (50% - 69 %) – оценка «удовлетворительно»;
0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно»;

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания умений, знаний, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Экзамен– форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена – завершить курс освоения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных умений, определить сформированность компетенций.

Экзамен подводит итог всей учебной работы по данной дисциплине.

При подготовке к экзамену прежде всего необходимо запоминать определение каждого понятия, так как именно в нем фиксируются признаки, показывающие его сущность и позволяющие отличать данную категорию от других. В процессе заучивания определений конкретных понятий обучающийся «наращивает» знания. Название дисциплины имеет свою систему понятий, и обучающийся через запоминание конкретной учебной информации приобщается к данной системе, «поднимается» до ее уровня, говорит на ее языке (не пытаясь объяснить суть той или иной категории с помощью обыденных слов).

Однако преподаватель на экзамене проверяет не столько уровень запоминания учебного материала, сколько то, как обучающийся понимает те или иные категории и реальные проблемы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию, объяснять заученную дефиницию.

Таким образом, необходимо разумно сочетать запоминание и понимание, простое воспроизводство учебной информации и работу мысли.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену по дисциплине необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно

подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками, ресурсами интернета, научной и научно –популярной литературой, словарем, демонстрационными листами (раздаточным материалом) и другими источниками сведений**.**

На выполнение экзаменационного задания обучающегося дается 90 минут.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Рекультивация нефтезагрязненных земель : учебное пособие / В.Г. Парфенов, Ю.В. Сивков. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2015 – 96 с.	Эл. ресурс
2	Коновалова, Е. В. Агроэкологические основы ремедиации нефтезагрязненных почв в криоаридных условиях Забайкалья : монография / Е. В. Коновалова, Т. М. Корсунова. — Улан-Удэ : Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2014. — 109 с. —URL: https://e.lanbook.com/book/138756	Эл. ресурс
3	Влияние мелиорантов на биологическое состояние чернозема при нефтезагрязнении : монография / Т. В. Минникова, С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, Ю. В. Акименко. — Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2019. — 92 с. —URL: https://e.lanbook.com/book/141053	Эл. ресурс
5	Голованов, А. И. Рекультивация нарушенных земель : учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин ; под редакцией Голованова А.И. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 336 с. —URL: https://e.lanbook.com/book/60650	Эл. ресурс

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Научно-практический журнал «Экология производства» https://promo.ecoindustry.ru/	Эл. ресурс
2	Михеев, Н. В. Рекультивация : учебное пособие / Н. В. Михеев. — Новочеркасск : Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ, 2019. — 160 с. —URL: https://e.lanbook.com/book/133418	Эл. ресурс
3	Акимов, А. А. Рекультивация земель : учебное пособие / А. А. Акимов. — Тверь : Тверская ГСХА, 2018. — 53 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/134148	Эл. ресурс

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области *http://www.mprso.ru*

Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]: содержит электронные версии книг, учебников, монографий, сборников научных трудов как отечественных, так и зарубежных авторов, периодических изданий. Режим доступа: http://www.rbc.ru

Издательство "Лань" [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система: содержит электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. – Москва, 2010– . Режим доступа: http://e.lanbook.com.

Научно-практический журнал «Экология производства» https://promo.ecoindustry.ru/

6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office Professional 2010
3. Acrobat Reader DC
4. PowerPoint 2010 и выше

Информационные справочные системы

ИПС «КонсультантПлюс»

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования
https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri
E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.ДВ.01.02.03 РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Направление подготовки

20.03.02 Природообустройство и водопользование

Направленность (профиль)

Урбоэкология и природоохранное обустройство территорий горных и нефтегазовых предприятий

формы обучения: очная, заочная, очно-заочная

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
Природообустройства и водопользования
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Гревцев Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023
(Дата)

Екатеринбург

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ»

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультанциях и домашней подготовке.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Предназначение самостоятельной работы:

- для усвоения материала дисциплины,
- для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной, профессиональной деятельности,
- для приобретения способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения и т. д.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- стимулирование самообразования и самовоспитания
- развитие способности планировать и распределять свое время. Кроме того, самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций в процессе изучения дисциплины:

- Способен принимать профессиональные решения и соблюдать установленную технологическую дисциплину при строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования (**ПК-1.4**);

- Способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (**ПК-1.7**).

2 ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа бакалавров по данной дисциплине предполагает:

- самостоятельный поиск ответов и необходимой информации по предложенным вопросам;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение теоретического и лекционного материала, а также основной и дополнительной литературы при подготовке к семинарским занятиям, написании докладов;
- самостоятельное изучение отдельных вопросов, не рассматриваемых на практических занятиях;
- подготовка к контрольным работам по темам, предусмотренным программой данного курса;
- выполнение индивидуальных заданий по отдельным темам дисциплины

Самостоятельная работа включает в себя подготовку к лекционным и практическим занятиям, а также подготовку к экзамену.

Виды самостоятельной работы студентов, формы отчетности и контроля

Вид самостоятельной работы	**Формы отчетности и контроля**
1. Работа с опорным конспектом	Составление и проверка конспектов
2.Письменные практико-ориентированные задания	Проверка работ
3. Подготовка докладов, сообщений	Выступление с докладом и сообщением.
4. Работа с экзаменационными вопросами	Экзамен

Подготовка к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию, экзамену.

В процессе подготовки к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

2.1 Подготовка к выполнению практико-ориентированных задании

Выполнение практико-ориентированных задании имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях.

2.1.1 Методические рекомендации:

Оформление отчета по практико-ориентированным заданиям (далее «документа») осуществляется в соответствии с требованиями государственных стандартов и университета.

Отчет выполняется печатным способом с использованием компьютера.

Каждая страница текста, включая иллюстрации и приложения, нумеруется арабскими цифрами, кроме титульного листа и содержания, по порядку без пропусков и повторений. Номера страниц проставляются, начиная с введения (третья страница), в центре нижней части листа без точки.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

Рекомендуемым типом шрифта является Times New Roman, размер которого 14 pt (пунктов) (на рисунках и в таблицах допускается применение более мелкого размера шрифта, но не менее 10 pt).

Текст печатается через 1,5-ый интервал, красная строка – 1,25 см.

Цвет шрифта должен быть черным, необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах и формулах, применяя курсив, полужирный шрифт не применяется.

2.1.2 Правила оформления наименований и нумерации структурных элементов, глав и параграфов

Документ должен включать следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, приложения (является дополнительным элементом). Основной текст может быть разделен на разделы и параграфы.

Каждый структурный элемент документа (титульный лист, содержание, введение, заключение, приложение) и разделы необходимо начинать с новой страницы. Следующий параграф внутри одного раздела начинается через 2 межстрочных интервала на том же листе, где закончился предыдущий.

Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом, заголовками главы и параграфа, заголовком параграфа и текстом составляет 2 межстрочных интервала.

Наименования структурных элементов письменной работы («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЕ») служат заголовками структурных элементов. Данные наименования пишутся по центру страницы без точки в конце прописными (заглавными) буквами, не подчеркивая.

Разделы, параграфы должны иметь заголовки. Их следует нумеровать арабскими цифрами и записывать по центру страницы прописными (заглавными) буквами без точки в конце, не подчеркивая. Номер раздела указывается цифрой (например, 1, 2, 3), номер параграфа включает номер раздела и порядковый номер параграфа, разделенные точкой (например, 1.1, 2.1, 3.3). После номера раздела и параграфа в тексте точку не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Не допускается писать заголовок параграфа на одном листе, а его текст – на другом.

В содержании работы наименования структурных элементов указываются с левого края страницы, при этом первая буква наименования является прописной (заглавной), остальные буквы являются строчными, например:

Введение

1 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

2.1.3 Правила оформления сокращений и аббревиатур

Сокращение русских слов и словосочетаний допускается при условии соблюдения требований ГОСТ 7.12–93 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

В тексте письменной работы допускаются общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами орфографии и соответствующими нормативными документами, например: год – г., годы – гг., и так далее – и т. д., метр – м, тысяч – тыс., миллион – млн, миллиард – млрд, триллион – трлн, страница – с., Российская Федерация – РФ, общество с ограниченной ответственностью – ООО.

При использовании авторской аббревиатуры необходимо при первом ее упоминании дать полную расшифровку, например: «… Уральский государственный горный университет (далее – УГГУ)…».

Не допускается использование сокращений и аббревиатур в заголовках письменной работы, глав и параграфов.

2.1.4 Правила оформления перечислений

При необходимости в тексте работы могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис (иные маркеры не допустимы). Например:

«….заключение содержит:
- краткие выводы;
- оценку решений;
- разработку рекомендаций.»

При необходимости ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;
б) …;
1) …;
2) …;
в) …

2.1.5 Правила оформления рисунков

В письменной работе для наглядности, уменьшения физического объема сплошного текста следует использовать иллюстрации – графики, схемы, диаграммы, чертежи, рисунки и фотографии. Все иллюстрации именуются рисунками. Их количество зависит от содержания работы и должно быть достаточно для того, чтобы придать ей ясность и конкретность.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте работы, например: «... в соответствии с рисунком 2 …» или «… тенденцию к снижению (рисунок 2)».

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые (при наличии достаточного пространства для помещения рисунка со всеми поясняющими данными), или на следующей странице. Если рисунок достаточно велик, его можно размещать на отдельном листе. Допускается поворот рисунка по часовой стрелке (если он выполнен на отдельном листе). Рисунки, размеры которых больше формата А4, учитывают как одну страницу и помещают в приложении.

Рисунки, за исключением рисунков в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждый рисунок (схема, график, диаграмма) обозначается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:



…

Рисунок 1 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, рисунок А.3).

Если рисунок взят из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

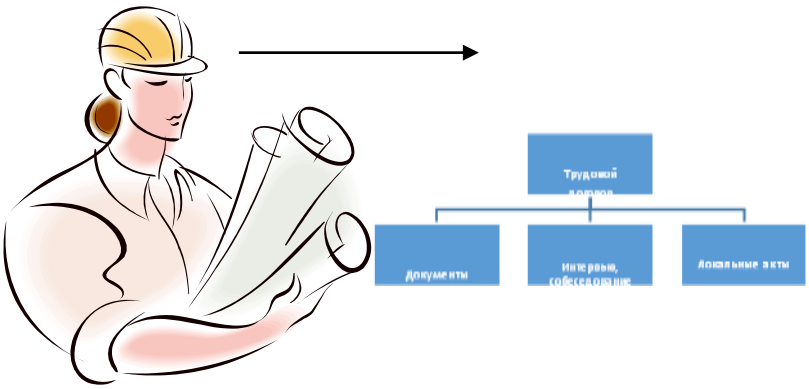
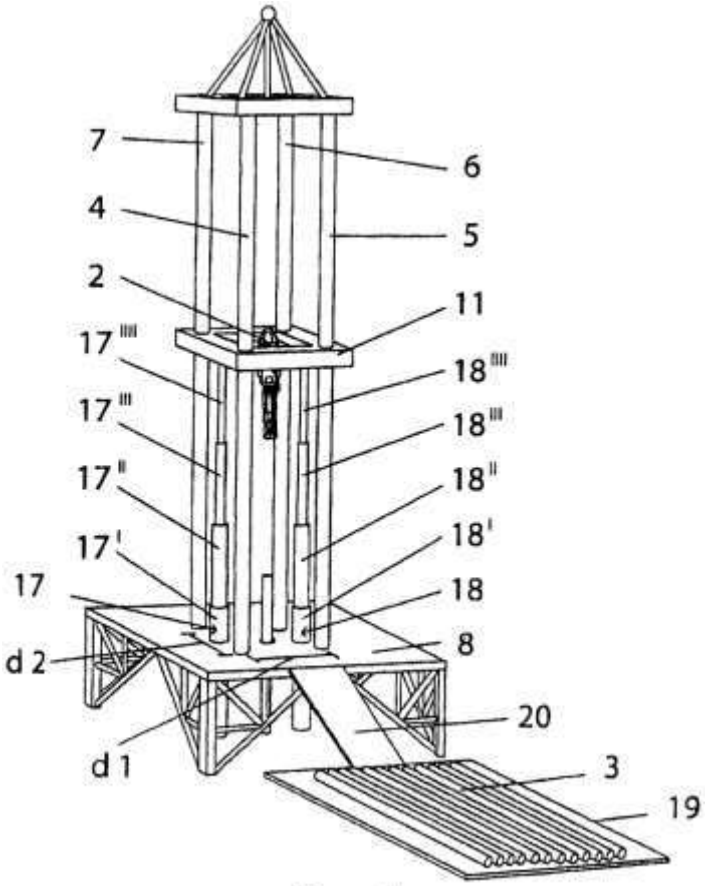


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

Если рисунок является авторской разработкой, необходимо после заголовка рисунка поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников он составлен, например:



Фиг.4

Рисунок 2 – Буровая установка,……[1]

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

2.1.6 Правила оформления таблиц

В письменной работе фактический материал в обобщенном и систематизированном виде может быть представлен в виде таблицы для наглядности и удобства сравнения показателей.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера, например: «…в таблице 2 представлены …» или «… характеризуется показателями (таблица 2)».

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы, за исключением таблиц в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждая таблица должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

Если таблица является авторской разработкой, необходимо после заголовка таблицы поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников она составлена, например:

Таблица 3 – Количество оборудования[1]

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	7

Располагают таблицы на странице обычно вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем графа с наименованиями показателей должна размещаться в левой части страницы. Слева, справа и снизу таблицы ограничивают линиями.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы. На странице, на которую перенесена часть таблицы, слева пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

Если таблица переносится, то на странице, где помещена первая часть таблицы, нижняя ограничительная линия таблицы не проводится. Это же относится к странице (страницам), где помещено продолжение (продолжения) таблицы. Нижняя ограничительная линия таблицы проводится только на странице, где помещено окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Примечания к таблице (подтабличные примечания) размещают непосредственно под таблицей в виде: а) общего примечания; б) сноски; в) отдельной графы или табличной строки с заголовком. Выделять примечание в отдельную графу или строку целесообразно лишь тогда, когда примечание относится к большинству строк или граф. Примечания к отдельным заголовкам граф или строк следует связывать с ними знаком сноски. Общее примечание ко всей таблице не связывают с ней знаком сноски, а помещают после заголовка «Примечание» или «Примечания», оформляют как внутритекстовое примечание.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте работы, но не менее 10 pt.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если показатели таблицы выражены в разных единицах измерения, то обозначение единицы измерения указывается после наименования показателя через запятую. Допускается при необходимости выносить в отдельную графу обозначения единиц измерения.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Если предыдущая фраза является частью последующей, то допускается заменить ее словами «То же» и добавить дополнительные сведения. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять. Если в ячейке таблицы приведен текст из нескольких предложений, то в последнем предложении точка не ставится.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных материалов, марок материалов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Если таблицы размещены в приложении, их нумерация имеет определенные особенности. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельной нумерацией арабскими цифрами. При этом перед цифрой, обозначающей номер таблицы в приложении, ставится буква соответствующего приложения, например:

Таблица В.1.– Динамика показателей за 2016–2017 гг.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении (допустим, В).

Расчетно-практические работы выполняется в печатном виде на листах формата А4. На титульном листе указываются реквизиты вуза, кафедры, а также наименование расчетно-практической работы с фамилией и инициалами студента и преподавателя, проверяющего данную работу, номер варианта, который определяется преподавателем индивидуально для каждого студента.

Критерием оценки за практико-ориентированные задания определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
Верность выполнения расчетов	0-1
Соответствие требованиям оформления	0-1
Владение профессиональной лексикой	0-1
Умение анализировать материал	0-1
Полнота и последовательность ответа	0-1
	0-5

2.2. Подготовка доклада с презентацией

2.2.1 Методические рекомендации:

Презентация, это демонстрация возможности студента и его способности организации в наглядной форме основных положений доклада в соответствии с современными требованиями и с использованием современных информационных технологий. Презентация выполняется в программе PowerPoint.

Подготовка презентации предполагает следующие пошаговые действия:

1.Подготовка доклада.

2. Разработка структуры презентации

3. Создание презентации в Power Point

4. Репетиция доклада с использованием презентации

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. В первую очередь необходимо составить сам текст доклада, во вторую очередь - создать презентацию.

Очередность слайдов должна четко соответствовать структуре в доклада. Не планируйте в процессе доклада возвращаться к предыдущим слайдам или перелистывать их вперед, это усложнит процесс и может сбить ход ваших рассуждений.

Не пытайтесь отразить в презентации весь текст доклада! Слайды должны демонстрировать лишь основные положения доклада. Слайды не должны быть перегружены графической и текстовой информацией, различными эффектами анимации.

Презентация должна состоять из 10-20 слайдов.

2.2.2 Дизайн слайдов.

Оформление слайдов не должно отвлекать внимание от защищающегося – это всего лишь вспомогательный материал.

Дизайн должен быть единый. Текст должен быть четко виден на фоне и легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. Рекомендуется использовать один вид шрифта, простой печатный черного или темно-синего цвета, вместо экзотических и витиеватых шрифтов. Лучше использовать одну цветовую гамму во всей презентации, а не различные стили для каждого слайда.

Особое внимание к деталям.

Каждый элемент должен быть тщательно подготовлен: все рисунки и фотографии очищены от лишних надписей.

Текстовые объекты.

Оптимальное число строк на слайде—от 6 до 11. Перегруженность и мелкий шрифт тяжелы для восприятия.

Пункты перечней должны быть выполнены короткими фразами, оптимально — одна строка, максимум—две. Шрифт для заголовков 24 -34 пункта; для информационного текста 18-22 пункта; для надписей – обозначений в рисунках на объектах не ниже 12 пункта.

Рекомендуется цветом или жирным шрифтом выделять те их ключевые фрагменты, на которых Вы останавливаетесь при обсуждении.

В презентации желательны чертежи, рисунки, схемы и другой графический материал, иллюстрирующий основные положения доклада.

Оформление таблиц и рисунков.

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной в презентации.

Порядковый номер таблицы и название таблицы проставляются выше таблицы. Порядковый номер рисунка и его название проставляются под рисунком.

2.2.3 Структура выступления

Вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

2.2.4 Примерная тематика докладов с презентацией:

- Возникновение отходов как результат деятельности человека.
- Полигонное захоронение отходов.
- Проблемы прогнозирования изменений окружающей среды.
- Размещение и утилизация отходов производства.
- Обращение с отходами потребления.
- Мероприятия по охране окружающей среды при функционировании горнодобывающих предприятий угольной и металлургической промышленности.
- Техногенные аварии и природные катастрофы.
- Полигоны твердых бытовых отходов и их экологическая роль.
- Обезвреживание и использование отходов растениеводства и животноводства.
- Способы рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами, их оценка и эффективность.
- Отходы металлургии и их переработка.
- Морфологическое строение, свойства почв и режим заболачивания.
- Общая схема осушительных мелиораций.
- Мелиоративные требования к проектированию и производству планировочных работ.
- Оросительная система и ее элементы. Классификация оросительных систем.
- Потери воды на испарение и фильтрацию из каналов.
- Противофильтрационные мероприятия, их мелиоративная оценка.
- Конструкция каналов в земляном русле.
- Горизонтальный, вертикальный, комбинированный дренаж. Условия применения, конструкции.
- Потребности в осушительных мелиорациях и их задачи. Виды осушаемых земель.
- Требования сельскохозяйственного производства к водному режиму осушаемых земель.
- Водный баланс как метод количественной оценки водного режима осушаемых земель и типов водного питания.
- Основные методы осушения, элементы осушительных систем и схемы осушения.
- Проводящая сеть. Ее назначение и работа по приему и отводу избыточных вод. Элементы проводящей сети.
- Ограждающая сеть. Назначение ее и действие по перехвату и отводу поверхностных и грунтовых вод.

Критерием оценки за доклад с презентацией определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки доклада	Количество баллов
правильность представления материала	0-0,5
соответствие требованиям оформления презентации	0-0,5
всесторонность и глубина ответов на вопросы (полнота)	0-2
Итого	0-3

3. Подготовка к экзамену

Экзамен по дисциплине проводится в письменной форме по билетам.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Экзаменационный билет на зачет включает в себя 10 тестовых заданий и два теоретических вопроса.

Ответ на теоретический вопрос, требующий изложения, должен быть представлен в виде грамотно изложенного, связного текста, позволяющего проследить логику рассуждений, лежащих в основе сделанных выводов. Ответ, представляющий бессвязный набор определений и иных положений, рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный экзамен может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк).

На экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на уточнение мысли и действий студента.

Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля

Форма и описание контрольного мероприятия	Балловая стоимость контрольного мероприятия	Критерии начисления баллов
Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний обучающегося	0-10 баллов (10 вопросов)	Правильность ответов
Теоретический вопрос - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	0-15 баллов (2 вопроса)	Полнота и последовательность ответа на вопрос (верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов и т.д.), степень использования и понимания научных, нормативных источников, демонстрация умения анализировать материал, соблюдение норм литературной речи, владение профессиональной лексикой
Итого	40 баллов	

3.1 Пример тестового задания:

Метод для оценки состояния окружающей среды, где используют видеосъемку со спутниковых систем называется:

— биоиндикационный

— электрохимический
— аэрокосмический (Динамический)
— колориметрический

Метод, основанный на оценки состояния природной среды при помощи живых организмов называется:
— аэрокосмическим
— колориметрическим
— биоиндикационным
— титриметрическим

Прибор для измерения количества воздуха или какого-либо другого газа, проходящего через исследовательскую аппаратуру это:
— аспиратор
— реометр
— барометр
— анемометр

Какой пост наблюдения предназначен для отбора проб воздуха под дымовым факелом:
— передвижной
— Пост-1
— Пост-2
— стационарный

Загрязнение, затрагивающее наследственные свойства организма и вызывающее изменения, которые могут проявиться в последующих поколениях, называется:
— шумовым
— радиоактивным
— физическим
— химическое

Размеры биосферы по вертикали:
— примерно 33-39 км
— около 15-20 км
— примерно 10 км
— немногим больше 40 км

Биосфера охватывает:
— верхние слои атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами
— нижняя часть атмосферы, верхние слои гидросферы и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами
— нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами
— верхние слои атмосферы, нижняя часть гидросферы и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами

Основные гигиенические нормативы для химических загрязнений– это:

— ПДУ
— ПДК
— ПДС
— ПДВ

В задачи службы экологического мониторинга не входит:

— проведение долгосрочных наблюдений с помощью авиационных и космических методов
— контроль параметров среды в особо опасных районах
— контроль за выполнением природоохранного законодательства
— прогнозирование изменения состояния природных объектов

Сокращенная программа наблюдений за атмосферным воздухом предназначена для:

— получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 ч местного времени
— получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях
— с целью получения информации только о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 ч местного времени
— получения информации о среднесуточной концентрации

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Ответ считается правильным, если в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ.

3.2 Примеры теоретических вопросов для подготовки к экзамену:

1. Парниковый эффект, озоновые дыры и кислотные дожди, как последствия действия неправильного обращения с отходами.
2. Экологический словарь. Основные понятия и термины.
3. Общие правовые принципы обращения с отходами.
4. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления».
5. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
6. Нормативные акты в области обращения с отходами.
7. Классификация отходов горного производства. Классификация отходов по источнику возникновения.
8. Классификация отходов по агрегатному состоянию.
9. Классификация отходов по токсичности и опасности.
10. Общие сведения о международных соглашениях по обращению с отходами.
11. Понятие, объект и субъекты экологических правонарушений.
12. Дисциплинарная ответственность за нарушение правил обращения с отходами производства и потребления.
13. Гражданско-правовая ответственность и возмещение экологического вреда и т.п.
14. Законодательные основы регулирования обращения с отходами.
15. Государственный контроль за деятельностью в области обращения с отходами.
16. Функция паспортизации.
17. Функция сертификации.

18. Виды деклараций, связанных с охраной окружающей среды.
19. Основные тенденции решения проблемы отходов.
20. Основные принципы организации малоотходных или чистых технологических процессов.
21. Территориально-производственные комплексы и эколого-промышленные парки.
22. Общее представление о проектном исследовании (воздействие отходов предприятий горнопромышленного комплекса на окружающую среду).
23. Порядок составления и выдачи исходных данных на проектирование (воздействие отходов предприятий горнопромышленного комплекса на окружающую среду).
24. Характеристика ТБО в доисторическое время и в древнем мире.
25. Технология захоронения отходов.
26. Закрытие полигона и передача участка под дальнейшее использование.
27. Технологии захоронения отходов, применяемые в России.
28. Общая характеристика, количество и нормы накопления ТБО, морфологический и гранулометрический состав, физические свойства.
29. Методы обезвреживания и утилизации ТБО и их использование.
30. Контроль соблюдения требований охраны окружающей среды.
31. Расчёт вместимости полигона.
32. Бактериологическое и химическое загрязнение почв в зоне влияния свалок ТБО.
33. Методы высокотемпературной переработки ТБО.
34. Бактериологическое и химическое загрязнение поверхностных и подземных вод в зоне влияния свалок ТБО.
35. Принципы расчёта затрат на сбор твердых бытовых отходов.
36. Свалочный газ, механизм образования, экологическая и пожарная опасность.
37. Машины и механизмы, используемые для уборки и санитарной очистки населенных мест от ТБО.
38. Система сбора ТБО, раздельный сбор отходов.
39. Основные положения экологической политики в области ТБО (контроль формирования количества и состава ТБО).
40. Технические средства для сбора и вывоза ТБО.

Критерием оценки за теоретический вопрос определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос	Количество баллов
Полнота и последовательность ответа	0-3
Логичность изложения материала	0-3
Умение анализировать материал	0-3
Соблюдение норм литературной речи	0-2
Владение профессиональной лексикой	0-2
Степень использования и понимания научных, нормативных источников	0-2
Итого	0-15

3.3 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание:

34-40 баллов (85-100%) - оценка «отлично»

28-33 баллов (70-84%) - оценка «хорошо»

20-27 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-19 баллов (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

3.4 Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

85 - 100 баллов (85% - 100%) – оценка «отлично».
70 - 84 баллов (70% - 84%) – оценка «хорошо»;
50 - 69 баллов (50% - 69 %) – оценка «удовлетворительно»;
0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно»;

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания умений, знаний, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Экзамен– форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена – завершить курс освоения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных умений, определить сформированность компетенций.

Экзамен подводит итог всей учебной работы по данной дисциплине.

При подготовке к экзамену прежде всего необходимо запоминать определение каждого понятия, так как именно в нем фиксируются признаки, показывающие его сущность и позволяющие отличать данную категорию от других. В процессе заучивания определений конкретных понятий обучающийся «наращивает» знания. Название дисциплины имеет свою систему понятий, и обучающийся через запоминание конкретной учебной информации приобщается к данной системе, «поднимается» до ее уровня, говорит на ее языке (не пытаясь объяснить суть той или иной категории с помощью обыденных слов).

Однако преподаватель на экзамене проверяет не столько уровень запоминания учебного материала, сколько то, как обучающийся понимает те или иные категории и реальные проблемы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию, объяснять заученную дефиницию.

Таким образом, необходимо разумно сочетать запоминание и понимание, простое воспроизводство учебной информации и работу мысли.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену по дисциплине необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками, ресурсами интернета, научной и научно –популярной литературой, словарем, демонстрационными листами (раздаточным материалом) и другими источниками сведений**.**

На выполнение экзаменационного задания обучающегося дается 90 минут.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Лейкин Ю. А. Основы экологического нормирования/Ю. А. Лейкин. – 2014	20
2	Дмитренко, В. П. Экологический мониторинг техносферы : учебное пособие / В. П. Дмитренко, Е. В. Сотникова, А. В. Черняев. — 2-е изд. испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1326-3. —URL: https://e.lanbook.com/book/4043	Эл. ресурс
3	Сотникова, Е. В. Теоретические основы процессов защиты среды обитания : учебное пособие / Е. В. Сотникова, В. П. Дмитренко, В. С. Сотников. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 576 с. — ISBN 978-5-8114-1624-0. —URL: https://e.lanbook.com/book/53691	Эл. ресурс
4	Инженерно-геоэкологические изыскания полигонов твердых бытовых и промышленных отходов : учеб. пособие / О. М. Гуман [и др.]. - Екатеринбург : УГГГА, 2000. - 51 с	5
5	Стифеев, А. И. Система рационального использования и охрана земель : учебное пособие / А. И. Стифеев, Е. А. Бессонова, О. В. Никитина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 168 с.— URL: https://e.lanbook.com/book/113924	Эл. ресурс
6	Экономика, организация, управление природными и техногенными ресурсами : учебное пособие / В. Г. Гридин, А. Р. Калинин, А. А. Кобяков, А. В. Корчак. — Москва : Горная книга, 2012. — 752 с.— URL: https://e.lanbook.com/book/74397	Эл. ресурс

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Научно-практический журнал «Экология производства» https://promo.ecoindustry.ru/	Эл. ресурс
2	Михеев, Н. В. Рекультивация : учебное пособие / Н. В. Михеев. — Новочеркасск : Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ, 2019. — 160 с. —URL: https://e.lanbook.com/book/133418	Эл. ресурс
3	Харламова М. Д. Твердые отходы: технологии утилизации, методы контроля, мониторинг/М. Д. Харламова, А. И. Курбатова ; под ред. М. Д. Харламовой. – 2015	2
4	Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования. Изд. Полиграфист, Екатеринбург, 2007, 503 с.	Электронный ресурс
5	Экология природопользования : учебное пособие / В. Е. Лотош. - Екатеринбург : Издательство УрГУПС, 2002. - 540 с. - Библиогр.: с. 503-536.	2

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области *http://www.mprso.ru*

Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]: содержит электронные версии книг, учебников, монографий, сборников научных трудов как отечественных, так и зарубежных авторов, периодических изданий. Режим доступа: http://www.rbc.ru

Издательство "Лань" [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система: содержит электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств

учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. – Москва, 2010– . Режим доступа: http://e.lanbook.com.

Научно-практический журнал «Экология производства» https://promo.ecoindustry.ru/

6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office Professional 2010
3. Acrobat Reader DC
4. PowerPoint 2010 и выше

Информационные справочные системы

ИПС «КонсультантПлюс»

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri

E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.О.19 МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ И ГИДРОЛОГИЯ КОМ

Направление подготовки

20.03.02 Природообустройство и водопользование

Направленность (профиль)

Урбоэкология и природоохранное обустройство территорий горных и нефтегазовых предприятий

формы обучения: очная, заочная, очно-заочная

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
Природообустройства и водопользования
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Гревцев Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 07.09.2023
(Дата)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ И ГИДРОЛОГИЯ»

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультанциях и домашней подготовке.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Предназначение самостоятельной работы:

- для усвоения материала дисциплины,
- для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной, профессиональной деятельности,
- для приобретения способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения и т. д.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- стимулирование самообразования и самовоспитания
- развитие способности планировать и распределять свое время. Кроме того, самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций в процессе изучения дисциплины:

- Способен использовать измерительную и вычислительную технику, информационно-коммуникационные технологии в сфере своей профессиональной деятельности в области природообустройства и водопользования (ОПК-3);

2 ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа бакалавров по данной дисциплине предполагает:

- самостоятельный поиск ответов и необходимой информации по предложенным вопросам;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение теоретического и лекционного материала, а также основной и дополнительной литературы при подготовке к семинарским занятиям, написании докладов;
- самостоятельное изучение отдельных вопросов, не рассматриваемых на практических занятиях;
- подготовка к контрольным работам по темам, предусмотренным программой данного курса;
- выполнение индивидуальных заданий по отдельным темам дисциплины

Самостоятельная работа включает в себя подготовку к лекционным и практическим занятиям, а также подготовку к экзамену.

Виды самостоятельной работы студентов, формы отчетности и контроля

Вид самостоятельной работы	**Формы отчетности и контроля**
1. Работа с опорным конспектом	Составление и проверка конспектов
2.Письменные расчетно-графические работы	Проверка работ
3. Подготовка докладов, сообщений	Выступление с докладом и сообщением.
4. Работа с экзаменационными тестовыми вопросами	Проверочное тестирование
5. Работа с экзаменационными вопросами	Экзамен

Подготовка к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию, экзамену.

В процессе подготовки к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

2.1 Подготовка к выполнению расчетно-графические работ

Выполнение расчетно-практических работ имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях.

2.1.1 Методические рекомендации:

Оформление отчета по ***расчетно-графическим работам*** (далее «документа») осуществляется в соответствии с требованиями государственных стандартов и университета.

Отчет выполняется печатным способом с использованием компьютера.

Каждая страница текста, включая иллюстрации и приложения, нумеруется арабскими цифрами, кроме титульного листа и содержания, по порядку без пропусков и повторений. Номера страниц проставляются, начиная с введения (третья страница), в центре нижней части листа без точки.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

Рекомендуемым типом шрифта является Times New Roman, размер которого 14 pt (пунктов) (на рисунках и в таблицах допускается применение более мелкого размера шрифта, но не менее 10 pt).

Текст печатается через 1,5-ый интервал, красная строка – 1,25 см.

Цвет шрифта должен быть черным, необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах и формулах, применяя курсив, полужирный шрифт не применяется.

2.1.2 Правила оформления наименований и нумерации структурных элементов, глав и параграфов

Документ должен включать следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, приложения (является дополнительным элементом). Основной текст может быть разделен на разделы и параграфы.

Каждый структурный элемент документа (титульный лист, содержание, введение, заключение, приложение) и разделы необходимо начинать с новой страницы. Следующий параграф внутри одного раздела начинается через 2 межстрочных интервала на том же листе, где закончился предыдущий.

Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом, заголовками главы и параграфа, заголовком параграфа и текстом составляет 2 межстрочных интервала.

Наименования структурных элементов письменной работы («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЕ») служат заголовками структурных элементов. Данные наименования пишутся по центру страницы без точки в конце прописными (заглавными) буквами, не подчеркивая.

Разделы, параграфы должны иметь заголовки. Их следует нумеровать арабскими цифрами и записывать по центру страницы прописными (заглавными) буквами без точки в конце, не подчеркивая. Номер раздела указывается цифрой (например, 1, 2, 3), номер параграфа включает номер раздела и порядковый номер параграфа, разделенные точкой (например, 1.1, 2.1, 3.3). После номера раздела и параграфа в тексте точку не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Не допускается писать заголовок параграфа на одном листе, а его текст – на другом.

В содержании работы наименования структурных элементов указываются с левого края страницы, при этом первая буква наименования является прописной (заглавной), остальные буквы являются строчными, например:

Введение

1 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

2.1.3 Правила оформления сокращений и аббревиатур

Сокращение русских слов и словосочетаний допускается при условии соблюдения требований ГОСТ 7.12–93 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

В тексте письменной работы допускаются общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами орфографии и соответствующими нормативными документами, например: год – г., годы – гг., и так далее – и т. д., метр – м, тысяч – тыс., миллион – млн, миллиард – млрд, триллион – трлн, страница – с., Российская Федерация – РФ, общество с ограниченной ответственностью – ООО.

При использовании авторской аббревиатуры необходимо при первом ее упоминании дать полную расшифровку, например: «… Уральский государственный горный университет (далее – УГГУ)…».

Не допускается использование сокращений и аббревиатур в заголовках письменной работы, глав и параграфов.

2.1.4 Правила оформления перечислений

При необходимости в тексте работы могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис (иные маркеры не допустимы). Например:

«….заключение содержит:

- краткие выводы;
- оценку решений;
- разработку рекомендаций.»

При необходимости ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

2.1.5 Правила оформления рисунков

В письменной работе для наглядности, уменьшения физического объема сплошного текста следует использовать иллюстрации – графики, схемы, диаграммы, чертежи, рисунки и фотографии. Все иллюстрации именуются рисунками. Их количество зависит от содержания работы и должно быть достаточно для того, чтобы придать ей ясность и конкретность.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте работы, например: «... в соответствии с рисунком 2 …» или «… тенденцию к снижению (рисунок 2)».

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые (при наличии достаточного пространства для помещения рисунка со всеми поясняющими данными), или на следующей странице. Если рисунок достаточно велик, его можно размещать на отдельном листе. Допускается поворот рисунка по часовой стрелке (если он выполнен на отдельном листе). Рисунки, размеры которых больше формата А4, учитывают как одну страницу и помещают в приложении.

Рисунки, за исключением рисунков в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждый рисунок (схема, график, диаграм-

ма) обозначается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:



Рисунок 1 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, рисунок А.3).

Если рисунок взят из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

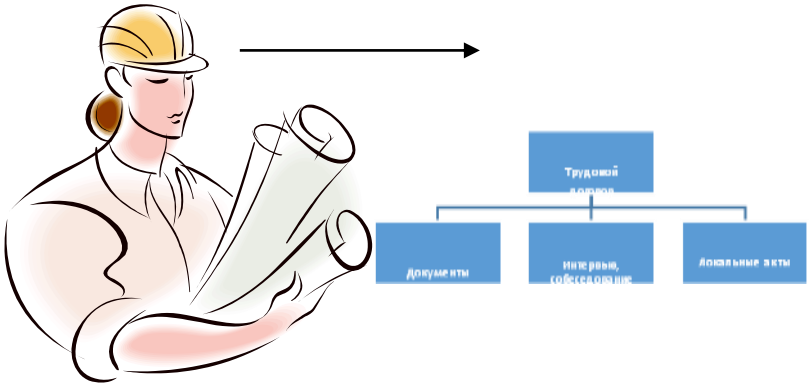
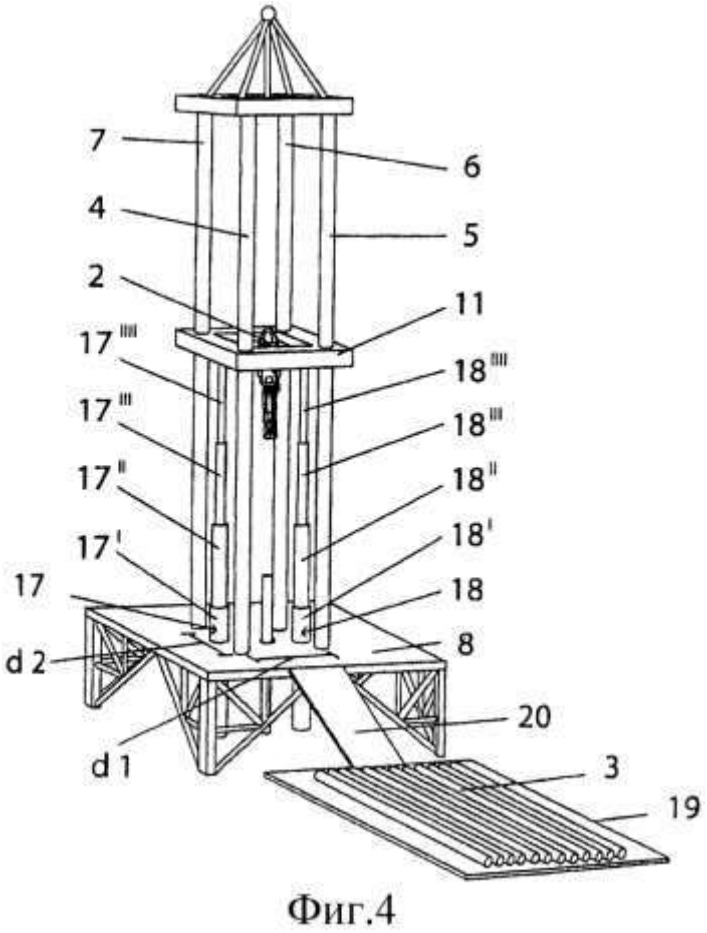


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

Если рисунок является авторской разработкой, необходимо после заголовка рисунка поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников он составлен, например:



Фиг.4

Рисунок 2 – Буровая установка,……[1]

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

2.1.6 Правила оформления таблиц

В письменной работе фактический материал в обобщенном и систематизированном виде может быть представлен в виде таблицы для наглядности и удобства сравнения показателей.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера, например: «…в таблице 2 представлены …» или «… характеризуется показателями (таблица 2)».

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы, за исключением таблиц в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждая таблица должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

Если таблица является авторской разработкой, необходимо после заголовка таблицы поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников она составлена, например:

Таблица 3 – Количество оборудования[1]

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	7

Располагают таблицы на странице обычно вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем графа с наименованиями показателей должна размещаться в левой части страницы. Слева, справа и снизу таблицы ограничивают линиями.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы. На странице, на которую перенесена часть таблицы, слева пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

Если таблица переносится, то на странице, где помещена первая часть таблицы, нижняя ограничительная линия таблицы не проводится. Это же относится к странице (страницам), где помещено продолжение (продолжения) таблицы. Нижняя ограничительная линия таблицы проводится только на странице, где помещено окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Примечания к таблице (подтабличные примечания) размещают непосредственно под таблицей в виде: а) общего примечания; б) сноски; в) отдельной графы или табличной строки с заголовком. Выделять примечание в отдельную графу или строку целесообразно лишь тогда, когда примечание относится к большинству строк или граф. Примечания к отдельным заголовкам граф или строк следует связывать с ними знаком сноски. Общее примечание ко всей таблице не связывают с ней знаком сноски, а помещают после заголовка «Примечание» или «Примечания», оформляют как внутритекстовое примечание.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте работы, но не менее 10 pt.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если показатели таблицы выражены в разных единицах измерения, то обозначение единицы измерения указывается после наименования показателя через запятую. Допускается при необходимости выносить в отдельную графу обозначения единиц измерения.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Если предыдущая фраза является частью последующей, то допускается заменить ее словами «То же» и добавить дополнительные сведения. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять. Если в ячейке таблицы приведен текст из нескольких предложений, то в последнем предложении точка не ставится.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных материалов, марок материалов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Если таблицы размещены в приложении, их нумерация имеет определенные особенности. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельной нумерацией арабскими цифрами. При этом перед цифрой, обозначающей номер таблицы в приложении, ставится буква соответствующего приложения, например:

Таблица В.1.– Динамика показателей за 2016–2017 гг.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении (допустим, В).

Расчетно-практические работы выполняется в печатном виде на листах формата А4. На титульном листе указываются реквизиты вуза, кафедры, а также наименование расчетно-практической работы с фамилией и инициалами студента и преподавателя, проверяющего данную работу, номер варианта, который определяется преподавателем индивидуально для каждого студента.

Критерием оценки за расчетно-графические задания определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
Верность выполнения расчетов	0-1
Соответствие требованиям оформления	0-1
Владение профессиональной лексикой	0-1
Умение анализировать материал	0-1
Полнота и последовательность ответа	0-1
	0-5

2.2. Подготовка доклада с презентацией

2.2.1 Методические рекомендации:

Презентация, это демонстрация возможности студента и его способности организации в наглядной форме основных положений доклада в соответствии с современными требованиями и с использованием современных информационных технологий. Презентация выполняется в программе PowerPoint.

Подготовка презентации предполагает следующие пошаговые действия:

1.Подготовка доклада.

2. Разработка структуры презентации

3. Создание презентации в Power Point

4. Репетиция доклада с использованием презентации

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. В первую очередь необходимо составить сам текст доклада, во вторую очередь - создать презентацию.

Очередность слайдов должна четко соответствовать структуре в доклада. Не планируйте в процессе доклада возвращаться к предыдущим слайдам или перелистывать их вперед, это усложнит процесс и может сбить ход ваших рассуждений.

Не пытайтесь отразить в презентации весь текст доклада! Слайды должны демонстрировать лишь основные положения доклада. Слайды не должны быть перегружены графической и текстовой информацией, различными эффектами анимации.

Презентация должна состоять из 10-20 слайдов.

2.2.2 Дизайн слайдов.

Оформление слайдов не должно отвлекать внимание от защищающегося – это всего лишь вспомогательный материал.

Дизайн должен быть единый. Текст должен быть четко виден на фоне и легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. Рекомендуется использовать один вид шрифта, простой печатный черного или темно-синего цвета, вместо экзотических и витиеватых шрифтов. Лучше использовать одну цветовую гамму во всей презентации, а не различные стили для каждого слайда.

Особое внимание к деталям.

Каждый элемент должен быть тщательно подготовлен: все рисунки и фотографии очищены от лишних надписей.

Текстовые объекты.

Оптимальное число строк на слайде—от 6 до 11. Перегруженность и мелкий шрифт тяжелы для восприятия.

Пункты перечней должны быть выполнены короткими фразами, оптимально — одна строка, максимум—две. Шрифт для заголовков 24 -34 пункта; для информационного текста 18-22 пункта; для надписей – обозначений в рисунках на объектах не ниже 12 пункта.

Рекомендуется цветом или жирным шрифтом выделять те их ключевые фрагменты, на которых Вы останавливаетесь при обсуждении.

В презентации желательны чертежи, рисунки, схемы и другой графический материал, иллюстрирующий основные положения доклада.

Оформление таблиц и рисунков.

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной в презентации.

Порядковый номер таблицы и название таблицы проставляются выше таблицы. Порядковый номер рисунка и его название проставляются под рисунком.

2.2.3 Структура выступления

Вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

2.2.4 Примерная тематика докладов с презентацией:

- Гидросфера. Понятие и ее общая характеристика
- Основные составляющие гидросферы.
- Мировой океан и его части.
- Водные экосистемы.
- Биологические ресурсы. Ресурсы Мирового океана.
- Экологическое состояние Мирового океана
- Классификация подземных вод.
- Взаимодействие поверхностных и подземных вод.
- Ледники их образование и развитие. Типы ледников.
- Хозяйственное использование озер.
- Практическое значение болот.
- Влияние болот и их осушение на речной сток.
- Крупнейшие реки мира и России.
- Практические значение рек и хозяйственных мероприятий, влияющих на речной сток.
- Погода и климат как физико-географическая характеристика;
- Основные этапы истории метеорологии и климатологии;
- Организация государственной гидрометеорологической службы;
- Строение атмосферы. Химический состав и физические процессы;
- Атмосферное давление, Температура воздуха, температурные шкалы, единицы измерения;
- Вертикальное распределение температуры.
- Солнечная радиация и ее происхождение;
- Радиационный баланс земной поверхности;
- Географическое распределение прямой, рассеянной и суммарной радиации, эффективного излучения и радиационного баланса земной поверхности;
- Отраженная и поглощенная радиация. Альбедо поверхности Земли;
- Распределение солнечной радиации на верхней границе атмосферы.
- Суточный и годовой ход парциального давления водяного пара и относительной влажности, их географическое распределение;
- Облака. Классификация облаков;
- Облачность, ее суточный и годовой ход, климатическое значение и географическое распространение;
- Осадки. Классификация осадков;
- Географическое распределение осадков.
- Барические системы;
- Карты абсолютной и относительной барической топографии;
- Ветер, его скорость и направление. Изменения ветра с высотой;
- Атмосферные фронты, типы фронтов;
- Воздушные массы и их движение.
- Роль и свойства циркуляции атмосферы;

- Географическое распределение атмосферного давления, центры действия атмосферы;
- Муссоны, их происхождение, тропические и внетропические муссоны;
- Местные ветры;
- Прогноз погоды.
- Понятие о климате;
- Климатообразующие факторы;
- Географические факторы климата;
- Макро-, мезо- и микроклимат; Изменение деятельной поверхности, их последствия на микро-, мезо- и макроклимат
- Непредвиденное воздействие человека на климат.
- Классификация климата Кеппена-Треворта и А.И. Кайгородова и др.;
- Климатическое районирование;
- Возможные причины изменения климата;
- Изменение климата в историческое время;
- Изменение климата за время инструментальных наблюдений;
- Антропогенные изменения климата.

Критерием оценки за доклад с презентацией определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки доклада	Количество баллов
правильность представления материала	0-0,5
соответствие требованиям оформления презентации	0-0,5
всесторонность и глубина ответов на вопросы (полнота)	0-2
Итого	0-3

3. Подготовка к экзамену

Экзамен по дисциплине проводится в письменной форме по билетам.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Экзаменационный билет на зачет включает в себя 10 тестовых заданий и два теоретических вопроса.

Ответ на теоретический вопрос, требующий изложения, должен быть представлен в виде грамотно изложенного, связного текста, позволяющего проследить логику рассуждений, лежащих в основе сделанных выводов. Ответ, представляющий бессвязный набор определений и иных положений, рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный экзамен может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк).

На экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на уточнение мысли и действий студента.

Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля

Форма и описание контрольного мероприятия	Балловая стоимость контрольного мероприятия	Критерии начисления баллов
Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний обучающегося	0-10 баллов (10 вопросов)	Правильность ответов
Теоретический вопрос - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	0-15 баллов	Полнота и последовательность ответа на вопрос (верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов и т.д.), степень использования и понимания научных, нормативных источников, демонстрация умения анализировать материал, соблюдение норм литературной речи, владение профессиональной лексикой
Итого	40 баллов	

3.1 Пример тестового задания:

Вопрос №1 Наука, изучающая климатообразование, описание и классификация климатов земного шара:
- климатология
- метеорология
- гидрология
- география

Вопрос №2 К атмосферным явлениям относятся:
- влажность
- температура
- гроза
- давление

Вопрос №3 Отношение уходящей в космос отраженной и рассеянной солнечной радиации к общему количеству солнечной радиации, поступающей к атмосфере:
- количество облаков (облачность)
- зона конвергенции
- закон ветра
- альбедо Земли

Вопрос №4 Переход воды из газообразного в жидкое состояние:
альбедо
- конденсация
-транспирация
-адвекция

Вопрос №5 Движение воздуха относительно земной поверхности:
- осадки
- оптические явления
-ветер
- поле

Вопрос №6 Разность средних месячных температур самого теплого и самого холодного месяцев:
- локальные изменения температуры

- годовая амплитуда температуры воздуха
- альбедо Земли
- индивидуальные изменения температуры

Вопрос №7 Местные особенности климата, обусловленные неоднородностью строения подстилающей поверхности и существенно меняющиеся уже на небольших расстояниях, называют:
-микроклиматом
- макроклиматом
- климатом
- погода

Вопрос №8 Часть общей гидрологии, изучающая воды, находящиеся в свободном состоянии, в верхней части земной коры:
- гидрология морей
- гидрология поверхностных вод суши
- гидрометрия
- гидрология подземных вод

Вопрос №9 Биосфера охватывает:
- верхние слои атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами
- нижняя часть атмосферы, верхние слои гидросферы и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами
- нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами
- верхние слои атмосферы, нижняя часть гидросферы и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами

Вопрос №10 Постоянный оборот воды между земной поверхностью и атмосферой:
- точка росы
- насыщение
-влагооборот
- конвергенция

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Ответ считается правильным, если в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ.

3.2 Примеры теоретических вопросов для подготовки к экзамену:

1. Роль воды в геофизических, биологических и географических процессах. Значение воды в жизни человека и народном хозяйстве.
2. Гидрология, ее задачи и отрасли. Предмет и составные части общей гидрологии. Методы гидрологических исследований.
3. Основные этапы развития гидрологических исследований в России. Гидрометеорологическая служба и контроль природной среды.
4. Круговорот воды в природе. Внутриматериковый влагооборот. Водный баланс земного шара.
5. Виды залегания подземных вод. Воды почвенные, грунтовые и межпластовые, безнапорные, напорные (артезианские).

6. Продольные профили рек. Стадии развития рек. Гидрологический режим рек в верхнем, среднем и нижнем течении.

7. Внутригодовые и многолетние колебания уровней рек; характерные уровни; годовые и типовые графики.

8. Тепловой и ледовый режим рек. Фазы ледового режима рек и температура воды в реках и её изменения.

9. Происхождение котловин озёр. Классификация озёр по происхождению

10. Круговорот органического вещества в озере. Трофическая классификация озёр.

11. Донные отложения озёр и водохранилищ. Заиление водохранилищ.

12. Водохранилища: назначение, морфологические типы и основные гидроморфологические характеристики.

13. Виды регулирования поверхностного стока водохранилищ. Полное (глубокое) и неполное регулирование.

14. Строение, морфология и гидрография торфяных болот.

15. Водный режим болот. Движение воды в торфяном грунте, характер горизонтального отекания воды в болотном массиве, влияние болот на поверхностный сток.

16. Особенности образования и гидрологического режима ледников.

17. Типы ледников и их значение в режиме рек и народном хозяйстве.

18. Принципы гидрологического районирования.

19. Понятия: метеорология, климатология, климат, погода. История развития метеорологии.

20. Метеорологические наблюдения. Метеорологическая площадка.

21. Перечислите требования к организации метеорологических наблюдений.

22. Приборы для измерения солнечной радиации: альбедометр, балансомер, гелиограф.

23. Приборы для измерения температуры воздуха. Срочный, минимальный и максимальный термометры.

24. Психрометрическая будка. Гигрометрический метод измерения влажности воздуха. Приборы.

25. Влажность воздуха. Психрометрический метод измерения влажности. Приборы.

26. Атмосферные осадки. Приборы для измерения выпадающих осадков.

27. Климатообразующие факторы. Их роль в формировании климата.

28. Как влияет почвенный покров на тепловой баланс деятельной поверхности.

29. Изменение температуры, давления и влажности воздуха с высотой.

30. Состав атмосферы, строение атмосферы, характеристика слоев, их свойства. Классификация воздушных масс.

31. Какие слои выделяют в атмосфере в зависимости от распределения температуры по высоте.

32. Образование и виды облаков, образование и виды осадков.

33. Распределение давления на земной поверхности, суточные и годовые колебания давления, градиент давления, барометрическая ступень.

34. Что такое атмосферные фронты, виды атмосферных фронтов.

35. Атмосферные осадки. Методы измерения влажности воздуха.

36. Приборы для регистрации скорости и направления ветра. Построение розы ветров.

37. Что такое альбедо? Его роль в формировании климата.

38. Факторы, влияющие на распределение солнечной радиации.

39. Основные факторы атмосферной циркуляции воздуха. Их роль в формировании климата

40. Роль рельефа в формировании климата (на примере формирования горного климата).

Критерием оценки за теоретический вопрос определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос	Количество баллов
Полнота и последовательность ответа	0-3
Логичность изложения материала	0-3
Умение анализировать материал	0-3
Соблюдение норм литературной речи	0-2
Владение профессиональной лексикой	0-2
Степень использования и понимания научных, нормативных источников	0-2
Итого	0-15

3.3 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание:

34-40 баллов (85-100%) - оценка «отлично»
28-33 баллов (70-84%) - оценка «хорошо»
20-27 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-19 баллов (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

3.4 Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

85 - 100 баллов (85% - 100%) – оценка «отлично».
70 - 84 баллов (70% - 84%) – оценка «хорошо»;
50 - 69 баллов (50% - 69 %) – оценка «удовлетворительно»;
0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно»;

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания умений, знаний, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Экзамен– форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена – завершить курс освоения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных умений, определить сформированность компетенций.

Экзамен подводит итог всей учебной работы по данной дисциплине.

При подготовке к экзамену прежде всего необходимо запоминать определение каждого понятия, так как именно в нем фиксируются признаки, показывающие его сущность и позволяющие отличать данную категорию от других. В процессе заучивания определений конкретных понятий обучающийся «наращивает» знания. Название дисциплины имеет свою систему понятий, и обучающийся через запоминание конкретной учебной информации приобщается к данной системе, «поднимается» до ее уровня, говорит на ее языке (не пытаясь объяснить суть той или иной категории с помощью обыденных слов).

Однако преподаватель на экзамене проверяет не столько уровень запоминания учебного материала, сколько то, как обучающийся понимает те или иные категории и реальные проблемы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию, объяснять заученную дефиницию.

Таким образом, необходимо разумно сочетать запоминание и понимание, простое воспроизводство учебной информации и работу мысли.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену по дисциплине необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками, ресурсами интернета, научной и научно –популярной литературой, словарем, демонстрационными листами (раздаточным материалом) и другими источниками сведений**.**

На выполнение экзаменационного задания обучающегося дается 90 минут.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Гидрология и гидрометрия : учебник / Г. В. Железняков. - Москва : Высшая школа, 1981. - 264 с.	30
2	Основы гидрометрии и гидрологии : конспект лекций / Т. П. Бебенина. - Екатеринбург : УГГУ, 2006. - 138 с	40
3	Метеорология и климатология: учебник / С.П. Хромов, М.А. Петросян. — 5-е, 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 2001, 2004. — 528 с	23
5	Гревцев Н.В. Климатология, метеорология и гидрология. Учебно - методическое пособие. Екатеринбург. Изд. УГГУ, 2002. с.29.	50
6	Справочник по климату СССР “Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9 , часть I, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.	1 Эл. ресурс
7	Справочник по климату СССР “Температура воздуха и почвы” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9 , часть II, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.	1 Эл. ресурс
8	Справочник по климату СССР “Ветер” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9 , часть III, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.	1 Эл. ресурс
9	Справочник по климату СССР “ Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров” (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9 , часть IV, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.	1 Эл. ресурс
10	Справочник по климату СССР ” Облачность и атмосферные явления “ (Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР). Выпуск 9 , часть V, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.	1 Эл. ресурс
11	Строительные нормы и правила № 23-01-99 “ Строительная климатология”.	1 Эл. ресурс

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.

1	Гидрология : учебник для вузов / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. - Москва : Высшая школа, 2005. - 463 с	3
2	Геогидрология : научное издание / Всеволод Михайлович Шестаков В. М., Сергей Павлович Поздняков С. П. - Москва : Академкнига, 2003. - 176 с.	4
3	Железняков Г.В., Овчаров Е.Е. Инженерная гидрология и регулирование стока. Учебник – М.: Колос, 1993 – 464 с.	1
4	Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоиздат 2004. – 448 с.	1

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Официальный сайт Росгидромет - http://www.meteorf.ru
2. Сайт Министерства природных ресурсов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/

6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office Professional 2010

Информационные справочные системы

ИПС «КонсультантПлюс»

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования
https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri
E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.О.21 ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Направление подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Направленность (профиль)
Урбоэкология и природоохранное обустройство территорий горных и нефтегазовых предприятий
квалификация выпускника: бакалавр

формы обучения: очная, заочная, очно-заочная

Автор: Якупов Д. Р., к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры
Природообустройства и водопользования
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Гревцев Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 07.09.2023
(Дата)

Екатеринбург

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ»

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем, опытом социально-оценочной деятельности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультанциях и домашней подготовке.

Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Предназначение самостоятельной работы:

- для усвоения материала дисциплины,
- для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной, профессиональной деятельности,
- для приобретения способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения и т. д.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- стимулирование самообразования и самовоспитания
- развитие способности планировать и распределять свое время. Кроме того, самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций в процессе изучения дисциплины:

универсальные компетенции:

Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач **(УК-1);**

общепрофессиональные компетенции:

Способен участвовать в осуществлении технологических процессов по инженерным изысканиям, проектированию, строительству, эксплуатации и реконструкции объектов природообустройства и водопользования **(ОПК-1).**

2 ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа бакалавров по данной дисциплине предполагает:

- самостоятельный поиск ответов и необходимой информации по предложенным вопросам;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение теоретического и лекционного материала, а также основной и дополнительной литературы при подготовке к семинарским занятиям, написании докладов;
- самостоятельное изучение отдельных вопросов, не рассматриваемых на практических занятиях;
- подготовка к контрольным работам по темам, предусмотренным программой данного курса;
- выполнение индивидуальных заданий по отдельным темам дисциплины

Самостоятельная работа включает в себя подготовку к лекционным и практическим занятиям, а также подготовку к экзамену.

Виды самостоятельной работы студентов, формы отчетности и контроля

Вид самостоятельной работы	**Формы отчетности и контроля**
1. Работа с опорным конспектом	Составление и проверка конспектов
2.Письменные расчетно-графические работы	Проверка работ
3. Подготовка докладов, сообщений	Выступление с докладом и сообщением.
4. Работа с экзаменационными вопросами	Экзамен

Подготовка к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию, экзамену.

В процессе подготовки к практическим занятиям, устному опросу, контрольной работе, письменному тестированию студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

2.1 Подготовка к выполнению расчетно-графические работ

Выполнение расчетно-практических работ имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях.

2.1.1 Методические рекомендации:

Оформление отчета по ***расчетно-графическим работам*** (далее «документа») осуществляется в соответствии с требованиями государственных стандартов и университета.

Отчет выполняется печатным способом с использованием компьютера.

Каждая страница текста, включая иллюстрации и приложения, нумеруется арабскими цифрами, кроме титульного листа и содержания, по порядку без пропусков и повторений. Номера страниц проставляются, начиная с введения (третья страница), в центре нижней части листа без точки.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

Рекомендуемым типом шрифта является Times New Roman, размер которого 14 pt (пунктов) (на рисунках и в таблицах допускается применение более мелкого размера шрифта, но не менее 10 pt).

Текст печатается через 1,5-ый интервал, красная строка – 1,25 см.

Цвет шрифта должен быть черным, необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и четкость изображения по всей работе. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах и формулах, применяя курсив, полужирный шрифт не применяется.

2.1.2 Правила оформления наименований и нумерации структурных элементов, глав и параграфов

Документ должен включать следующие структурные элементы: титульный лист, содержание, введение, основной текст, заключение, приложения (является дополнительным элементом). Основной текст может быть разделен на разделы и параграфы.

Каждый структурный элемент документа (титульный лист, содержание, введение, заключение, приложение) и разделы необходимо начинать с новой страницы. Следующий параграф внутри одного раздела начинается через 2 межстрочных интервала на том же листе, где закончился предыдущий.

Расстояние между заголовком структурного элемента и текстом, заголовками главы и параграфа, заголовком параграфа и текстом составляет 2 межстрочных интервала.

Наименования структурных элементов письменной работы («СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «ПРИЛОЖЕНИЕ») служат заголовками структурных элементов. Данные наименования пишутся по центру страницы без точки в конце прописными (заглавными) буквами, не подчеркивая.

Разделы, параграфы должны иметь заголовки. Их следует нумеровать арабскими цифрами и записывать по центру страницы прописными (заглавными) буквами без точки в конце, не подчеркивая. Номер раздела указывается цифрой (например, 1, 2, 3), номер параграфа включает номер раздела и порядковый номер параграфа, разделенные точкой (например, 1.1, 2.1, 3.3). После номера раздела и параграфа в тексте точку не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Не допускается писать заголовок параграфа на одном листе, а его текст – на другом.

В содержании работы наименования структурных элементов указываются с левого края страницы, при этом первая буква наименования является прописной (заглавной), остальные буквы являются строчными, например:

Введение

1 Краткая характеристика организации – места прохождения практики

2 Практический раздел – выполненные работы

Заключение

Приложения

2.1.3 Правила оформления сокращений и аббревиатур

Сокращение русских слов и словосочетаний допускается при условии соблюдения требований ГОСТ 7.12–93 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

В тексте письменной работы допускаются общепринятые сокращения и аббревиатуры, установленные правилами орфографии и соответствующими нормативными документами, например: год – г., годы – гг., и так далее – и т. д., метр – м, тысяч – тыс., миллион – млн, миллиард – млрд, триллион – трлн, страница – с., Российская Федерация – РФ, общество с ограниченной ответственностью – ООО.

При использовании авторской аббревиатуры необходимо при первом ее упоминании дать полную расшифровку, например: «… Уральский государственный горный университет (далее – УГГУ)…».

Не допускается использование сокращений и аббревиатур в заголовках письменной работы, глав и параграфов.

2.1.4 Правила оформления перечислений

При необходимости в тексте работы могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить дефис (иные маркеры не допустимы). Например:

«….заключение содержит:

- краткие выводы;
- оценку решений;
- разработку рекомендаций.»

При необходимости ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо дефиса ставятся строчные буквы в порядке русского алфавита, начиная с буквы а (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ъ, ы, ь). Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа. Например:

а) …;

б) …;

1) …;

2) …;

в) …

2.1.5 Правила оформления рисунков

В письменной работе для наглядности, уменьшения физического объема сплошного текста следует использовать иллюстрации – графики, схемы, диаграммы, чертежи, рисунки и фотографии. Все иллюстрации именуются рисунками. Их количество зависит от содержания работы и должно быть достаточно для того, чтобы придать ей ясность и конкретность.

На все рисунки должны быть даны ссылки в тексте работы, например: «... в соответствии с рисунком 2 …» или «… тенденцию к снижению (рисунок 2)».

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые (при наличии достаточного пространства для помещения рисунка со всеми поясняющими данными), или на следующей странице. Если рисунок достаточно велик, его можно размещать на отдельном листе. Допускается поворот рисунка по часовой стрелке (если он выполнен на отдельном листе). Рисунки, размеры которых больше формата А4, учитывают как одну страницу и помещают в приложении.

Рисунки, за исключением рисунков в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждый рисунок (схема, график, диаграм-

ма) обозначается словом «Рисунок», должен иметь заголовок и подписываться следующим образом – посередине строки без абзацного отступа, например:



Рисунок 1 – Структура администрации организации

Если на рисунке отражены показатели, то после заголовка рисунка через запятую указывается единица измерения, например:

Рисунок 1 – Структура добычи, %

Рисунки каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, рисунок А.3).

Если рисунок взят из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

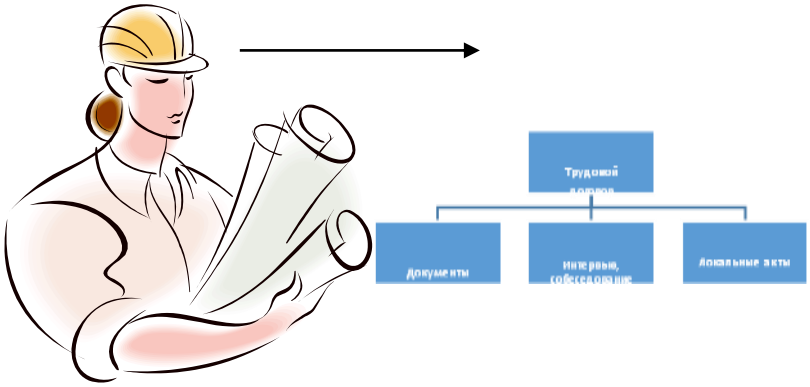
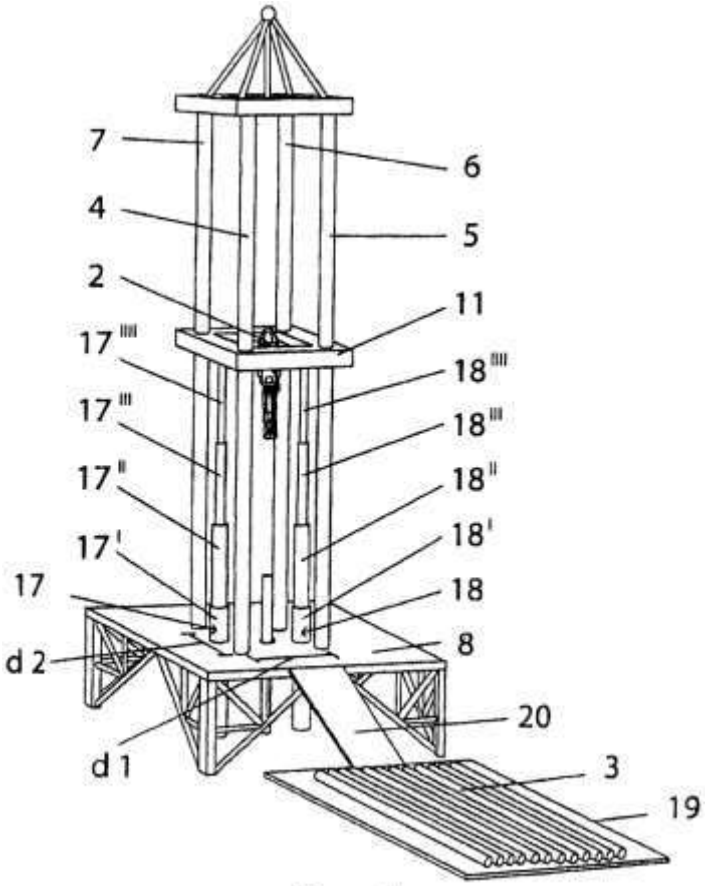


Рисунок 1 - Процесс заключения трудового договора [8, с. 46]

Если рисунок является авторской разработкой, необходимо после заголовка рисунка поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников он составлен, например:



Фиг.4

Рисунок 2 – Буровая установка,……[1]

При необходимости между рисунком и его заголовком помещаются поясняющие данные (подрисуночный текст), например, легенда.

2.1.6 Правила оформления таблиц

В письменной работе фактический материал в обобщенном и систематизированном виде может быть представлен в виде таблицы для наглядности и удобства сравнения показателей.

На все таблицы должны быть ссылки в работе. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера, например: «…в таблице 2 представлены …» или «… характеризуется показателями (таблица 2)».

Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Таблицы, за исключением таблиц в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всей работе. Каждая таблица должна иметь заголовок, который должен отражать ее содержание, быть точным, кратким. Заголовок таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, например:

Таблица 3 – Количество тонн угля, добытого шахтами Свердловской области

Наименование организации	2017	2018

[1] Составлено автором по: [15, 23, 42].

ПАО «Бокситы Севера»	58	59
Березниковская шахта	29	51

Если таблица взята из первичного источника без авторской переработки, следует сделать ссылку, например:

Таблица 2 – Динамика основных показателей развития шахтного строительства в России за 2015–2018 гг. [15, с. 35]

	2015	2016	2017	2018
Объем строительства, млрд. руб.				
……				

Если таблица является авторской разработкой, необходимо после заголовка таблицы поставить знак сноски и указать в форме подстрочной сноски внизу страницы, на основании каких источников она составлена, например:

Таблица 3 – Количество оборудования[1]

Вид оборудования	2016	2017
Буровая машина	3	5
……	3	7

Располагают таблицы на странице обычно вертикально. Помещенные на отдельной странице таблицы могут быть расположены горизонтально, причем графа с наименованиями показателей должна размещаться в левой части страницы. Слева, справа и снизу таблицы ограничивают линиями.

Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы. На странице, на которую перенесена часть таблицы, слева пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы и повторением шапки таблицы.

Если таблица переносится, то на странице, где помещена первая часть таблицы, нижняя ограничительная линия таблицы не проводится. Это же относится к странице (страницам), где помещено продолжение (продолжения) таблицы. Нижняя ограничительная линия таблицы проводится только на странице, где помещено окончание таблицы.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Примечания к таблице (подтабличные примечания) размещают непосредственно под таблицей в виде: а) общего примечания; б) сноски; в) отдельной графы или табличной строки с заголовком. Выделять примечание в отдельную графу или строку целесообразно лишь тогда, когда примечание относится к большинству строк или граф. Примечания к отдельным заголовкам граф или строк следует связывать с ними знаком сноски. Общее примечание ко всей таблице не связывают с ней знаком сноски, а помещают после заголовка «Примечание» или «Примечания», оформляют как внутритекстовое примечание.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте работы, но не менее 10 pt.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице измерения, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если показатели таблицы выражены в разных единицах измерения, то обозначение единицы измерения указывается после наименования показателя через запятую. Допускается при необходимости выносить в отдельную графу обозначения единиц измерения.

Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из одиночных слов, чередующихся с цифрами, заменяют кавычками. Если повторяющийся текст состоит из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Если предыдущая фраза является частью последующей, то допускается заменить ее словами «То же» и добавить дополнительные сведения. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять. Если в ячейке таблицы приведен текст из нескольких предложений, то в последнем предложении точка не ставится.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначения нормативных материалов, марок материалов не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире). Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим, если они относятся к одному показателю. В одной графе должно быть соблюдено, как правило, одинаковое количество десятичных знаков для всех значений величин.

Если таблицы размещены в приложении, их нумерация имеет определенные особенности. Таблицы каждого приложения нумеруют отдельной нумерацией арабскими цифрами. При этом перед цифрой, обозначающей номер таблицы в приложении, ставится буква соответствующего приложения, например:

Таблица В.1.– Динамика показателей за 2016–2017 гг.

Если в документе одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица 1» или «Таблица В.1», если она приведена в приложении (допустим, В).

Расчетно-практические работы выполняется в печатном виде на листах формата А4. На титульном листе указываются реквизиты вуза, кафедры, а также наименование расчетно-практической работы с фамилией и инициалами студента и преподавателя, проверяющего данную работу, номер варианта, который определяется преподавателем индивидуально для каждого студента.

Критерием оценки за расчетно-графические задания определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
Верность выполнения расчетов	0-1
Соответствие требованиям оформления	0-1
Владение профессиональной лексикой	0-1
Умение анализировать материал	0-1
Полнота и последовательность ответа	0-1
	0-5

2.2. Подготовка доклада с презентацией

2.2.1 Методические рекомендации:

Презентация, это демонстрация возможности студента и его способности организации в наглядной форме основных положений доклада в соответствии с современными требованиями и с использованием современных информационных технологий. Презентация выполняется в программе PowerPoint.

Подготовка презентации предполагает следующие пошаговые действия:

1.Подготовка доклада.

2. Разработка структуры презентации

3. Создание презентации в Power Point

4. Репетиция доклада с использованием презентации

Презентация должна полностью соответствовать тексту доклада. В первую очередь необходимо составить сам текст доклада, во вторую очередь - создать презентацию.

Очередность слайдов должна четко соответствовать структуре в доклада. Не планируйте в процессе доклада возвращаться к предыдущим слайдам или перелистывать их вперед, это усложнит процесс и может сбить ход ваших рассуждений.

Не пытайтесь отразить в презентации весь текст доклада! Слайды должны демонстрировать лишь основные положения доклада. Слайды не должны быть перегружены графической и текстовой информацией, различными эффектами анимации.

Презентация должна состоять из 10-20 слайдов.

2.2.2 Дизайн слайдов.

Оформление слайдов не должно отвлекать внимание от защищающегося – это всего лишь вспомогательный материал.

Дизайн должен быть единый. Текст должен быть четко виден на фоне и легко мог быть прочитан. Лучшее сочетание: белый фон, черный текст. Рекомендуется использовать один вид шрифта, простой печатный черного или темно-синего цвета, вместо экзотических и витиеватых шрифтов. Лучше использовать одну цветовую гамму во всей презентации, а не различные стили для каждого слайда.

Особое внимание к деталям.

Каждый элемент должен быть тщательно подготовлен: все рисунки и фотографии очищены от лишних надписей.

Текстовые объекты.

Оптимальное число строк на слайде—от 6 до 11. Перегруженность и мелкий шрифт тяжелы для восприятия.

Пункты перечней должны быть выполнены короткими фразами, оптимально — одна строка, максимум—две. Шрифт для заголовков 24 -34 пункта; для информационного текста 18-22 пункта; для надписей – обозначений в рисунках на объектах не ниже 12 пункта.

Рекомендуется цветом или жирным шрифтом выделять те их ключевые фрагменты, на которых Вы останавливаетесь при обсуждении.

В презентации желательны чертежи, рисунки, схемы и другой графический материал, иллюстрирующий основные положения доклада.

Оформление таблиц и рисунков.

Таблицы и рисунки должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц и рисунков должна быть сквозной в презентации.

Порядковый номер таблицы и название таблицы проставляются выше таблицы. Порядковый номер рисунка и его название проставляются под рисунком.

2.2.3 Структура выступления

Вступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

2.2.4 Примерная тематика докладов с презентацией:

Тема 1. Инженерно-экологические изыскания как часть составляющая часть проектирования:
- Базовые понятия об инвестиционной деятельности, инвестиционном проекте, проектировании.
- Требования, предъявляемые к организациям, осуществляющим проектирование и инженерные изыскания.
- Основные виды работ по подготовке проектной документации. Структура проекта на строительство.

Тема 2. Общие требования к инженерным изысканиям
- Основные и специальные виды инженерных изысканий.
- Общие требования к инженерно- экологическим изысканиям

Тема 3. Основы экологического нормирования.
- Классификация и формы загрязнения (загрязнителей) окружающей среды.
- Структура и принципы экологического нормирования.
- Основные понятия и методика установления предельно- допустимых концентраций

Тема 4. Оценка качества атмосферного воздуха
- Антропогенное воздействие на атмосферный воздух.
- Предельно- допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе рабочей зоны.
- Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
- Предельно- допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Тема 5. Оценка качества почв
-Классификация почв.
- Гигиенические требования к качеству почв населенных мест.
- Эпидемиологическое значение почв.
- Нормирование загрязняющих веществ в почвах
Тема 6. Оценка качества поверхностных и подземных вод
- Категории водопользования.
- Общие требования к охране поверхностных вод.
-Предельно- допустимые концентрации в воде хозяйственно-питьевого назначения.
- Предельно- допустимые концентрации в воде рыбохозяйственных водоёмов.
- Общие требования к охране подземных вод.

Тема 7. Основы радиационной экологии
- Основные источники радиоактивного загрязнения природной среды.
-Эффективная доза радиоактивного излучения.

Тема 8. Состав технического отчета по инженерно-экологическим изысканиям

- Содержание разделов технического отчета:
- Современное экологическое состояние района изысканий;
- Предварительный прогноз возможных неблагоприятных изменений природной и техногенной среды;
-Рекомендации и предложения по предотвращению и снижению неблагоприятных техногенных последствий, восстановлению и оздоровлению природной среды.

Критерием оценки за доклад с презентацией определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки доклада	Количество баллов
правильность представления материала	0-0,5
соответствие требованиям оформления презентации	0-0,5
всесторонность и глубина ответов на вопросы (полнота)	0-2
Итого	0-3

3. Подготовка к экзамену

Экзамен по дисциплине проводится в письменной форме по билетам.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Экзаменационный билет на зачет включает в себя два теоретических вопроса.

Ответ на теоретический вопрос, требующий изложения, должен быть представлен в виде грамотно изложенного, связного текста, позволяющего проследить логику рассуждений, лежащих в основе сделанных выводов. Ответ, представляющий бессвязный набор определений и иных положений, рассматривается как неверный. Наличие в ответах любой грубой ошибки является основанием для снижения оценки. Оценка за письменный экзамен может быть снижена за небрежное оформление работы (недопустимые сокращения, зачеркивания, неразборчивый почерк).

На экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на уточнение мысли и действий студента.

Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля

Форма и описание контрольного мероприятия	Балловая стоимость контрольного мероприятия	Критерии начисления баллов
Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний обучающегося	0-10 баллов (10 вопросов)	Правильность ответов
Теоретический вопрос - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа	0-15 баллов	Полнота и последовательность ответа на вопрос (верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов и т.д.), степень использования и понимания научных, нормативных источников, демонстрация умения анализировать материал, соблюдение норм литературной речи, владение профессиональной лексикой

по теме или разделу.		
Итого	40 баллов	

3.1 Примеры теоретических вопросов для подготовки к экзамену:

1. Понятие, цели и задачи инженерно-экологических изысканий.
2. Геологические, литотехнические и эколого-геологические системы.
3. Классификация техногенных воздействий на компоненты окружающей среды
4. Основы методики оценки техногенных воздействий на эколого-геологические системы.
5. Общие требования к инженерно-экологическим изысканиям, составлению программы инженерно-экологических изысканий и технического задания
6. Виды работ и исследований входящих в состав инженерно-экологических изысканий.
7. Цели и задачи инженерно-экологических изысканий и исследований для обоснования подготовки документов территориального планирования.
8. Цели и задачи инженерно-экологических изысканий и исследований для подготовки документации по планировке территории и подготовке проектной документации для оценки и принятия решений относительно площадки нового строительства или выбора варианта трассы.
9. Цели и задачи инженерно-экологических изысканий и исследований для подготовки проектной документации.
10. Исследований загрязнения атмосферного воздуха при выполнении инженерно-экологических изысканий.
11. Биологические (флористические, геоботанические, фаунистические) исследования при выполнении инженерно-экологических изысканий.
12. Эколого-геокриологические исследования при выполнении инженерно-экологических изысканий.
13. Эколого-ландшафтные исследования при выполнении инженерно-экологических изысканий.
14. Почвенные и грунтовые исследования при выполнении инженерно-экологических изысканий.
15. Исследования и оценка радиационной обстановки при выполнении инженерно-экологических изысканий.
16. Газогеохимические исследования при выполнении инженерно-экологических изысканий.
17. Эколого-гидрологические исследования при выполнении инженерно-экологических изысканий.
18. Эколого-гидрогеологические исследования при выполнении инженерно-экологических изысканий.
19. Исследования и оценка воздействия физических полей при выполнении инженерно-экологических изысканий.
20. Социально-экономические, медико-биологические и санитарно-эпидемиологические исследования при выполнении инженерно-экологических изысканий.
21. Исследования экологических условий континентального шельфа, территориального моря и внутренних морских вод при выполнении инженерно-экологических изысканий.
22. Лабораторных химико-аналитические исследования при выполнении инженерно-экологических изысканий.
23. Рекомендации по мониторингу окружающей среды в составе инженерно-экологических изысканий.

24. Состав технического отчета по результатам инженерно-экологических изысканий для разных этапов выполнения изысканий.
25. Картографическое обеспечение инженерно-экологических изысканий.

Критерием оценки за теоретический вопрос определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос	Количество баллов
Полнота и последовательность ответа	0-3
Логичность изложения материала	0-3
Умение анализировать материал	0-3
Соблюдение норм литературной речи	0-2
Владение профессиональной лексикой	0-2
Степень использования и понимания научных, нормативных источников	0-2
Итого	0-15

3.3 Количество баллов за промежуточную аттестацию складывается из суммы баллов за каждое задание:

34-40 баллов (85-100%) - оценка «отлично»
28-33 баллов (70-84%) - оценка «хорошо»
20-27 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-19 баллов (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

3.4 Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

85 - 100 баллов (85% - 100%) – оценка «отлично».
70 - 84 баллов (70% - 84%) – оценка «хорошо»;
50 - 69 баллов (50% - 69 %) – оценка «удовлетворительно»;
0 - 49 баллов и менее (0-49%) – оценка «неудовлетворительно»;

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания умений, знаний, характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Экзамен– форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена – завершить курс освоения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных умений, определить сформированность компетенций.

Экзамен подводит итог всей учебной работы по данной дисциплине.

При подготовке к экзамену прежде всего необходимо запоминать определение каждого понятия, так как именно в нем фиксируются признаки, показывающие его сущность и позволяющие отличать данную категорию от других. В процессе заучивания определений конкретных понятий обучающийся «наращивает» знания. Название дисци-

плины имеет свою систему понятий, и обучающийся через запоминание конкретной учебной информации приобщается к данной системе, «поднимается» до ее уровня, говорит на ее языке (не пытаясь объяснить суть той или иной категории с помощью обыденных слов).

Однако преподаватель на экзамене проверяет не столько уровень запоминания учебного материала, сколько то, как обучающийся понимает те или иные категории и реальные проблемы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию, объяснять заученную дефиницию.

Таким образом, необходимо разумно сочетать запоминание и понимание, простое воспроизводство учебной информации и работу мысли.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену по дисциплине необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками, ресурсами интернета, научной и научно –популярной литературой, словарем, демонстрационными листами (раздаточным материалом) и другими источниками сведений**.**

На выполнение экзаменационного задания обучающегося дается 90 минут.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Основы инженерно-экологических изысканий : учебное пособие / составители О. Г. Савичев, Е. Ю. Пасечник. — Томск : ТПУ, 2018. — 79 с. —URL: https://e.lanbook.com/book/113208	Эл. ресурс
2	Стурман, В. И. Оценка воздействия на окружающую среду : учебное пособие / В. И. Стурман. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 352 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/67472	Эл. ресурс
3	СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства	Эл. ресурс
5	СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства	Эл. ресурс

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Рудский, В. В. Основы природопользования : учебное пособие / В. В. Рудский, В. И. Стурман. — Москва : Логос, 2014. — 208 с.— URL: https://e.lanbook.com/book/124985	Эл. Ресурс
2	Стурман, В. И. Оценка воздействия на окружающую среду : учебное пособие / В. И. Стурман. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1904-3. — URL: https://e.lanbook.com/book/67472	Эл. ресурс

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Официальный сайт Росгидромет - http://www.meteorf.ru
2. Сайт Министерства природных ресурсов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.mnr.gov.ru/

6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office Professional 2010
3. Acrobat Reader DC
4. PowerPoint 2010 и выше

Информационные справочные системы

ИПС «КонсультантПлюс»

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования
https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri
E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета

«___» _____ 2018 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

УДК 531
Б 87

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от «07» июня 2018 г. (протокол № 7) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

Б 87 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебное пособие / Ю. М. Казаков, В. Г. Брагин, Е. Б. Волков. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 250 с.
ISBN 978-5-8019-0460-3

Учебное пособие содержит краткие методические указания, примеры решений задач и упражнения для самостоятельной работы по основным темам курса теоретической механики: статика, кинематика точки и простейшие движения твёрдых тел, сложное движение точки, динамика точки и механической системы. Учебное пособие для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения.

ISBN 978-5-8019-0460-3

©Брагин В. Г., Волков Е. Б.,
Казаков Ю. М., 2018
©Уральский государственный горный университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА 4
1.1. Основные понятия статики 4
1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия 9
1.3. Произвольная плоская система сил 16
1.4. Равновесие систем тел 26
1.5. Произвольная пространственная система сил 34
1.6. Равновесие тел при наличии сил трения 44
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА 55
2.1. Криволинейное движение точки 55
2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела 62
вокруг неподвижной оси 62
2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела 73
2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела 84
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ 100
3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки 100
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ 114
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки 114
4.2. Колебания материальной точки 124
4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки 134
5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ 146
5.1. Теорема о движении центра масс системы 146
5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы
относительно оси 148
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы 153
5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию
движений твёрдого тела 162
6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ 177
6.1. Принцип Даламбера для системы 177
6.2. Принцип возможных перемещений 182
6.3. Общее уравнение динамики 189
6.4. Уравнения Лагранжа II рода 201
7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ 220
7.1. Ответы к упражнениям главы 1 220
7.2. Ответы к упражнениям главы 2 226
7.3. Ответы к упражнениям главы 3 231
7.4. Ответы к упражнениям главы 4 233
7.5. Ответы к упражнениям главы 5 236
7.6. Ответы к упражнениям главы 6 241
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 249

1. СТАТИКА

1.1. Основные понятия статики

Статика представляет раздел теоретической механики, в котором освещаются условия равновесия тел под действием систем сил.

Материальной точкой называют простейшую модель материального тела, размерами которого можно пренебречь и которое можно принять за геометрическую точку, имеющую массу, равную массе тела. Совокупность материальных точек называется **системой материальных точек**. Если система материальных точек такова, что движение каждой точки зависит от положения и движения остальных точек системы, то система называется **механической системой материальных точек**. Любое материальное тело представляет собой механическую систему материальных точек. Если точки системы связаны между собой так, что расстояния между любыми двумя точками не изменяются, то система называется **неизменяемой системой**, а тело – **абсолютно твердым телом**.

Силой в механике называют меру механического действия одного материального объекта (например, твердого тела) на другой. Единицей измерения силы в системе СИ является ньютон (Н). Совокупность сил, действующих на механическую систему (в частности, на твёрдое тело), называют **системой сил.**

Если система сил, приложенная к твердому телу, оставляет его в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, то такая система сил называется **уравновешенной,** или **системой сил, эквивалентной нулю**.

Если одну систему сил, действующих на твердое тело или материальную точку, можно заменить другой системой, не изменяя при этом состояния покоя или движения, в котором находится тело или материальная точка, то такие две системы сил называются **эквивалентными**. Если система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется **равнодействующей** данной системы сил.

Основные виды связей и их реакции

Всякое твердое тело, которое может занимать произвольное положение в пространстве, называется свободным. Если на тело наложены внешние связи, стесняющие (ограничивающие) свободу его перемещений, то тело является несвободным. Сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя его перемещениям, называется **реакцией связи**. Всякое несвободное твердое тело можно рассматривать как свободное, если освободить тело от связей и заменить действие связей их реакциями. **Реакция связи направлена в сторону, противоположную тому направлению, вдоль которого связь препятствует перемещению тела.**

Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения. Реакция $\vec{R}$ абсолютно гладкой поверхности приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей (рис. 1.1, *a*). Такая реакция называется **нормальной реакцией**.

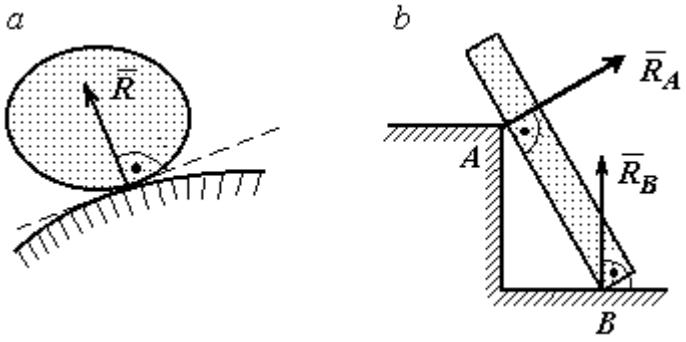


Рис. 1.1. Реакция опоры:

Брус с гладкой поверхностью (рис. 1.1, *b*), опирающийся в точке *B* на гладкий пол и в точке *A* на ребро (точечную опору), имеет реакциями опор $\vec{R}_B$ – реакцию пола и $\vec{R}_A$ – реакцию ребра (точечной опоры). Реакции приложены к брусу и направлены по нормалям к поверхности пола и поверхности бруса.

Цилиндрический шарнир и подвижная опора (каток). Цилиндрический шарнир (на рис. 1.2, *a* обозначен буквой *A*) представляет собой устройство, которое допускает поворот тела в плоскости, перпендикулярной оси шарнира (например, цилиндрическая втулка, надетая на неподвижный цилиндр).

Реакция цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач неизвестную по величине и направлению реакцию цилиндрического шарнира представляют в виде составляющих, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей (см. рис. 1.2, *a*). Величина реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$, где $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ – составляющие реакции.

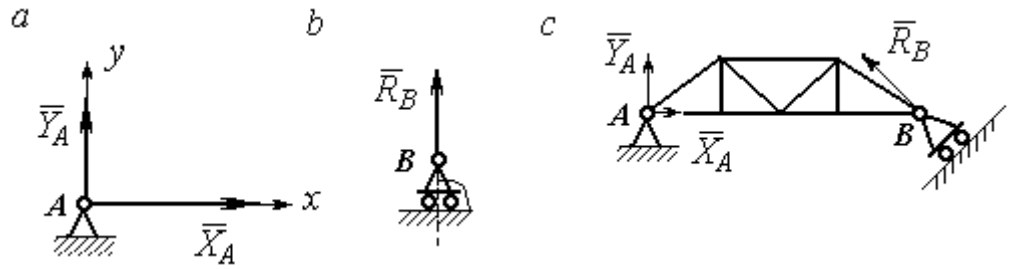


Рис. 1.2. Реакции шарнирных опор:
a – цилиндрический шарнир; *b* – каток; *c* – мостовая конструкция с цилиндрической шарнирной опорой и опорой на каток

Реакция $\vec{R}_B$ опоры на каток (подвижной опоры) (рис. 1.2, *b*) перпендикулярна опорной поверхности.

На рис. 1.2, *c* показаны реакции связей мостовой конструкции с цилиндрической шарнирной опорой и подвижной опорой (катком). Реакция цилиндрического шарнира в точке *A* изображена в виде разложения на взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}_B$ катка в точке *B* перпендикулярна наклонной плоскости, на которой стоит каток.

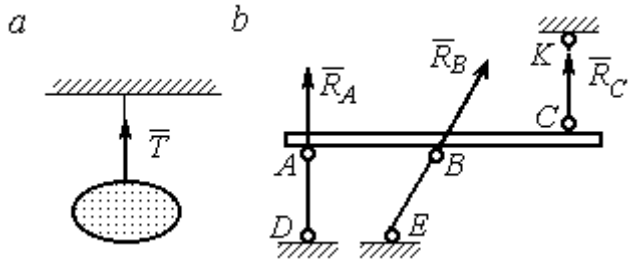


Рис. 1.3. Реакция гибкой нити и невесомого стержня

Гибкая связь и жесткий невесомый стержень. Связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса) препятствует удалению тела от точки подвеса. (рис. 1.3, *a*). Реакция связи $\vec{T}$,

равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити в сторону противоположную направлению, вдоль которого нить препятствует перемещению тела

Если опорой тела служит невесомый стержень с шарнирами на концах, то реакция прямолинейного стержня приложена к телу и направлена вдоль стержня. Направление реакции стержня противоположно направлению, по которому стержень препятствует перемещению тела.

Реакции невесомых стержней, удерживающих балку, изображённую на рис. 1.3, *b*, направлены исходя из предположения, что балка может перемещаться вниз. При этом стержни *AD* и *BE* сжаты, а стержень *CK* растянут.

Сферический шарнир. Связь в виде сферического шарнира не позволяет перемещать тело в пространстве, но допускает поворот в пространстве вокруг неподвижной точки. Реакция сферического шарнира может иметь любое направление в пространстве. При решении задач реакцию изображают ее составляющими. На рис. 1.4 реакция $\vec{R}_A$ сферического шарнира A разложена на составляющие $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Величина реакции сферического шарнира определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

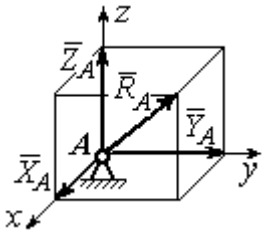


Рис. 1.4. Реакция сферического шарнира

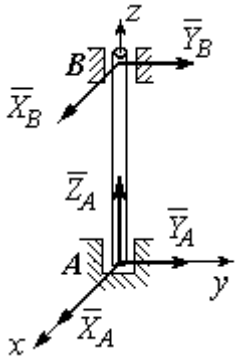


Рис. 1.5. Реакции подшипника и подпятника

Подшипник и подпятник. Подшипник представляет собой цилиндрический шарнир (рис. 1.5, подшипник *B*). Его реакция может иметь любое направление в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач реакция подшипника раскладывается на две составляющие. Например, на рис. 1.5 реакция $\vec{R}_B$ подшип-

ника *B* разложена на составляющие $\vec{X}_B, \vec{Y}_B$, параллельные координатным осям. Величина реакции подшипника определяется по формуле: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2}$.

Подпятник является цилиндрическим шарниром с упором. В задачах реакция подпятника обычно изображается векторами $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$, представляющими разложение силы реакции подпятника по заданным направлениям координатных осей (см. рис. 1.5, подпятник *A*). Величина реакции подпятника определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

Проекция силы на ось и на плоскость

Проекция силы на ось есть алгебраическая величина, равная произведению модуля силы на косинус угла между силой и положительным направлением оси. Если этот угол острый, проекция положительна, если тупой – отрицательна. Если сила перпендикулярна оси, её проекция на ось равна нулю.

Проекции сил $\vec{F}$, $\vec{Q}$, $\vec{P}$, изображённых на рис. 1.6, *a*, на ось *x*: $F_x = F\cos\alpha$, $Q_x = Q\cos\alpha_1 = -Q\cos\varphi$, $P_x = P\cos 90^\circ = 0$.

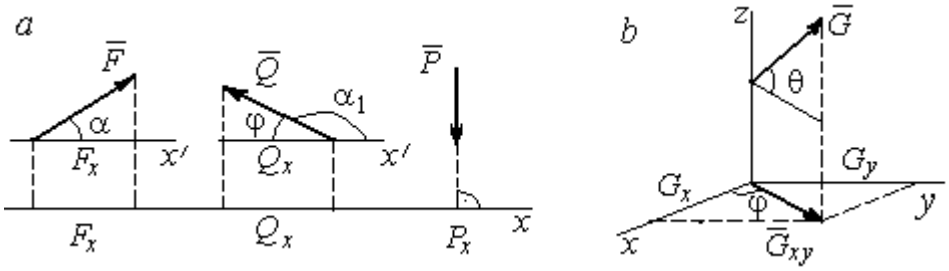


Рис. 1.6. Проекция силы на ось и на плоскость:
a – проекция силы на ось; *b* – проекция силы на плоскость

Проекцией силы на плоскость называется вектор, заключённый между проекциями начала и конца силы $\vec{G}$ на эту плоскость.

На рис. 1.6, *b* вектор $\vec{G}_{xy}$ является проекцией силы $\vec{G}$ на плоскость *xy*. По величине $G_{xy} = G\cos\theta$, где θ – угол между направлением силы $\vec{G}$ и её проек-

ции $\vec{G}_{xy}$. Проекции силы $\vec{G}$ на оси xyz: $G_x = G_{xy}\cos\varphi = G\cos\theta\cos\varphi$, $G_y = G_{xy}\sin\varphi = G\cos\theta\sin\varphi$, $G_z = G\sin\theta$.

1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия

Для равновесия **пространственной системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из трёх осей прямоугольной системы координат были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси.

Для равновесия **плоской системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси.

Примеры решения задач на равновесие сходящейся системы сил

Задача 1. Каток весом 20 кН удерживается на гладкой наклонной плоскости тросом, который одним концом закреплён на поверхности шара, а другим – на вертикальной стене (рис. 1.7). Угол наклона троса к вертикальной стене $\beta = 120°$. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 45°$. Определить силу давления катка на плоскость и натяжение троса.

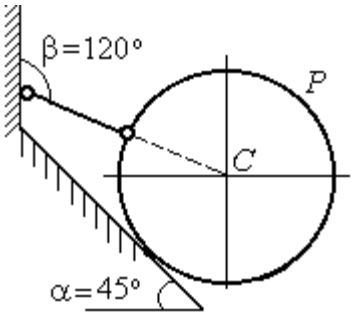


Рис. 1.7. Равновесие шара

Решение

При равновесии на каток действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция троса $\vec{N}$ и реакция опоры $\vec{R}$. Линии действия всех сил находятся в одной плоскости и пересекаются в центре шара. Направления реакций показаны на рис. 1.8.

Условия равновесия плоской сходящейся системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0.$$

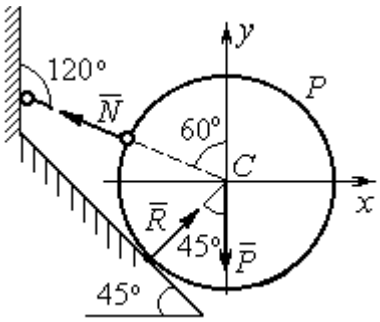


Рис. 1.8. Силы, действующие на каток, при его равновесии

Проведя оси координат, как показано на рис. 1.8, выразим условия равновесия в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = -N\cos 30^\circ + R\cos 45^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = N\cos 60^\circ + R\cos 45^\circ - P = 0.$$

Подставляя в уравнения исходные данные задачи, найдем: $N = 14{,}64$ кН, $R = 17{,}93$ кН.

Натяжение троса равно модулю его реакции. Сила давления катка на плоскость равна реакции опоры гладкой плоскости, но направлена в противоположную сторону.

Задача 2. Кронштейн состоит из невесомых стержней *AC* и *BC*, скрепленных друг с другом и с вертикальной стеной шарнирами, как показано на рис. 1.9. Стержень *BC* горизонтален, стержень *AC* составляет с горизонталью угол $\beta = 60^\circ$. К шарниру *C* прикреплены два троса, удерживающие грузы 1 и 2 весом $G_1 = 10$ кН и $G_2 = 12$ кН. Трос, удерживающий груз 1, вертикален, а другой перекинут через блок *D* так, что угол наклона участка троса *CD* к вертикали $\alpha = 60^\circ$. Определить реакции стержней *BC* и *AC*.

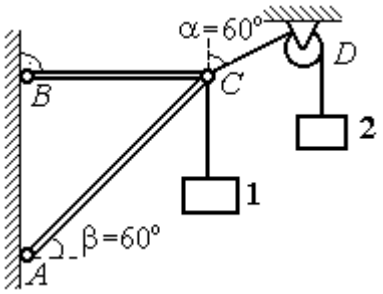


Рис. 1.9. Равновесие кронштейна

Решение

Рассмотрим равновесие узла *C*, в котором закреплены стержни и тросы. На узел *C* действуют реакции $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ тросов, натянутых грузами 1 и 2, и реакции $\vec{N}_1$ и $\vec{N}_2$ стержней *BC* и *AC* (рис. 1.10). Модули реакций тросов $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ равны весу грузов: $T_1 = G_1$, $T_2 = G_2$.

Плоская система сил ($\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$) является сходящейся. Условия равновесия: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$. Проведя оси координат xCy, как показано на рис. 1.10, и определяя проекции сил на оси, получим систему уравнений:

$$N_1 + N_2\cos 60^\circ - T_2\cos 30^\circ = 0;$$

$$N_2\cos 30^\circ + T_1 - T_2\cos 60^\circ = 0.$$

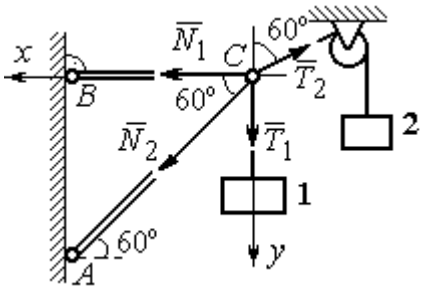


Рис. 1.10. Силы, действующие на узел *C* при его равновесии

Подставим в уравнения исходные данные задачи. С учётом того, что $T_1 = G_1 = 10$ кН, $T_2 = G_2 = 12$ кН, найдём значения реакций: $N_1 = 12{,}7$ кН, $N_2 = -4{,}62$ кН. Отрицательная величина N_2 означает, что вектор $\vec{N}_2$ реакции стержня *AC* направлен в противоположную сторону.

Задача 3. Груз весом $P = 20$ кН поднимается стержневым краном *ABC* посредством каната, перекинутого через блоки *B* и *D* (рис. 1.11). Блок *B* установлен в месте шарнирного соединения невесомых стержней *AB* и *BC*, блок *D* укреплён так, что участок троса *DB* составляет с вертикалью угол $\beta = 60^\circ$. Стержни *AB* и *BC* соединены со стенками шарнирами. Конец троса, несущий груз *P*, переброшен через блок *E* и на отрезке *BE* составляет с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Пренебрегая трением в блоке и размерами блока *B*, определить усилия в стержнях *AB* и *BC* при равновесии груза.

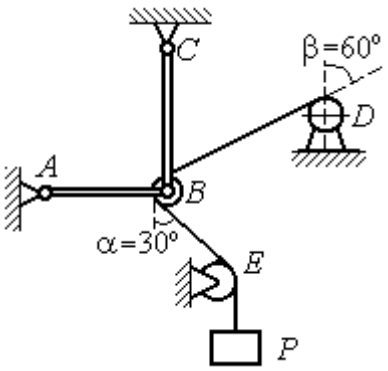


Рис. 1.11. Равновесие стержневой конструкции

Решение

Рассмотрим равновесие блока *B* вместе с отрезками нити *BE* и *BD*. Освободим блок *B* от связей и заменим их реакциями.

Рассматривая блок и отрезок нити как одно целое, можно не учитывать силы взаимного давления нити и блока. На блок действует реакция $\vec{T}$ нити *BD*, приложенная в точке *D*, численно равная весу груза *P*, реакция $\vec{T}'$ нити *BE*, приложенная в точке *E* и также численно равная весу груза *P* и реакции стержней $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ (см. рис. 1.12).

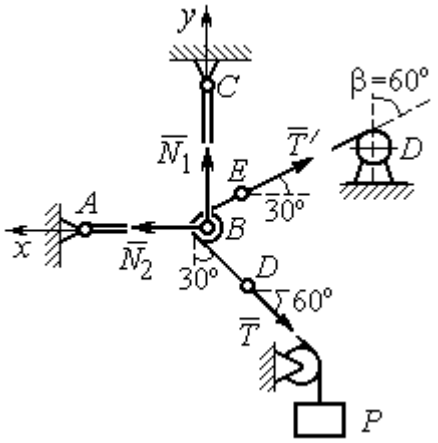


Рис. 1.12. Силы, действующие на блок *B*, при его равновесии

Пренебрегая размерами блока, можно считать систему сил сходящейся. Проведём координатные оси, как показано на рис. 1.12, и выразим условия равновесия плоской сходящейся системы сил в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = N_2 - T'\cos 30^\circ - T\cos 60^\circ = 0;\ \sum F_{ky} = N_1 + T'\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0.$$

Решая полученную систему уравнений с учётом, что $T' = T = P$ = 20 кН, получим: N_1 = 7,32 кН, N_2 = 27,32 кН.

Задача 4. Шахта ориентируется в вертикальной плоскости с помощью несвободного проволочного отвеса *CBDP*, натянутого грузом весом *P* = 50 Н (рис. 1.13).

Определить натяжения частей отвеса *CB*, *BD*, *DP* и натяжения оттяжек *BA* и *DE*, если угол отклонения оттяжки *BC* от горизонтали $\alpha = 60^\circ$, а отклонение средней части отвеса *BD* от вертикали $\beta = 4^\circ$. Весом проволоки отвеса пренебречь.

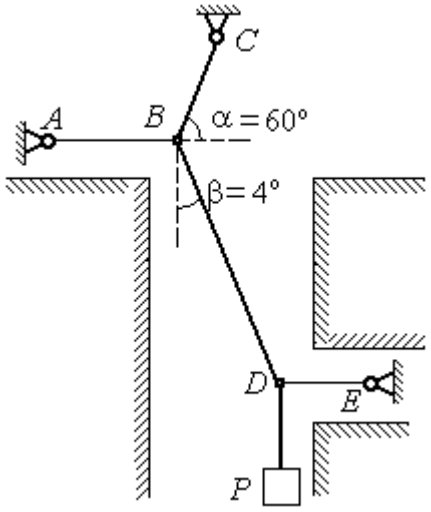


Рис. 1.13. Схема отвеса

Решение

Рассмотрим равновесие узла *D*, в котором сходятся три силы – реакция $\vec{S}$ средней части отвеса, реакция $\vec{T}_E$ оттяжки *DE* и реакция $\vec{T}_P$ отвеса на участке

DP, равная весу груза $T_P = P$ (рис. 1.14). Выберем оси координат *xDy*, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла *D:*

$$\sum F_{kx} = S\cos 86^\circ - T_E = 0\,; \;\; \sum F_{ky} = S\cos 4^\circ - T_P = 0\,.$$

Из второго уравнения с учётом, что натяжение отвеса на участке *DP* $T_P = P =$ 50 Н, находим натяжение S на среднем участке отвеса: $S = \dfrac{T_P}{\cos 4^\circ} = 50{,}12$ Н. Из первого уравнения находим натяжение $T_E = S\cos 86^\circ = 3{,}49$ Н.

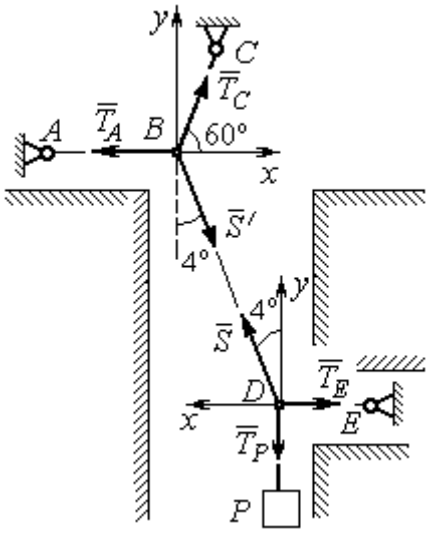


Рис.1.14. Силы, действующие в узлах *B* и *D* при равновесии отвеса

Теперь рассмотрим равновесие узла *B*, на который действуют реакция $\vec{T}_A$ оттяжки *BA*, реакция $\vec{T}_C$ верхней части отвеса *BC* и реакция $\vec{S}'$ средней части отвеса. Вектор силы $\vec{S}'$ противоположен направлению вектора $\vec{S}$: $\vec{S}' = -\vec{S}$, а численно (по принципу равенства действия и противодействия) они равны $S' = S$ (см. рис. 1.14). Выберем оси координат *xBy*, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла *B:*

$$\sum F_{kx} = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ - T_A = 0\,; \quad \sum F_{ky} = T_C\cos 30^\circ - S'\cos 4^\circ = 0\,.$$

Находим натяжение отвеса на верхнем участке *BC* и натяжение T_A оттяжки *BA*: $T_C = \dfrac{S'\cos 4^\circ}{\cos 30^\circ} = 57{,}73$ Н; $T_A = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ = 32{,}36$ Н.

Задача 5. Груз *P* = 20 кН удерживается двумя стержнями *AC*, *AD* одинаковой длины и цепью *AB*, скреплённых в точке *A*, так, что плоскость треугольника *ADC* горизонтальна (рис. 1.15). Цепь *BA* отклонена от вертикальной стены на угол $\beta = 60^\circ$ и расстояние *CE* = *ED.* Трос закреплён одним концом в точке *A*, а другой его конец, несущий груз, переброшен через блок *K* так, что отрезок

троса *АК* находится в плоскости, параллельной плоскости стены, и составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Крепления стержней шарнирные. Углы у оснований стержней $\angle DCA = \angle CDA = 60^\circ$. Определить реакции стержней и натяжение цепи. Весами стержней пренебречь.

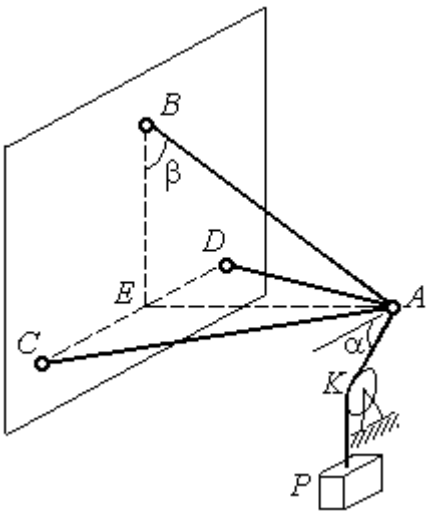


Рис. 1.15. Конструкция пространственного кронштейна

Решение

Рассмотрим равновесие узла *А*. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_D$ и $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция цепи $\vec{S}_B$ направлена вдоль линии натянутой цепи (рис. 1.16). Реакция троса $\vec{T}$ направлена вдоль троса по линии *АК* и численно равна весу груза: $T = P$. Направления реакций выбраны в предположении, что стержни и цепь растянуты.

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.16. На узел *А* действует пространственная сходящаяся система сил.

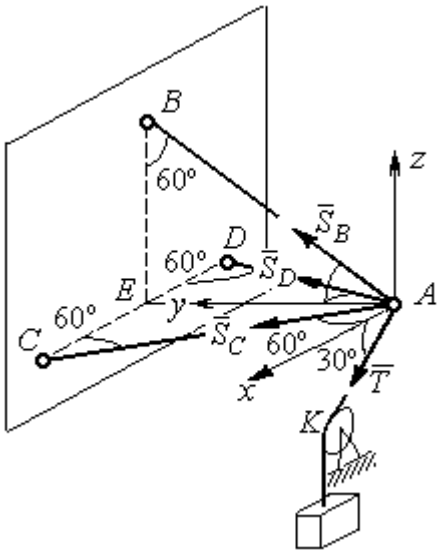


Рис. 1.16. Силы, действующие на узел *А*, при его равновесии

Условия равновесия пространственной сходящейся системы сил $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum F_{kz} = 0$, где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси. Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = S_C \cos 60^\circ - S_D \cos 60^\circ + T \cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = S_C \cos 30^\circ + S_D \cos 30^\circ + S_B \cos 30^\circ = 0; \quad \sum F_{kz} = S_B \cos 60^\circ - T \cos 60^\circ = 0.$$

Решая эту систему, находим $S_B = T = P = 20$ кН; $S_C = -27{,}32$ кН; $S_D = 7{,}32$ кН. Знак минус величины S_C показывает, что реакция стержня AC имеет обратное направление. Натяжение цепи равно модулю реакции $\vec{S}_B$.

Задача 6. Подъёмное устройство (рис. 1.17) состоит из двух стержневых опор DB и DA и растяжки DC, соединённых в точке D. В точке D к устройству прикреплена вертикальная нить, удерживающая груз весом $P = 50$ кН.

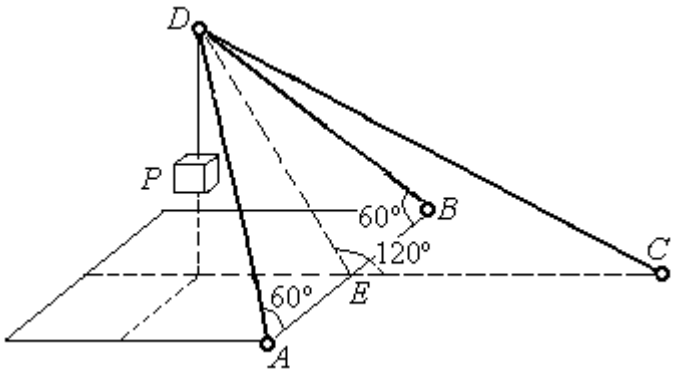


Рис. 1.17. Конструкция подъёмного устройства

Определить реакцию стержневых опор и усилие в растяжке подъёмного устройства, если крепления стержней шарнирные, угол $\angle DEC = 120^\circ$, $AE = EB$, $DE = EC$, а углы в основании опор $\angle DAB = \angle DBA = 60^\circ$.

Решение

Рассматриваем равновесие узла D. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_A$, $\vec{S}_B$, $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу тела, направлена вдоль нити (рис. 1.18). Направление реакций выбрано в предположении, что все стержни растянуты.

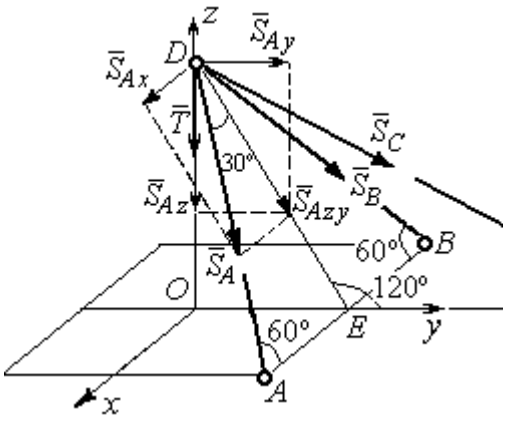


Рис. 1.18. Силы, действующие на узел D, при его равновесии

На узел D действует пространственная сходящаяся система сил. Выберем систему координат $Oxyz$, как показано на рис. 1.18, и составим уравнения равновесия. Заметим, что при определении проекции си-

лы $\vec{S}_A$ на оси координат следует вначале получить её проекции $\vec{S}_{Ax}$ на ось Ox и $\vec{S}_{Azy}$ – на плоскость Oyz, а затем найти проекции силы $\vec{S}_{Azy}$ на оси Oy и Oz. На рис. 1.18 показана последовательность вычисления проекций силы $\vec{S}_A$ на оси координат: $S_{Ax} = S_A\cos60^\circ$, $S_{Ay} = S_{Azy}\cos60^\circ = S_A\cos30^\circ\cos60^\circ$, $S_{Az} = -S_{Azy}\cos30^\circ = -S_A\cos^2 30^\circ$. Определение проекций силы $\vec{S}_B$ производится аналогично. Сила $\vec{S}_C$ расположена в плоскости Oyz и имеет своими проекциями $S_{Cy} = S_C\cos30^\circ$, $S_{Cz} = -S_C\cos60^\circ$. В результате уравнения равновесия узла D принимают вид

$$\sum F_{ky} = S_A\cos30^\circ\cos60^\circ + S_B\cos30^\circ\cos60^\circ + S_C\cos30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kx} = S_A\cos60^\circ - S_B\cos60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = -S_A\cos^2 30^\circ - S_B\cos^2 30^\circ - S_C\cos60^\circ - T = 0.$$

Решая систему, получим: $S_A = S_B = -50$ кН, $S_C = 50$ кН.

Отрицательные значения S_A и S_B означают, что реакций стержней AD и DB направлены в противоположную сторону. В результате стержни AD и DB сжаты, а стержень DC растянут.

1.3. Произвольная плоская система сил

Система сил, расположенных в одной плоскости, называется **плоской системой сил.**

Алгебраическим моментом $M_O(\vec{F})$ силы $\vec{F}$ относительно центра O, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ и кратчайшего расстояния h от центра до линии действия силы (рис. 1.19, *а*): $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$. Величину h называют **плечом силы.** Единица измерения момента – Н·м. Момент считается положительным, если сила $\vec{F}$ стремится повернуть тело вокруг центра в

направлении против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

На рис. 1.19, *b* показаны знаки моментов сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$ относительно центра *O*: $M_O(\vec{F}) = +Fh_2$, $M_O(\vec{Q}) = -Qh_1$. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра *O* равен нулю: $M_O(\vec{R}) = 0$, так как плечо силы равно нулю.

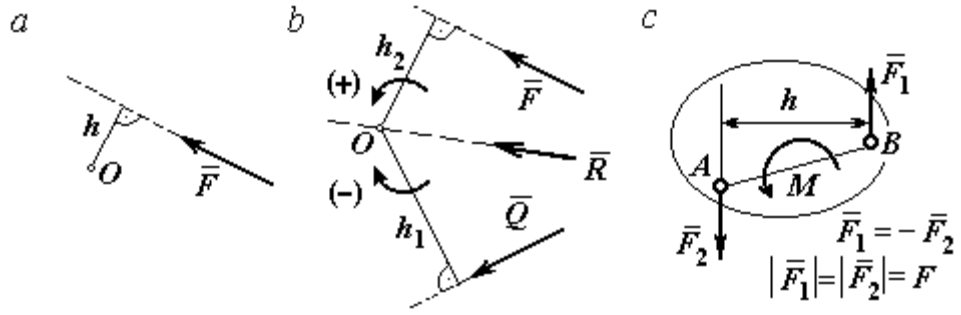


Рис. 1.19. Схемы к вычислению момента силы:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил

Парой сил, или просто парой (рис.1.19, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. **Плечом пары** называют кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары и плеча пары. Правило знаков такое же, как и для момента силы. Пара сил, показанная на рис. 1.19, *c*, имеет плечо *h* и момент *M*: $M = F_1 h = F_2 h$. Поскольку пара сил характеризуется только ее моментом, на схемах пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. *M* на рис. 1.19, *c*).

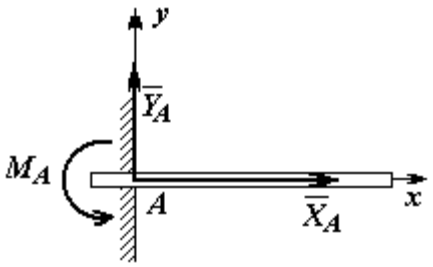


Рис. 1.20. Реакция жесткой заделки

Жесткая заделка. Такая связь (рис. 1.20) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция жесткой заделки состоит из силы

реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом M_A. Силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль координатных осей (см. рис. 1.20). Величина силы реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$.

При вычислении моментов сил часто применяют **теорему Вариньона** о том, что момент равнодействующей системы сил относительно любого центра равен сумме моментов всех сил этой системы относительно того же центра. На рис. 1.21 показана схема применения теоремы Вариньона. Силу $\vec{F}$ раскладываем на составляющие $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, направленные вдоль координатных осей так, что имеет место равенство $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Численно составляющие $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ равны проекциям силы $\vec{F}$ на координатные оси: $F_1 = F\cos\alpha$, $F_2 = F\sin\alpha$. Для каждой из составляющих находим плечи h_1 и h_2 относительно центра *O*. Тогда (с учётом знаков) момент силы $\vec{F}$ относительно центра *O*: $M_O(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_1) + M_O(\vec{F}_2) = F_1 h_1 + F_2 h_2$.

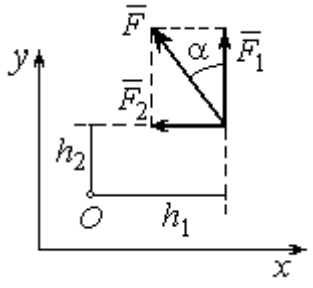


Рис.1.21. Применение теоремы Вариньона

Распределённая нагрузка. Силы, приложенные непрерывно вдоль некоторой поверхности, называются **распределенными**. Распределённая нагрузка характеризуется интенсивностью *q*. Интенсивность нагрузки, равномерно распределённой вдоль прямой, измеряется в Н/м. На рис. 1.22 приведена плоская система сил, равномерно распределённых вдоль прямой. Равнодействующая $\vec{Q}$ сил, равномерно распределённых вдоль прямой, приложена в середине отрезка действия распределённой нагрузки и по модулю равна про-

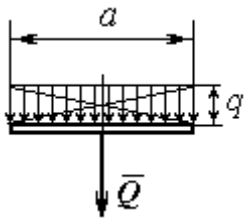


Рис. 1.22. Нагрузка, равномерно распределённая по прямой

изведению интенсивности нагрузки на длину её действия: $Q = qa$, где a – длина отрезка действия распределённой нагрузки.

Основная форма условий равновесия плоской системы сил. Для равновесия плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, была равна нулю:

$$\sum F_{kx} = 0, \ \sum F_{ky} = 0, \ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра A.

Примеры решения задач на равновесие произвольной плоской системы сил

Задача 7. Однородная балка *AB* весом *P* = 100 кН прикреплена к стене шарниром *A* (рис.1.23). Балка удерживается под углом 60° к вертикали при помощи троса, прикреплённого к балке в точке *B*, перекинутого через блок *D* и несущего груз *Q*. Участок троса *DB* образует с вертикалью угол 30°. В точке *C* к балке подвешен груз *G* весом *G* = 200 кН. Определить вес груза *Q*, удерживающий балку в равновесии, и реакцию шарнира *A*, пренебрегая трением в блоке, если расстояние $BC = 0{,}25BA$.

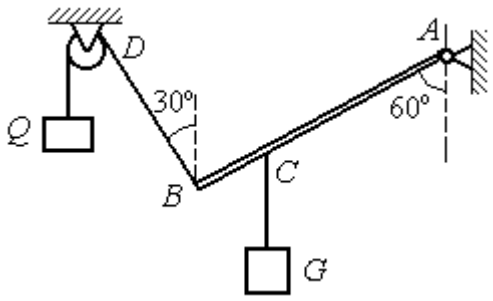


Рис. 1.23. Равновесие балки

Решение

Объектом равновесия является балка *AB*. На балку действуют сила тяжести $\vec{P}$, приложенная в середине отрезка *AB*, реакция шарнира *A*, представлен-

ная в виде двух составляющих $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей, реакция $\vec{T}_1$ нити, удерживающей груз *Q*, и реакция $\vec{T}_2$ нити, удерживающей груз *G*. Направления сил и реакций связей показаны на рис. 1.24.

Силы – $\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{P}$, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, действующие на балку, составляют произвольную плоскую систему. Условия равновесия произвольной плоской системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0\,;\ \sum F_{ky} = 0\,;\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0\,.$$

Выберем систему координат *xAy,* как показано на рис. 1.24.

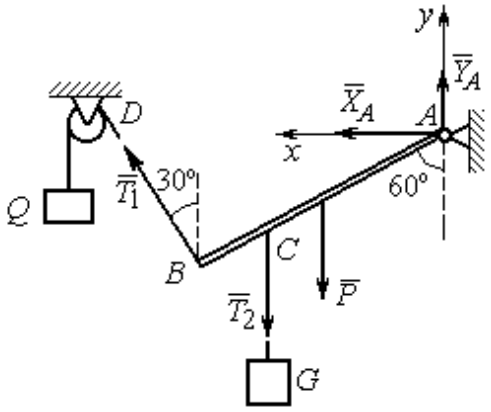


Рис. 1.24. Внешние силы и реакции связей при равновесии балки

Первые два уравнения равновесия имеют вид

$$\sum F_{kx} = X_A + T_1\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + T_1\cos 30^\circ - T_2 - P = 0.$$

Выберем центром точку *A* и будем вычислять моменты сил относительно этого центра. Обозначим (для удобства записи) длину $AB = \ell$. Условие равновесия балки в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно центра *A* имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -T_1\ell + T_2\frac{3}{4}\ell\cos 30^\circ + P\frac{1}{2}\ell\cos 30^\circ = 0.$$

Подставим данные из условия задачи, с учётом, что реакция нити, удерживающей груз *Q*, по модулю равна весу этого груза: $T_1 = Q$, а реакция нити, удерживающей груз *G*, численно равна весу груза *G*: $T_2 = G$.

Получим систему уравнений:

$$X_A + Q\cdot 0{,}5 = 0,\ \ Y_A + Q\cdot 0{,}866 - 300 = 0,\ \ -Q + 173{,}2 = 0.$$

Решая систему, найдём $Q = 173{,}2$ кН, $X_A = -86{,}6$ кН, $Y_A = 150{,}01$ кН.

Задача 8. Рама *ACE* (рис. 1.25, *a*) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара сил с моментом $M = 8$ кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю $F = 10$ кН, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная на отрезке *AB* нагрузка интенсивностью $q = 2$ кН/м. В точке *E* под прямым углом к отрезку *CE* рамы прикреплен трос, перекинутый через блок и несущий груз $P = 20$ кН.

Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира *A* и реакцию стержневой опоры *BK*, если $a = 2$ м.

Решение

Рассмотрим равновесие рамы *ACE*. Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.25, *b*.

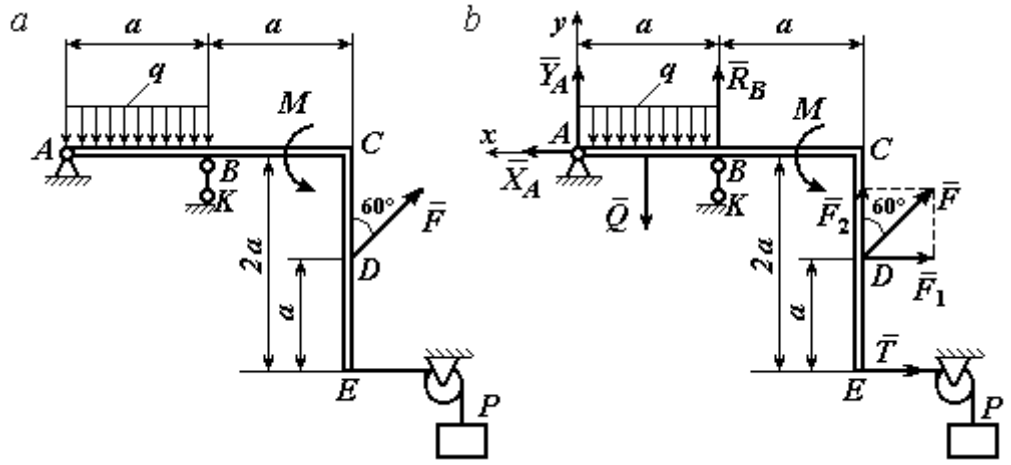


Рис. 1.25. Равновесие рамы:
a – конструкция и нагрузка рамы; *b* – внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию $\vec{R}_A$ шарнира *A* двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными, соответственно, вдоль горизонтальной оси *Ax* и вертикальной *Ay*. Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры *BK* приложена в точке *B* и направлена вдоль стержня *BK*. Действие груза *P* на раму изображается реакцией троса $\vec{T}$, модуль которой ра-

вен весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка AB и численно равна: $Q = qa = 2 \cdot 2 = 4$ кН. На рис. 1.25, *b* показано направление внешних сил и реакций при равновесии рамы. Направление реакции стержневой опоры *BK* выбрано в предположении, что стержень сжимается.

При равновесии рамы *ACE* действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил ($\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{R}_B, \vec{T}, M$) ~ 0. Условия равновесия имеют вид $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси *Ax*, *Ay*, первые два уравнения из условий равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0. \qquad (1.1)$$

При составлении третьего уравнения моменты сил будем вычислять относительно центра *A*. В этом случае линии действия сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, составляющих реакцию шарнира *A*, проходят через центр *A*, плечи сил равны нулю, и, следовательно, моменты этих сил относительно данного центра равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$, $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобнее воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, параллельных осям *Ax* и *Ay*: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ (см. рис. 1.25, *b*). Величины сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ определяются как проекции силы *F* на оси координат: $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$. По теореме Вариньона момент силы $\vec{F}$ относительно центра *A* равен сумме моментов сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ относительно того же центра *A*: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$.

В результате уравнение равновесия в форме моментов имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q \cdot 0{,}5a + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0. \qquad (1.2)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.1), (1.2) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, R_B. Решая эту систему, найдем: X_A= 28,66 кН; Y_A= 59,66 кН; R_B = – 60,66 кН.

Отрицательное значение величины R_B означает, что фактическое направление реакции $\vec{R}_B$ стержневой опоры BK противоположно направлению, показанному на рис. 1.25, *b*, т. е. стержень BK растягивается. Реакция шарнирной опоры *A* – сила $\vec{R}_A$ – находится как геометрическая (векторная) сумма сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$. Величина реакции $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18$ кН.

Задача 9. Прямоугольная рама *ABCED* (рис. 1.26) в точке *A* закреплена жёсткой заделкой. В точке *E* к раме прикреплена нить, составляющая угол 60º к горизонту. Другой конец нити, переброшенный через невесомый блок, несёт груз весом *P* = 15 кН. На раму действуют: пара сил с моментом M = 12 кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю *F* = 10 кН, приложенная в точке *C* под углом 30° к горизонтальному участку рамы *BE*, и равномерно распределенная на отрезке *BC* нагрузка интенсивностью *q* = 2 кН/м. В точке *D* под углом 60° к горизонту на раму действует сила $\vec{G}$, численно равная 20 кН.

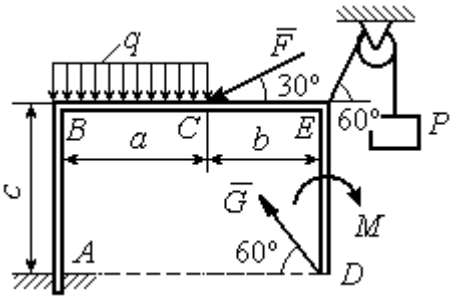


Рис. 1.26. Конструкция рамы

Пренебрегая весом рамы, определить реакцию жесткой заделки в точке *A*, если размеры рамы: *a* = 2 м, *b* = 1 м, *c* = 5 м.

Решение

Объектом равновесия является рама *ABCED.* Связями в данной конструкции являются жесткая заделка рамы в точке *A* и нить, натянутая грузом *P.* Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию жесткой заделки в точке *A* в виде силы, которую представим двумя ее составляющими $-\vec{X}_A$ и

$\vec{Y}_A$, и парой сил с моментом M_A (рис. 1.27). Реакция нити $\vec{T}$, приложенная к раме в точке *E*, направлена вдоль нити и численно равна весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка *AB* и численно равна: $Q = qa = 4$ кН.

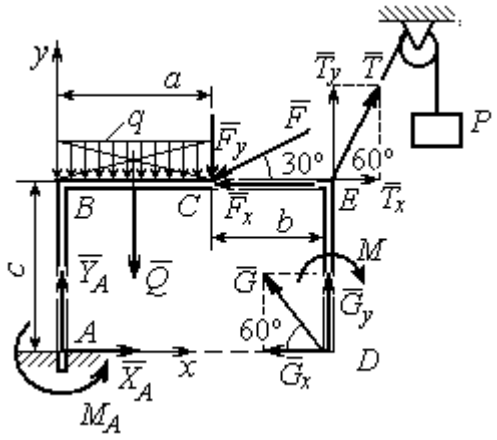


Рис. 1.27. Внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Действующие на раму силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил: $(\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G}, \vec{T}, M) \sim 0$. Условия равновесия для такой системы сил: $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$.

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.27, и составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ - G\cos 60^\circ = 0; \quad (3)$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - Q - F\cos 60^\circ + T\cos 30^\circ + G\cos 30^\circ = 0. \quad (4)$$

Моменты сил будем вычислять относительно центра *A*. В этом случае моменты сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$ равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$; $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобно воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$, параллельных осям *Ax* и *Ay*: $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$ (см. рис. 1.27). Величины сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ определяются как проекции силы $\vec{F}$ на оси координат: $F_x = F\cos 30^\circ$, $F_y = F\cos 60^\circ$. Плечо вектора силы $\vec{F}_x$ относительно центра *A* равно *c* (как длина перпендикуляра, проведённого из центра *A* на линию действия силы $\vec{F}_x$), плечом силы $\vec{F}_y$ является расстояние *a*. По теореме Вариньона

момент силы $\vec{F}$ относительно центра A равен алгебраической сумме моментов сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ относительно того же центра:

$$M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_x) + M_A(\vec{F}_y) = F_x \cdot c - F_y \cdot a = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a .$$

Аналогично вычисляем моменты сил $\vec{G}$ и $\vec{T}$: $M_A(\vec{G}) = G\cos 30^\circ \cdot (a+b)$; $M_A(\vec{T}) = -T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b)$. В результате уравнение моментов имеет вид:

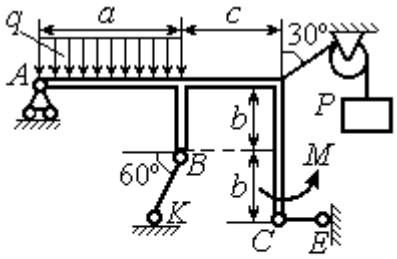
$$\sum M_A(\vec{F}_k) = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a - T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b) +$$

$$+ G\cos 30^\circ \cdot (a+b) - Q\frac{a}{2} - M + M_A = 0. \qquad (1.5)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.3) – (1.5) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, M_A, откуда найдём значения реакций: X_A= 11,16 кН; Y_A= –21,31 кН; M_A = –70,73 Н·м. Знаки показывают, что составляющая $\vec{Y}_A$ силы реакции жёсткой заделки и момент реакции M_A направлены в противоположную сторону. Величина силы реакции жесткой заделки $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$ = 24,05 кН.

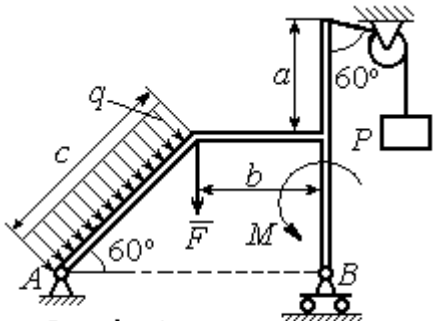
Упражнения

Упражнение 1.1



a = 3 м, b = 1 м, c = 2 м,
P = 15 кН, M = 3 кНм, q = 5 кН/м.
Найти реакцию стержней BK, CE
и реакцию шарнира A

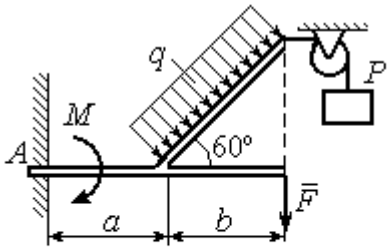
Упражнение 1.2



a = 2 м, b = 1 м, c = 3 м,
M = 3 кНм, q = 3 кН/м,
P = 2 кН, F = 4 кН.
Найти реакцию шарниров A и B

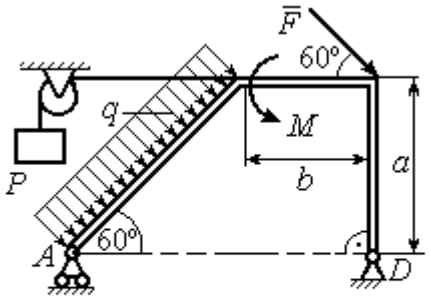
Рис. 1.28. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.1, 1.2

Упражнение 1.3



$a = 1$ м, $b = 2$ м, $F = 2$ кН,
$P = 3$кН, $M = 3$ кН·м,
$q = 2$ кН/м
Найти реакцию жесткой заделки

Упражнение 1.4



$a = 3$ м, $b = 1$ м, $P = 2$ кН, $F = 3$ кН,
$M = 3$ кН·м, $q = 2$ кН/м.
Найти реакцию шарниров A и D

Рис. 1.29. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.3, 1.4

1.4. Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называются **внутренними** в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию.

Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. В уравнения равновесия будут входить только силы, непосредственно приложенные к телу, равновесие которого рассматривается. **При этом реакции внутренних связей, приложенные к разным телам, будут попарно равны по модулю и противоположны по направлению.**

Примеры решения задач на равновесие систем тел

Задача 10. Диск весом Q = 100 кН опирается на вертикальную стенку и на наклонную балку AB. На диск действует сила $\vec{F}$, равная по величине 50 кН (рис. 1.30). Линия действия силы $\vec{F}$ проходит через центр диска под углом 30º к его вертикальному диаметру.

Однородная балка AB весом $G = 80$ кН закреплена в точке A шарнирно и удерживается под углом 60º к стене при помощи вертикального троса, один конец которого закреплён на балке в точке B, а другой – переброшен через блок и несёт груз весом P. Определить давление диска на стенку и на балку, реакцию шарнира A и вес груза P, удерживающий конструкцию в равновесии, если длина балки AB $\ell = 6$ м, радиус диска $r = 1$ м.

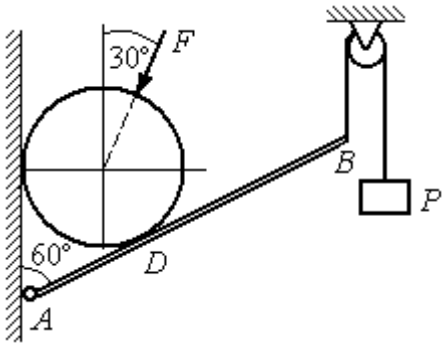


Рис. 1.30. Равновесие составной конструкции

Решение

Объект равновесия включает балку и диск и представляет собой составную конструкцию. Опора диска на балку в точке D является внутренней связью конструкции. Рассмотрим равновесие диска и балки отдельно.

Освобождаем диск от связей. На диск действует сила веса $\vec{Q}$, сила $\vec{F}$ и реакции $\vec{N}$ и $\vec{R}$ опор диска на стену в точке K и на балку в точке D (рис. 1.31). Силы, приложенные к диску, составляют плоскую систему сходящихся сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.31, и составим уравнения равновесия:

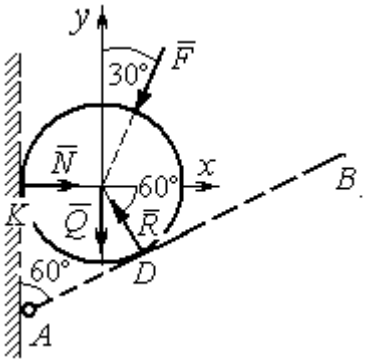


Рис. 1.31. Внешние силы и реакции связей при равновесии диска

$$\sum F_{kx} = -F\cos 60^\circ - R\cos 60^\circ + N = 0; \quad (1.6)$$

$$\sum F_{ky} = -F\cos 30^\circ + R\cos 30^\circ - Q = 0. \quad (1.7)$$

Рассмотрим равновесие балки AB (рис. 1.32).

На балку действуют сила тяжести $\vec{G}$, реакция шарнира A, (на рис. 1.32 показано её разложение на составляющие $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$), реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу груза P, и сила $\vec{R}'$ давления диска на балку. Сила давления $\vec{R}'$ про-

тивоположна реакции $\vec{R}$ опоры диска на балку и численно равна ей. Система сил ($\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G}, \vec{T}, \vec{R}'$), действующих на балку, является произвольной плоской. Условия равновесия такой системы сил: $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$.

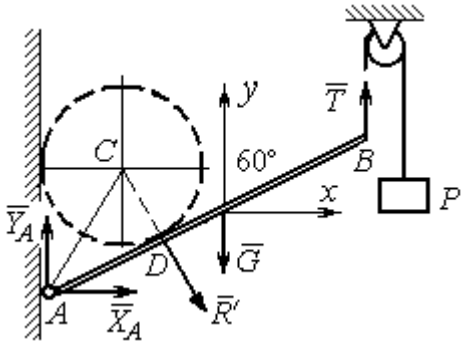


Рис. 1.32. Силы, действующие на балку, при равновесии

Выберем оси, как показано на рис. 1.32, и составим уравнения равновесия, полагая точку A центром, относительно которого производятся вычисления моментов сил:

$$\sum F_{kx} = X_A + R'\cos 60^\circ = 0, \tag{1.8}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - R'\cos 30^\circ - G + T = 0, \tag{1.9}$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -R' \cdot AD - G \cdot \frac{\ell}{2}\cos 30^\circ + T\ell\cos 30^\circ = 0. \tag{1.10}$$

Добавив к уравнениям (1.8) – (1.10) равновесия балки AB уравнения (1.6), (1.7) равновесия диска с учётом, что $R' = R$, получим систему пяти уравнений с пятью неизвестными. Подставляя данные из условия задачи и решая совместную систему, найдём: $R = 165{,}47$ кН; $N = 107{,}74$ кН; $P = 95{,}26$ кН; $X_A = -82{,}73$ кН; $Y_A = 128{,}03$ кН.

Сила давления диска на стену равна модулю реакции опоры $\vec{N}$ и направлена в противоположную сторону, сила давления диска на балку равна $\vec{R}'$.

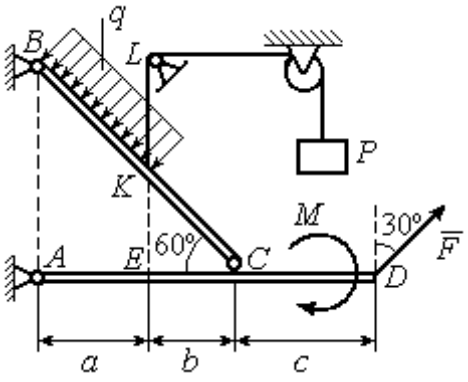


Рис.1.33. Равновесие кронштейна как сочленённой конструкции

Задача 11. Кронштейн состоит из горизонтальной балки AD, прикрепленной к вертикальной стене в точке A, и откоса BC, соединённого с балкой AD в точке C под углом 60º и прикреплённого к вертикальной стене в точке B (рис. 1.33). Все соедине-

ния шарнирные. На конструкцию действуют сила $\vec{F}$, приложенная в точке D под углом 30º к вертикали и равная по модулю F =10 кН, пара сил с моментом M = 8 кН·м и равномерно распределенная на отрезке BK нагрузка интенсивностью q = 3 кН/м. В точке K к балке BC прикреплена нить, другой конец которой, переброшенный через невесомые блоки, несёт груз весом P = 5 кН (см. рис. 1.33).

Определить реакции шарниров A, B и C, если a = 2 м, b = 1 м, c = 3 м, а на отрезке KL нить натянута вертикально.

Решение

Рассмотрим равновесие каждой из составных частей конструкции – балки BC и балки AD. Освобождаем балки от связей и заменяем их реакциями (рис. 1.34).

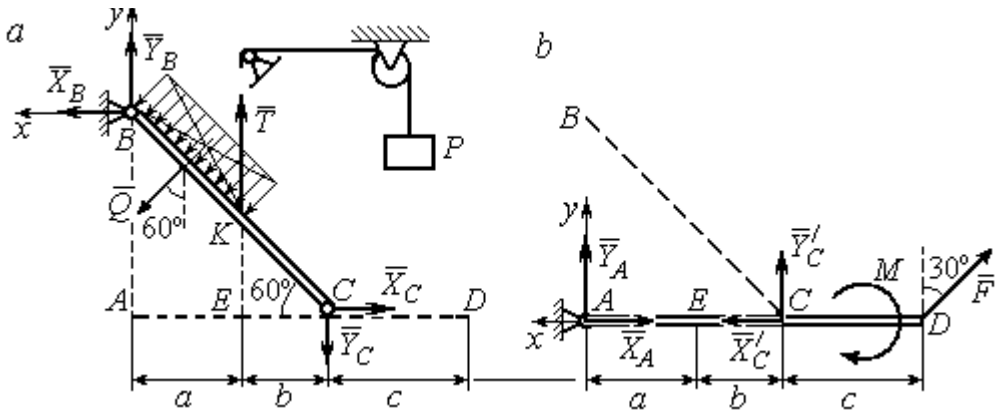


Рис. 1.34. Равновесие элементов конструкции кронштейна:
a - силы, действующие на балку *BC*; *b* - силы, действующие на балку *AD*

На рис. 1.34, *a* показаны реакции внешних и внутренних связей балки BC: реакция $\vec{R}_B$ шарнира B, реакция нити $\vec{T}$, равная по величине весу груза, $T = P$ и реакция $\vec{R}_C$ внутреннего шарнира C. Реакции шарниров B и C представлены в виде разложения на составляющие $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$ и $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$. Заменяем равномерную нагрузку равнодействующей силой $\vec{Q}$, приложенной в середине отрезка BK (см. рис. 1.34, *a*) и численно равной $Q = q \cdot BK = q \cdot \dfrac{a}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a$.

Система сил ($\vec{Q}$, $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$, $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{T}$), действующая на балку *BC*, является произвольной плоской уравновешенной системой сил. Выберем оси координат *xBy*, как показано на рис. 1.34, *a*, и составим уравнения равновесия. При этом моменты сил будем вычислять относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = X_B + Q\cos 30^\circ - X_C = 0; \tag{1.11}$$

$$\sum F_{ky} = Y_B - Q\cos 60^\circ + T - Y_C = 0; \tag{1.12}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = X_B \cdot AB - Y_B(a+b) - Tb + Q\left(CK + \frac{1}{2}BK\right) = 0, \tag{1.13}$$

где $AB = (a+b)\mathrm{tg}60^\circ$; $CK = 2b$; $\frac{1}{2}BK = a$.

Рассмотрим равновесие балки *AD* (рис. 1.34, *b*).

На балку действует сила $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_A$ шарнира *A* и реакция $\vec{R}'_C$ внутреннего шарнира *C*. Реакция $\vec{R}'_C$ равна по величине и противоположна по направлению реакции $\vec{R}_C$. На рис. 1.34, *b* реакция $\vec{R}_A$ представлена составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}'_C$ – составляющими $\vec{X}'_C$ и $\vec{Y}'_C$. При этом следует отметить: $\vec{X}'_C = -\vec{X}_C$; $\vec{Y}'_C = -\vec{Y}_C$.

Выберем оси координат *xAy* как показано на рис. 1.34, *b*, и составим уравнения равновесия балки *AD*, вычисляя моменты сил относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = -X_A + X'_C - F\cos 60^\circ = 0; \tag{1.14}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + Y'_C + F\cos 30^\circ = 0; \tag{1.15}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = -Y_A(a+b) + F\cos 30^\circ \cdot c - M = 0. \tag{1.16}$$

Решая совместно систему уравнений (1.11) – (1.16) с учётом исходных данных задачи и равенства модулей сил $X_C = X'_C$ и $Y_C = Y'_C$, находим:

X_A = 5,99 кН, Y_A = 5,99 кН, X_C = 10,99 кН, Y_C = – 14,65 кН;

X_B = 0,6 кН, Y_B = – 13,65 кН,

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 8{,}47 \text{ кН},\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 18{,}31 \text{ кН},$$

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = 13{,}65 \text{ кН}.$$

Задача 12. Вертикальная балка AB с горизонтальной перекладиной LC закреплена в точке A с помощью жесткой заделки (рис. 1.35). Наклонная балка EC с углом наклона к горизонту 60° точке C шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине LC балки AB, а в точке E опирается на каток установленный на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках BL и DE нагрузка с одинаковой интенсивностью $q = 2$ кН/м, сила $\vec{F}$, приложенная в точке D перпендикулярно балке EC и равная по величине $F = 10$ кН, и пара сил с моментом $M = 5$ кН·м. Определить реакцию жесткой заделки A и реакции шарниров C и E, если параметр a, определяющий размеры конструкции, равен $a = 2$ м.

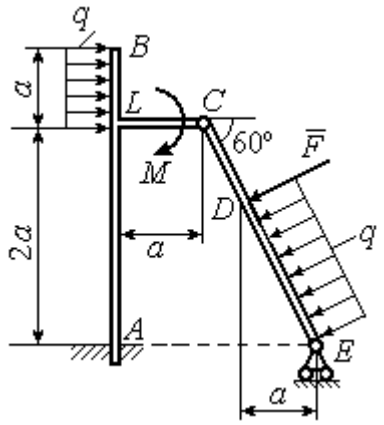


Рис. 1.35. Равновесие сочленённой конструкции

Решение

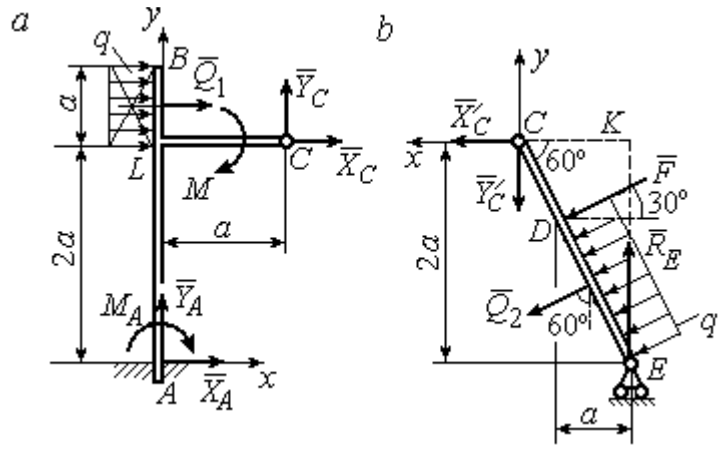


Рис. 1.36. Равновесие элементов конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку AB;
b - силы и реакции связей, действующие на балку CE

Разделим систему на две части по шарниру C и рассмотрим равновесие балок ABC и EC отдельно.

Рассмотрим балку ABC (рис. 1.36, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, численно равной $Q_1 = qa = 4$ кН. На балку действует сила $\vec{Q}_1$, пара сил с моментом M и реакции связей – жёсткой заделки в точке A и шарнира C.

На рис. 1.36, *a* изображена реакция жесткой заделки в точке *A* в виде силы, разложенной на составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, и пары с моментом M_{A}. Реакция $\vec{R}_C$ шарнира *C* показана разложением на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Y}_C$. Силы образуют произвольную плоскую систему.

Введём систему координат, как показано на рис. 1.36, *a,* и составим уравнения равновесия балки, выбрав центром вычисления моментов сил точку *A*.

Имеем систему

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0; \tag{1.17}$$

$$\sum M_A\left(\vec{F}_k\right) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0. \tag{1.18}$$

Рассмотрим теперь равновесие балки *EC* (рис. 1.36, *b*). Заменим распределённую нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка *ED* и равной $Q_2 = \dfrac{qa}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a = 8\,\text{кН}$. На балку действуют силы $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_E$ подвижной опоры – катка *E* и реакция $\vec{R}'_C$ шарнира *C*. На рис. 1.36, *b* реакция $\vec{R}'_C$ показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$. При этом силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю: $X_C = X'_C$; $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.36, *a*, *b*).

Действующие на балку *EC* силы образуют уравновешенную произвольную плоскую систему сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.36, *b,* и составим уравнения равновесия, вычисляя моменты сил относительно центра *C*. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0, \tag{1.19}$$

$$\sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0, \tag{1.20}$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a\right) - Q_2 \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - a\right) + R_E \cdot 2a\,\text{tg}30^\circ = 0. \tag{1.21}$$

Подставим в совместную систему (1.17) – (1.21) исходные данные задачи и, воспользовавшись тем, что модули сил $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ равны, найдём:

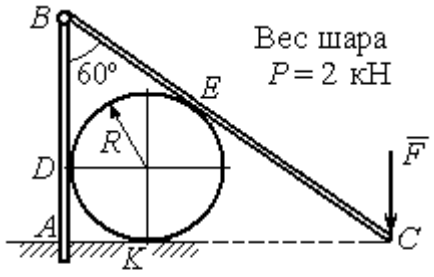
$$X_A = 11{,}59 \text{ кН}; \quad Y_A = -2{,}76 \text{ кН}; \quad M_A = 42{,}87 \text{ кН·м};$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН}; \quad Y_C = 2{,}76 \text{ кН}; \quad R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Полные величины сил реакции жесткой заделки и взаимного давления в шарнире C: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91$ кН; $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83$ кН.

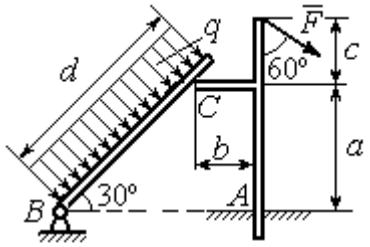
Упражнения

Упражнение 1.5



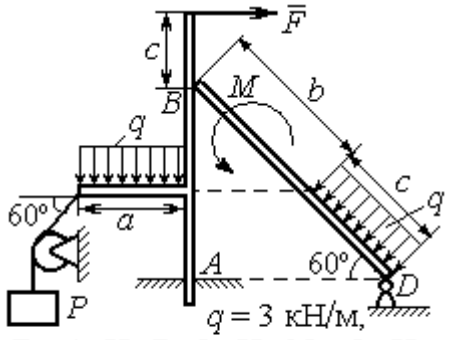
$R = 1$ м, $F = 8$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B, реакцию опоры шара в точках D, K, E

Упражнение 1.6



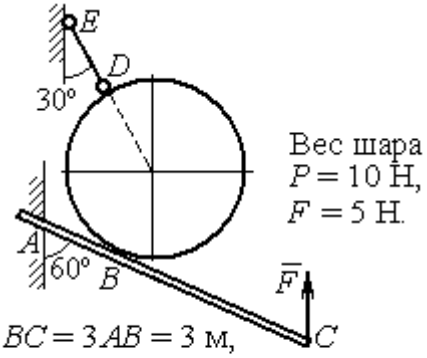
$a = 2$ м, $b = 1$ м, $c = 1$ м, $d = 5$ м,
$q = 3$ кН/м, $F = 4$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

Упражнение 1.7



$q = 3$ кН/м,
$F = 4$ кН, $P = 3$ кН, $M = 2$ кН·м,
$a = 2$м, $b = 3$м, $c = 1$м
Найти реакцию заделки A, шарнира D и реакцию опоры B

Упражнение 1.8



$BC = 3AB = 3$ м,
Найти реакцию жесткой заделки A, реакцию стержня DE и реакцию опоры в точке B

Рис. 1.37. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.5 – 1.8

1.5. Произвольная пространственная система сил

Моментом силы относительно оси называют момент вектора проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с плоскостью. На рис. 1.38 показано вычисление момента силы $\vec{F}$ относительно оси z:

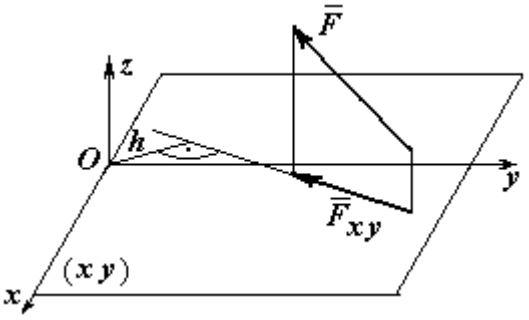


Рис. 1.38. Момент силы относительно оси

$$M_z(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_{xy}) = F_{xy}h,$$

где O – точка пересечения оси z с плоскостью xy, перпендикулярной оси z; $\vec{F}_{xy}$ – вектор проекции силы $\vec{F}$ на плоскость xy; h – плечо силы $\vec{F}_{xy}$ относительно центра O. Момент силы относительно оси считается положительным, если при взгляде с положительного направления оси он создаёт вращение против хода часовой стрелки.

Равновесие пространственной системы сил. Для равновесия пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат x, y, z были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0;\ \sum F_{ky} = 0;\ \sum F_{kz} = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_y(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей, $k = 1, 2, ...$

Примеры решения задач на равновесие пространственных систем сил

Задача 13. Горизонтальный вал (рис. 1.39) закреплен в подпятнике C и подшипнике K. Вал имеет шкив B радиуса R и шкив D радиуса r.

Оба шкива перпендикулярны оси вала. Рукоять *AE* параллельна оси *Cx*.

Нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива *D* по касательной в точке *L* параллельно плоскости *zCx*, так что радиус шкива *D*, проведённый в точку схода нити, составляет с вертикальным диаметром угол 30º.

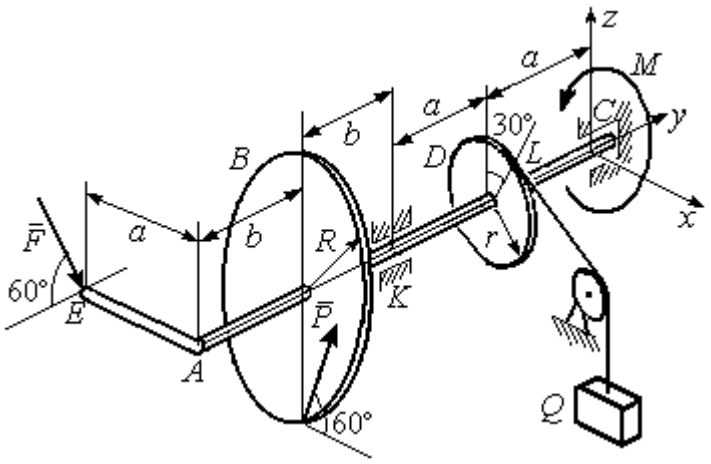


Рис. 1 39. Равновесие вала

На вал действуют силы: $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом *M*. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной *zCy*, и составляет угол 60° с направлением оси *Cy*. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке шкива *B*, параллельна плоскости *zCx* и составляет угол 60° с направлением оси *Cx*. Определить вес удерживаемого груза Q и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН; $F = 2$ кН; $M = 3$ кН·м; $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}3$ м; $a = 0{,}8$ м; $b = 0{,}4$ м.

Решение

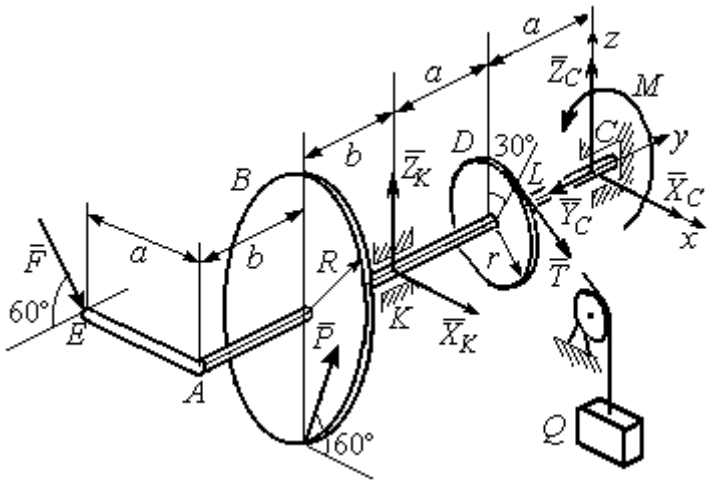


Рис. 1.40. Активные силы и реакции связей, действующие на вал, при его равновесии

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом Q, подпятник *C* и подшипник *K*. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_C$ подпятника *C* раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей (рис. 1.40). Реакция $\vec{R}_K$ подшипника *K* лежит в плоскости, пер-

пендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки *L* и по модулю равна весу груза *Q*.

Активные силы и реакции связей составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил. При составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.41).

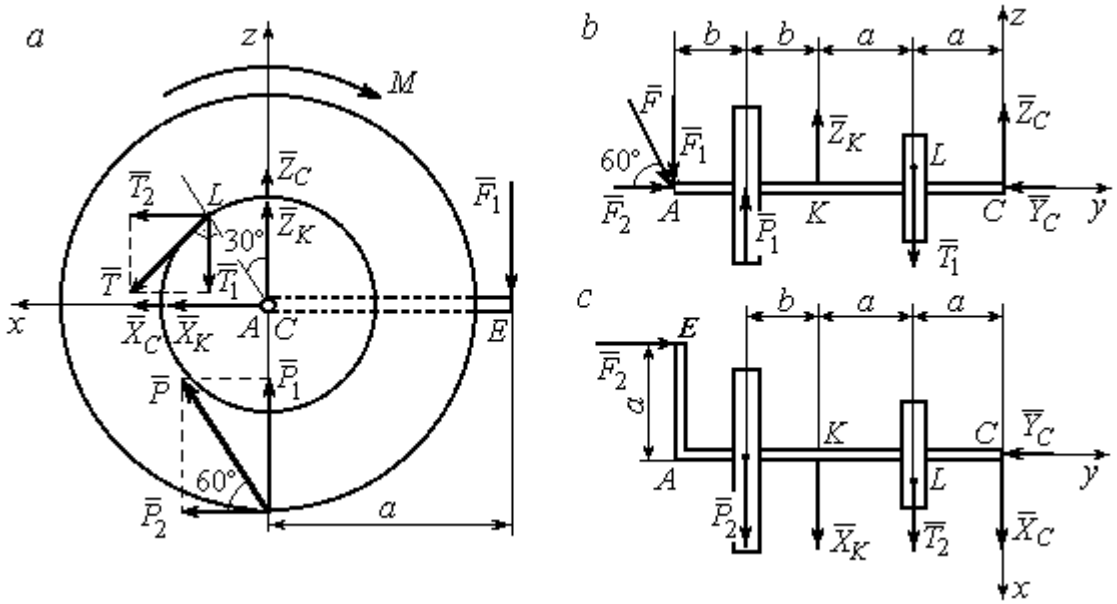


Рис. 1.41. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
a – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
b – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
c – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*

На рис. 1.41, *a* показаны проекции вала и всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций сил относительно точки *C*, получим значения моментов этих сил относительно оси *y*. При вычислении моментов сил относительно оси *x* достаточно вычислить моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (рис. 1.41, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на

плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси *z* (рис. 1.41, *c*).

Величины проекций сил определяются равенствами: $P_1 = P\cos 30^\circ$;

$P_2 = P\cos 60^\circ$; $T_1 = T\cos 60^\circ$; $T_2 = T\cos 30^\circ$; $F_1 = F\cos 30^\circ$; $F_2 = F\cos 60^\circ$.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P\cos 60^\circ + X_K + T\cos 30^\circ + X_C = 0; \quad \sum F_{ky} = F\cos 60^\circ - Y_C = 0;$$

$$\sum F_{kz} = P\cos 30^\circ + Z_K - T\cos 60^\circ + Z_C - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T\cos 60^\circ \cdot a - Z_K \cdot 2a - P\cos 30^\circ \cdot (2a + b) +$$

$$+ F\cos 30^\circ \cdot (2a + 2b) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F\cos 30^\circ \cdot a - P\cos 60^\circ \cdot R + T \cdot r - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = T\cos 30^\circ \cdot a + X_K \cdot 2a + P\cos 60^\circ \cdot (2a + b) - F\cos 60^\circ \cdot a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему шести уравнений с шестью неизвестными, решая которую, найдём:

$$X_C = -8{,}09 \text{ кН}, \; Y_C = 1 \text{ кН}, \; Z_C = 4{,}65 \text{ кН}, \; Z_K = 2{,}92 \text{ кН};$$

$$X_K = -10{,}02 \text{ кН}, \; T = 18{,}6 \text{ кН}.$$

Реакции подпятника и подшипника:

$$R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 9{,}4 \text{ кН}, \; R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 10{,}44 \text{ кН}.$$

Вес удерживаемого груза *Q* равен реакции нити *T*.

Задача 14. Однородная прямоугольная плита (рис. 1.42) веса 25 кН прикреплена к полу при помощи шарового шарнира *A*, подшипника *B* и удерживается в вертикальном положении стержнем *CO*, лежащим в плоскости, перпендикулярной плоскости плиты так, что $\angle COB = 60^\circ$. В плоскости плиты на неё действуют пара сил с моментом $M = 6$ кН·м, сила $\vec{F}_1$, равная $F_1 = 10$ кН, приложенная на верхней стороне плиты в точке *H* под углом 30º к линии *EC*, и сила $\vec{F}_2$, равная $F_2 = 5$ кН, приложенная в точке *D* параллельно стороне *AB*.

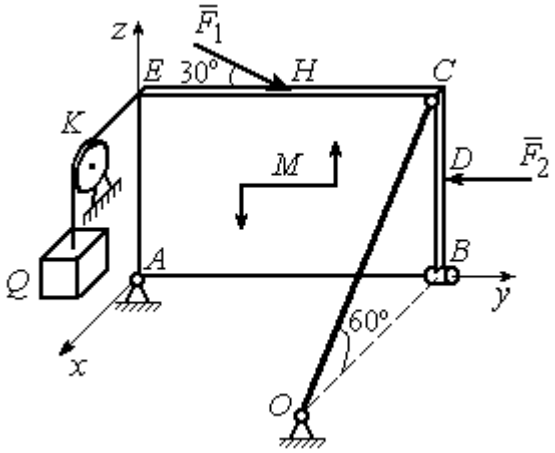


Рис. 1.42. Равновесие плиты

В точке E к плите прикреплён трос, на другом конце которого, перекинутым через блок K, подвешен груз весом $Q = 20$ кН. Отрезок троса EK перпендикулярен плоскости плиты.

Определить реакции шарнира A, подшипника B и реакцию стержня CO, если ширина плиты $AB = 3$ м; высота $AE = 2$ м; $EH = HC$, $CD = DB$.

Решение

Рассмотрим равновесие плиты $ABCE$. На плиту действуют активные силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести плиты $\vec{P}$, пара сил с моментом M и реакции связей. Связями являются пространственный шарнир A, нить, натянутая грузом Q, подшипник B и невесомый стержень CO.

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.43. Освобождаем плиту от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_A$ шарнира A раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити параллельно оси Ax и равна весу груза $T = Q$, реакция $\vec{R}_B$ подшипника B расположена в плоскости, перпендикулярной оси Ay, и представлена в виде двух своих составляющих $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$, реакция $\vec{S}$ невесомого стержня CO направлена вдоль стержня. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.43.

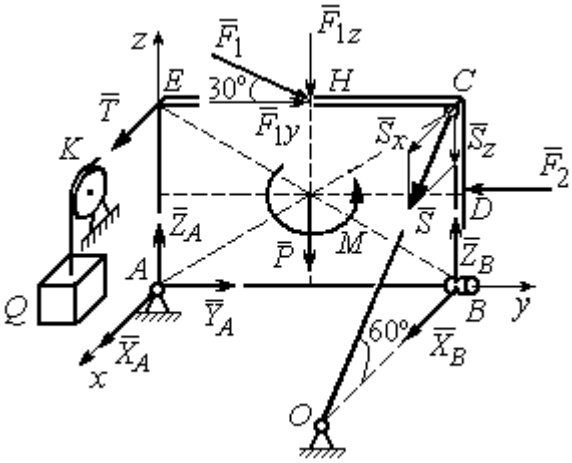


Рис. 1.43. Силы, действующие на плиту, при её равновесии

Силы, действующие на плиту, и реакции связей составляют пространственную уравновешенную систему сил. Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A + T + X_B + S\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F_2 + F_1\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A - F_1\cos 60^\circ - P + Z_B - S\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = -F_1\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - F_1\cos 30^\circ \cdot AE - P \cdot 0{,}5 \cdot AB +$$

$$+ F_2 \cdot BD + Z_B \cdot AB - S\cos 30^\circ \cdot AB + M = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = T \cdot AE + S\cos 60^\circ \cdot CB = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + S\cos 60^\circ \cdot EC = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему уравнений, решая которую, найдём значения реакций: $S = -40$ кН; $X_B = -20$ кН; $Z_B = -17{,}53$ кН; $X_A = 20$ кН; $Y_A = -3,66$ кН; $Z_A = 12{,}89$ кН.

Задача 15. Прямоугольная фрамуга *ACEB* весом $P = 50$ Н, закрепленная в точках *A* и *B* цилиндрическими шарнирами, открыта на угол 60º (рис. 1.44). На фрамуге в точке *H* закреплена верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомый блок *K*, несёт груз *Q*. При этом линия верёвки *HK* параллельна прямой *ED*. На фрамугу действует сила $\vec{F}$, приложенная в верхнем углу в точке *C* перпендикулярно плоскости фрамуги и равная по величине $F = 15$ Н.

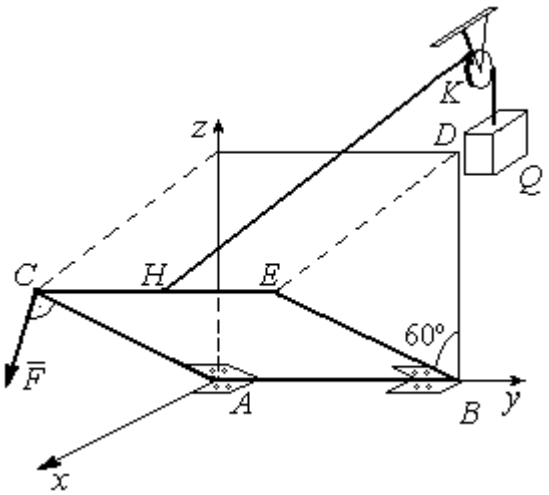


Рис. 1.44. Равновесие фрамуги

Определить вес груза *Q*, необходимый для удержания фрамуги в равновесии и реакции цилиндрических шарниров *A* и *B*, если размеры фрамуги $BE = BD = 2$ м; $AB = 3$ м; $CH = HE$.

Решение

Рассмотрим равновесие фрамуги *ABCE*. Изображаем внешние активные силы: силу $\vec{F}$, силу тяжести фрамуги $\vec{P}$, а также реакции связей. Связями являются два цилиндрических шарнира *A* и *B* (связь, аналогичная подшипнику) и нить, натянутая грузом *Q*. Выберем систему координат *Axyz*, как показано на рис. 1.45. Освобождаем фрамугу от связей, заменяя их действие реакциями. Реакции $\vec{R}_A$ и $\vec{R}_B$ шарниров *A* и *B* раскладываем на взаимно перпендикулярные составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Z}_A$ и $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$ в плоскостях, перпендикулярных оси вращения фрамуги (ось *Ay*), реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и равна весу груза $T = Q$. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.45.

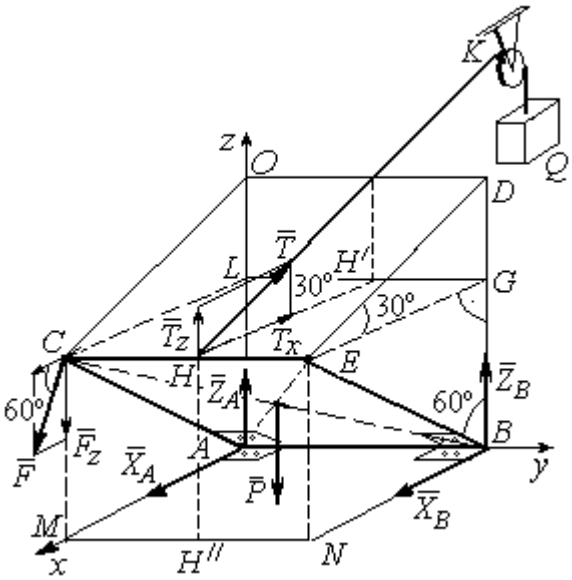


Рис. 1.45. Активные силы и реакции при равновесии фрамуги

Силы, действующие на фрамугу, составляют уравновешенную пространственную систему сил.

Составим уравнения равновесия. При этом для удобства вычисления моментов сил относительно осей изобразим плоскости, перпендикулярные этим осям, с проекциями на них сил, действующих на фрамугу (рис. 1.46). Тогда моменты сил, действующих на фрамугу, например, относительно оси *Ax* определяются как моменты векторов проекций этих сил на плоскость *zAy* относительно точки *A* – пересечения оси *Ax* и перпендикулярной ей плоскости *zAy* (см. рис. 1.46, *a*). Аналогично при вычислении моментов сил относительно оси *Az* достаточно вычислить моменты векторов проекций сил на плоскость *xAy* относительно точки *A* (см. рис. 1.46, *b*).

Значения моментов сил относительно оси Ay получим, вычисляя моменты векторов проекций сил на плоскость zAx относительно точки A (см. рис. 1.46, *c*).

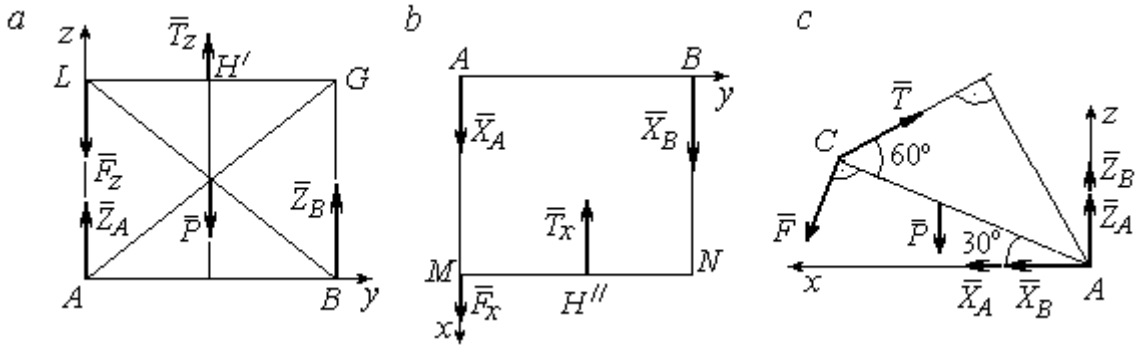


Рис. 1.46. Фрамуга и действующие на неё силы в проекциях на координатные плоскости:
a – проекция на плоскость *zAy* со стороны положительного направления оси *x*;
b – проекция на плоскость *xAy* со стороны положительного направления оси *z*; *c* – проекция на плоскость *zAx* со стороны положительного направления оси *y*

Уравнения равновесия фрамуги имеют вид:

$$X_A + X_B + F\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A + Z_B - P - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T_z \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB =$$

$$= T\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = P \cdot 0{,}5 \cdot AC\cos 30^\circ + F \cdot AC - T \cdot AC\sin 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + T_x \cdot 0{,}5 \cdot AB = -X_B \cdot AB + T\cos 30^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB = 0.$$

Подставляя исходные данные из условия задачи и решая систему, найдём реакции шарниров фрамуги:

$$X_B = 18{,}22 \text{ Н},\ Z_B = 14{,}41 \text{ Н},\ R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 23{,}31 \text{ Н};$$

$$X_A = 10{,}83 \text{ Н},\ Z_A = 27{,}41 \text{ Н},\ R_A = \sqrt{X_A^2 + Z_A^2} = 29{,}47 \text{ Н}.$$

Вес груза, удерживающий фрамугу в равновесии, численно равен реакции верёвки: $Q = T = 42{,}37$ Н.

Задача 16. Горизонтальный коленчатый вал *AD* (рис. 1.47) закреплен в подпятнике *A* и подшипнике *C*. Вал имеет шкив радиуса r и рукоять *DH*, перпендикулярные оси вала. Рукоять *DH* образует угол 30º к направлению оси *Ax*. Колено вала расположено в горизонтальной плоскости *xAy*. Нить, удерживающая груз *Q*, намотана на шкив и сходит с него вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, $\vec{G}$ и пара сил с моментом *M*. Сила $\vec{F}$ приложена в верхней точке вертикального диаметра шкива под углом 30° к направлению оси *Ay* и находится в плоскости *zAy*. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке *H* рукояти параллельно оси *Az*. Сила $\vec{G}$ приложена в крайней точке *K* стойки колена вала под углом 60º к стойке и находится в плоскости, перпендикулярной оси вала. Пара сил с моментом *M* создаёт вращение вала вокруг оси *Ay*.

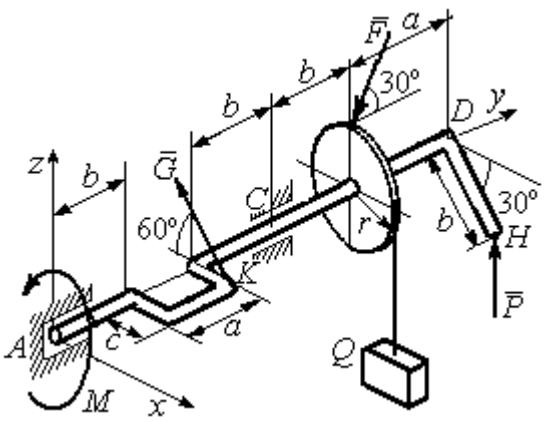


Рис. 1.47. Равновесие вала

Определить вес удерживаемого груза Q и реакции подшипника и подпятника, если: $P = 10$ кН; $F = 12$ кН; $G = 6$ кН; $M = 3$ кН·м; $r = 0{,}3$ м; $a = 0{,}8$ м; $b = 0{,}4$ м; $c = 0{,}2$ м.

Решение

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы – $\vec{F}$, $\vec{P}$, $\vec{G}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом Q, подпятник *A* и подшипник *C*.

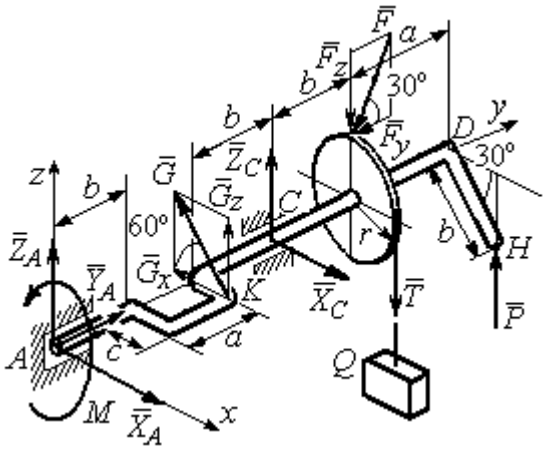


Рис. 1.48. Силы и реакции, действующие на вал при равновесии

Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями.

Реакцию подпятника A раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция подшипника C лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и также может быть разложена на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей Ax, Az. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и по модулю равна весу груза, $T = Q$. Действие на вал активных сил и реакций связи показано на рис. 1.48.

Указанные силы составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил.

Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - G\cos 60^\circ + X_C = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A + G\cos 30^\circ + Z_C - F\cos 60^\circ - T + P = 0.$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = G_z(b+a) + Z_C(b+a+b) - F_z(b+a+b+b) + F_y r -$$

$$- T(b+a+b+b) + P(b+a+b+b+a) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -G_z c + Tr - Pb\cos 30^\circ - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = G_x(b+a) - X_C(b+a+b) = 0,$$

где значения проекций сил на оси $G_z = G\cos 30^\circ$; $G_x = G\cos 60^\circ$; $F_z = F\cos 60^\circ$; $F_y = F\cos 30^\circ$.

Подставляя исходные данные и решая систему, получим значения реакций:

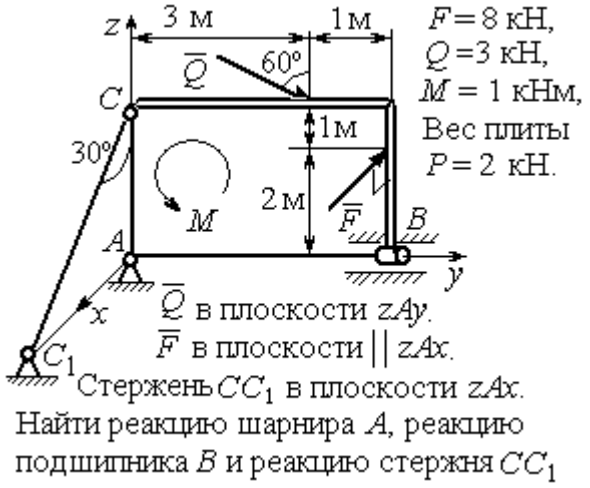
$$X_C = 2{,}25 \text{ кН}; \; Z_C = 13{,}57 \text{ кН}; \; R_C = \sqrt{X_C^2 + Z_C^2} = 15{,}58 \text{ кН};$$

$$Z_A = 0{,}39 \text{ кН}; \; Y_A = 10{,}39 \text{ кН}; \; X_A = 0{,}75 \text{ кН}; \; R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 10{,}42 \text{ кН}.$$

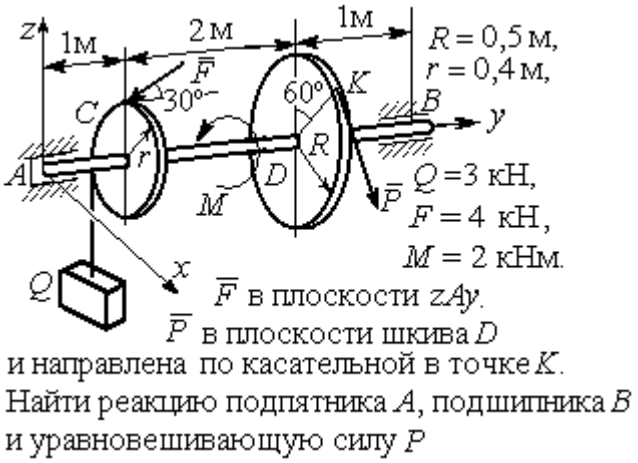
Вес удерживаемого груза равен реакции нити $Q = T = 25{,}03$ кН.

Упражнения

Упражнение 1.9



Упражнение 1.10



Упражнение 1.11



Упражнение 1.12

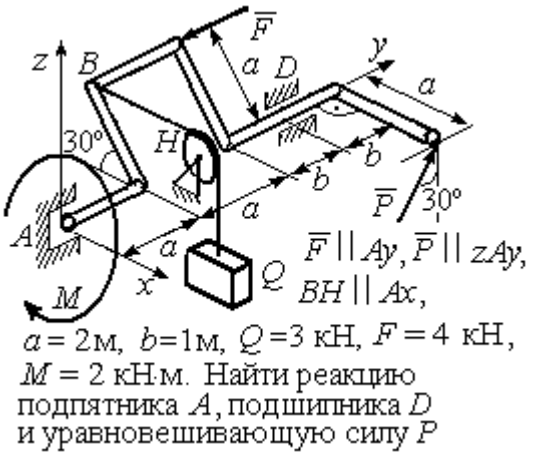


Рис. 1.49. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.9 – 1.12

1.6. Равновесие тел при наличии сил трения

Трение скольжения. При наличии трения скольжения полная реакция $\vec{R}$ шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ опоры и

силу $\vec{F}_{\text{тр с}}$ трения скольжения, направленную по касательной к поверхности в точке опоры.

В покое сила трения скольжения может принимать любые значения от нуля до некоторого предельного значения $F_{\text{тр с}}$, называемого **предельной силой трения скольжения** (рис. 1.50).

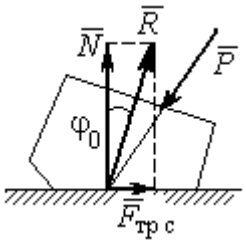


Рис. 1.50. Реакция опоры с трением скольжения

Наибольший угол φ_0, который полная реакция шероховатой поверхности образует с нормалью к поверхности, называется **предельным углом трения**. Предельная сила трения численно равна произведению коэффициента трения на величину нормальной реакции опоры тела на поверхность: $F_{\text{тр с}} = f \cdot N$, где f – безразмерный коэффициент трения, определяемый экспериментально.

Изучение равновесия тел с учетом сил трения сводится к рассмотрению предельного равновесия, когда сила трения принимает предельное значение.

Трением качения называется сопротивление, возникающее при качении одного тела по шероховатой поверхности другого. Реакция шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$, направленную по касательной к поверхности качения. При этом за счёт небольшого вдавливания в поверхность качения нормальная реакция опоры $\vec{N}$ смещена в сторону от линии действия силы тяжести $\vec{P}$ так, что вместе с ней образует пару, противодействующую качению (рис. 1.51). В предельном положении равновесия тела смещение нормальной реакции опоры максимально. Величина максимального смещения k называется **коэффициентом трения качения**, измеряемого в единицах длины. Момент,

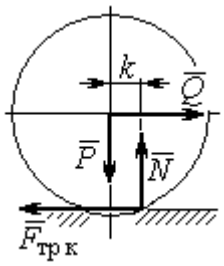


Рис. 1.51. Реакция опоры с трением качения

создаваемый парой $(\vec{N}, \vec{P})$, называется **моментом трения качения** $M_{\text{тр к}} = kN$. Максимальная сила трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$ определяется из условия, что в предельном положении равновесия момент трения качения равен моменту качения, создаваемого парой $(\vec{F}_{\text{тр к}}, \vec{Q})$ (рис. 1.51).

Если максимальная сила трения качения меньше предельной силы трения скольжения, движение представляет качение без скольжения.

Примеры решения задач на равновесие тел с трением

Задача 17. Груз Q весом 50 Н удерживается нитью на шероховатой наклонной плоскости (рис.1.52). Один конец нити закреплен на грузе Q, а к другому, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом P. Отрезок нити AB горизонтальный. Угол наклона плоскости составляет 30º к горизонту. Определить максимальное и минимальное значения веса груза P, при которых груз Q может начать скольжение по плоскости без опрокидывания, если коэффициент трения скольжения между грузом Q и наклонной плоскостью $f = 0{,}4$.

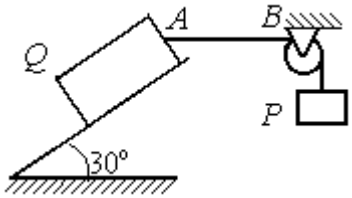


Рис.1.52. Равновесие груза на наклонной плоскости с трением

Решение

Рассмотрим равновесие груза Q при минимальном значении веса груза P. На груз действуют сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\min}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр1}}$ (рис. 1.53, *а*). Особенностью задач на равновесие призм является то, что точка приложения нормальной реакции не определена. В случае необходимости она находится из уравнений равновесия.

Определим направление силы трения. Если вес уравновешивающего груза P имеет минимальное значение $P_{\min}$, то при его дальнейшем уменьшении груз Q начнёт двигаться вниз по наклонной плоскости. Таким образом, предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}1}$, обеспечивающая равновесие при минимальном значении веса груза P, направлена вверх по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *a*).

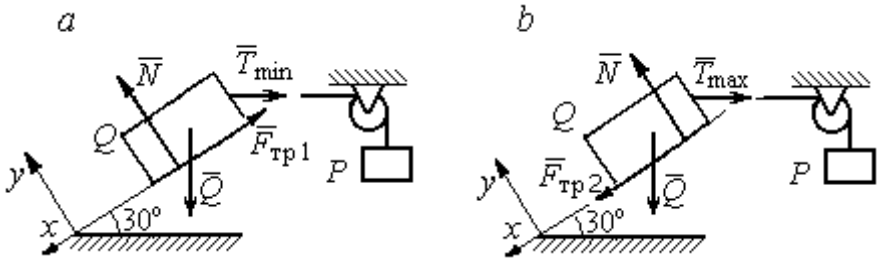


Рис. 1.53. Силы, действующие на груз при равновесии:
a – минимальный вес уравновешивающего груза;
b – максимальный вес уравновешивающего груза

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.53, и составим уравнения равновесия в виде проекций сил:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\min}\cos 30^\circ - F_{\text{тр}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\min}\cos 60^\circ = 0.$$

Полагая в первом уравнении $F_{\text{тр}1} = fN$, решаем систему и находим реакцию нити $T_{\min} = 7{,}21$ Н. Минимальное значение веса уравновешивающего груза равно реакции нити: $P_{\min} = T_{\min} = 7{,}21$ Н.

Рассмотрим равновесие груза Q при максимальном $P_{\max}$ значении веса груза P. На груз действует сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\max}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая, как и в первом случае, из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$ (см. рис. 1.53, *b*).

При определении направления силы трения заметим, что увеличение веса груза P больше максимального вызывает движение груза Q вверх по наклонной плоскости. Тогда предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$, действующая против возможного движения, должна быть направлена вниз по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *b*). Уравнения равновесия груза Q:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\max}\cos 30^\circ + F_{\text{тр}2} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\max}\cos 60^\circ = 0.$$

Решаем систему, подставляя вместо силы трения её значение $F_{\text{тр}2} = fN$, и находим максимальное значение веса груза P: $P_{\max} = T_{\max} = 63{,}54$ Н.

Таким образом, груз Q будет находиться в равновесии на наклонной плоскости, если вес уравновешивающего груза находится в пределах $8{,}87 < P < 48{,}87$ Н.

Задача 18. Цилиндрический каток радиуса r = 0,5 м, весом P = 50 Н удерживается в равновесии на наклонной плоскости нитью, один конец которой закреплён в центре катка, а другой перекинут через блок и несёт груз весом Q (рис. 1.54). Коэффициент трения качения катка $f_{\text{к}}$ = 0,02 м. Наклонная плоскость составляет угол 30º с горизонтом.

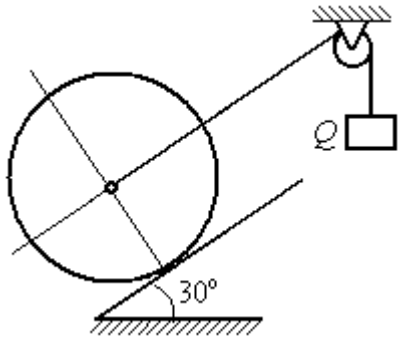


Рис. 1.54. Равновесие катка

Определить наименьшую и наибольшую величину веса Q, при которых каток будет в равновесии. Найти наименьшее значение коэффициента трения скольжения $f_{\text{с}}$, при котором в случае движения каток будет катиться без скольжения.

Решение

Рассмотрим равновесие катка при минимальном значении веса груза Q. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, реакции нити $\vec{Q}_{\min}$ и реакция шероховатой

поверхности наклонной плоскости $\vec{R}$, имеющая своими составляющими нормальную реакцию поверхности $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр1к}}$ (рис. 1.55, *a*).

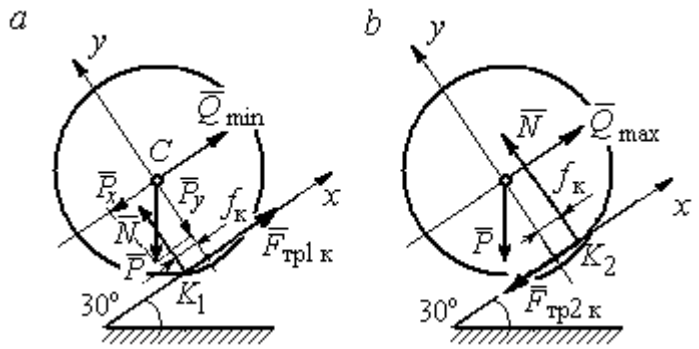


Рис. 1.55. Силы, действующие на каток, при равновесии:
a – минимальный вес груза; *b* – максимальный вес груза

Минимальный вес груза $Q_{\min}$ удерживает каток от качения вниз по наклонной плоскости. В этом случае составляющие реакции шероховатой поверхности наклонной плоскости приложены в точке K_1, слева от нормального к плоскости диаметра катка (см. рис. 1.55, *a*). Выбор точки приложения реакции шероховатой поверхности основан на том, что пара $(\vec{N}, \vec{P}_y)$ должна создавать момент трения качения, противодействующий предполагаемому движению.

На каток действует плоская уравновешенная система сил $(\vec{Q}_{\min}, \vec{F}_{\text{тр1к}}, \vec{N}, \vec{P}) \infty 0$. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *a*, и составим уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки K_1:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\min} + F_{\text{тр1к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_1}(\vec{F}_k) = P\cos 60^\circ \cdot r - Q_{\min} r - P\cos 30^\circ \cdot f_{\text{к}} = 0.$$

Подставляем данные задачи и находим минимальное значение веса груза, при котором каток находится в равновесии $Q_{\min} = 7{,}68$ Н, величину нормальной реакции наклонной плоскости $N = 43{,}3$ Н и значение силы трения качения, удерживающей каток в равновесии, $F_{\text{тр1к}} = 17{,}32$ Н.

Рассмотрим равновесие катка при максимальном значении веса груза $Q_{\max}$. Здесь нарушение предельного равновесия при увеличении веса груза Q вызывает движение катка вверх по наклонной плоскости. В таком случае точка приложения реакции опоры шероховатой поверхности (точка K_2) расположена справа от нормального к плоскости качения диаметра катка (рис. 1.55, *b*).

На каток действует плоская уравновешенная система сил $(\vec{Q}_{\max}, \vec{F}_{\text{тр2 к}}, \vec{N}, \vec{P}) \infty 0$. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *b*. Уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки K_2 имеют вид:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\max} - F_{\text{тр2 к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_2}(\vec{F}_k) = -P\cos 60^\circ \cdot r + Q_{\max} r - P\cos 30^\circ \cdot f_{\text{к}} = 0.$$

Решая систему, получим: $Q_{\max} = 42{,}32$ Н; $N = 43{,}3$ Н; $F_{\text{тр2 к}} = 17{,}32$ Н.

Таким образом, на шероховатой поверхности каток находится в равновесии, если вес уравновешивающего груза выбран в пределах $7{,}68 \le Q \le 42{,}32$ Н.

При любом движении (вверх или вниз) качение катка будет без скольжения, если предельная сила трения скольжения $F_{\text{тр с}}$ больше аналогичной силы трения качения: $F_{\text{тр с}} > F_{\text{тр к}}$. Величина силы трения скольжения не зависит от направления движения: $F_{\text{тр с}} = f_{\text{с}} N = 43{,}3 f_{\text{с}}$, где $f_{\text{с}}$ – коэффициент трения скольжения. Величина силы трения качения также не зависит от направления движения: $F_{\text{тр к}} = F_{\text{тр1 к}} = F_{\text{тр2 к}} = 17{,}32$ Н. Таким образом, для определения требуемого коэффициента скольжения имеет место неравенство $43{,}3 f > 17{,}32$, откуда $f > 0{,}4$.

Задача 19. Для подъёма и опускания грузов в выработках используется ступенчатый ворот с тормозом, изображённый на рис. 1.56. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота $R = 0{,}5$ м и $r = 0{,}2$ м. Ворот тормозят, надавливая на конец A рычага AB, соединённого цепью CD с концом D тормозного рычага ED с расположенной на нём тормозной колодкой. Коэффициент трения между тормозной колодкой и барабаном ворота $f = 0{,}4$. На малой ступеньке барабана ворота навита верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомые неподвижный блок m и подвижный блок n, удерживает груз Q весом 1 кН (см. рис. 1.56). Угол наклона к горизонту участка верёвки, соединяющей барабан с неподвижным блоком m, составляет 30º.

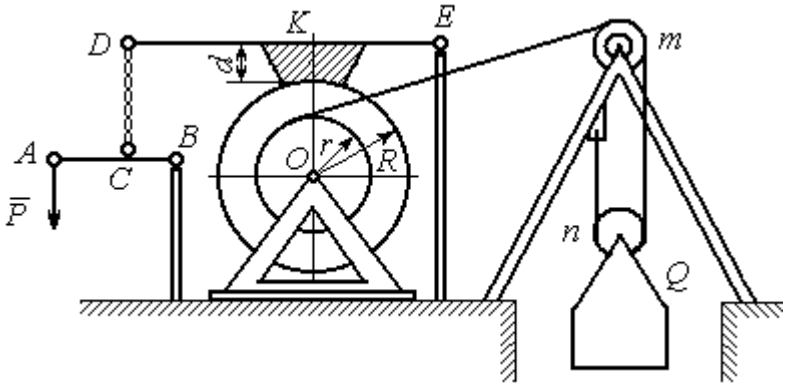


Рис. 1.56. Ворот с колодочным тормозом

Определить величину силы $\vec{P}$, уравновешивающей груз Q, и реакции шарниров O и E, если вес ворота G = 140 Н, высота тормозной колодки $d = 0{,}1$ м, расстояния AB = 1 м, BC = 0,1 м; $ED = 1{,}2$ м; $EK = 0{,}6$ м.

Решение

Рассмотрим отдельно равновесие барабана ворота, тормозного рычага DE и рычага AB (рис. 1.57).

Для того; чтобы определить силу натяжения верёвки, прикреплённой к барабану, рассмотрим равновесие груза вместе с подвижным блоком n (см. рис. 1.57, *а*). На объект равновесия действует сила тяжести груза $\vec{Q}$ и реакции $\vec{T}'$ и $\vec{T}''$ двух ветвей верёвки, огибающей снизу блок n.

Уравнения равновесия такой системы сил:

$$T' + T'' - Q = 0; \qquad T''r_{\text{бл}} = T'r_{\text{бл}},$$

где моменты сил вычислены относительно центра блока; $r_{бл}$ – радиус блока *n*. Решая систему уравнений, получим: $T' = T'' = 0{,}5Q = 500$ Н.

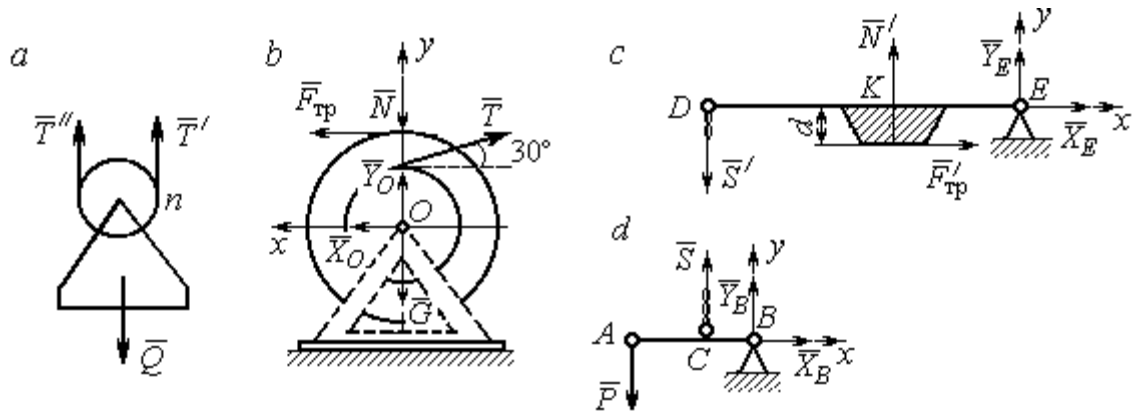


Рис. 1.57. Равновесие элементов конструкции ворота:
a – равновесие груза; *b* – силы, действующие на барабан; *c* – силы, действующие на тормозной рычаг *DE*; *d* – силы, действующие на рычаг *AB*

Рассмотрим равновесие барабана. На барабан действуют: сила веса барабана $\vec{G}$, сила давления $\vec{N}$ со стороны рычага, направленная по радиусу барабана, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, действующая по касательной к барабану в сторону, противоположную движению барабана при опускании груза, реакция $\vec{R}_O$ шарнира *O*, представленная двумя составляющими $\vec{X}_O, \vec{Y}_O$, и реакция верёвки $\vec{T}$, численно равная модулю силы $\vec{T}'$ (см. рис. 1.57, *b*).

Силы, действующие на барабан, составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил ($\vec{G}$, $\vec{X}_O, \vec{Y}_O$, $\vec{T}$, $\vec{N}$, $\vec{F}_{\text{тр}}$) ~ 0. Составим уравнение моментов относительно точки *O*:

$$-Tr + F_{\text{тр}}R = 0,\ \text{откуда с учётом } T = T'\ F_{\text{тр}} = 200 \text{ Н}.$$

Величина силы $\vec{N}$ давления рычага на барабан находится из вида зависимости силы трения $F_{\text{тр}} = fN$, тогда $N = \dfrac{F_{\text{тр}}}{f} = 500$ Н.

Составим уравнения равновесия барабана в виде проекций сил на оси, выбранные, как показано на рис. 1.57, *b*:

$$\sum F_{kx} = X_O + F_{\text{тр}} - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_O + T\cos 60^\circ - N - G = 0.$$

Решая систему, найдём реакцию шарнира *O*:

$$X_O = 233 \text{ Н};\ Y_O = 390 \text{ Н};\ R_O = \sqrt{X_O^2 + Y_O^2} = 454{,}3 \text{ Н}.$$

Рассмотрим теперь равновесие тормозного рычага *DE* (см. рис. 1.57, *c*).

На рычаг действуют сила $\vec{N}'$ давления со стороны барабана и сила трения $\vec{F}'_{\text{тр}}$, приложенные в точке касания тормозной колодки с барабаном, равные по величине и противоположные по направлению, соответственно, силам $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{тр}}$. Кроме того, в точке *D* на рычаг действует сила $\vec{S}'$, под действием которой рычаг прижимается к барабану, и реакция шарнира *E*, разложенная на составляющие $\vec{X}_E$, $\vec{Y}_E$ вдоль осей *x*, *y*. Уравнения равновесия рычага имеют вид:

$$\sum F_{kx} = X_E + F'_{\text{тр}} = 0; \qquad \sum F_{ky} = Y_E + N' - S' = 0;$$

$$\sum M_E(\vec{F}_k) = S' \cdot DE - N' \cdot EK + F'_{\text{тр}} d = 0.$$

Подставляя в систему данные из условия задачи, с учётом найденных значений $F'_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} = 200$ Н, $N' = N = 500$ Н, определим усилие S', с которым тормозной рычаг прижимается к барабану, и реакцию шарнира *E*:

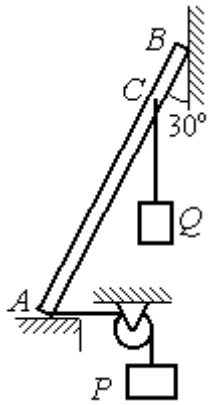
$$S' = 233{,}33 \text{ Н};\ X_E = -200 \text{ Н};\ Y_E = -266{,}67 \text{ Н};\ R_E = \sqrt{X_E^2 + Y_E^2} = 333{,}34 \text{ Н}.$$

Силу $\vec{P}$, необходимую для уравновешивания груза *Q*, найдём рассматривая равновесие рычага *AB* (см. рис. 1.57, *d*) . На рычаг действуют сила $\vec{P}$, реакция цепи $\vec{S}$ и реакция шарнира *B*, показанная на рис. 1.57, *d* составляющими $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$.

Составим уравнение равновесия рычага в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно точки *B*: $P \cdot AB - S \cdot CB = 0$. С учётом того, что модули сил $\vec{S}$ и $\vec{S}'$ равны, найдем $P = 23{,}3$ Н.

Упражнения

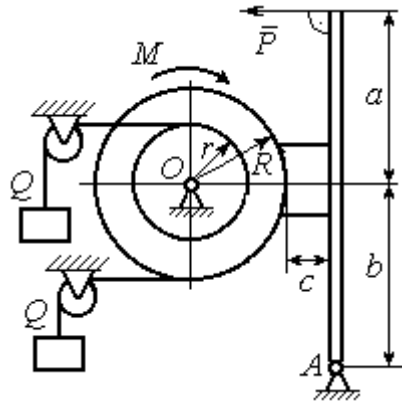
Упражнение 1.13



Невесомый стержень AB опирается в точках A и B на шероховатые поверхности – горизонтальный пол и вертикальную стену. Коэффициент трения между стержнем и полом и между стержнем и стеной $f = 0{,}2$. Угол наклона стержня к вертикальной стене 30°. В точке C к стержню подвешен груз Q. Стержень удерживается в равновесии горизонтальной нитью, прикреплённой в точке A и перекинутой через блок. К другому концу нити подвешен груз P. В каких границах можно изменять вес груза P, не нарушая равновесия стержня?

$AB = 3$ м, $AC = 2$ м, $Q = 200$ Н.

Упражнение 1.14



Шкив O состоит из двух барабанов радиусов R и r. На барабаны навиты верёвки, натянутые одинаковыми грузами Q. К шкиву приложена пара сил с моментом M. Шкив затормаживается с помощью рычажного тормоза. Коэффициент трения между тормозной колодкой и шкивом $f = 0{,}4$. Определить силу $\vec{P}$, приложенную к рычагу тормозной колодки и уравновешивающую шкив. Найти реакцию шарнира A.

$a = b = 1$ м; $c = 0{,}1$ м; $Q = 100$ Н; $M = 120$ Н·м;
$R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}2$ м.

Рис. 1.58. Задания для самостоятельного решения. Упражнения № 1.13, 1.14

2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА

2.1. Криволинейное движение точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

Координатный способ задания движения точки основан на том, что положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени (рис. 2.1): $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

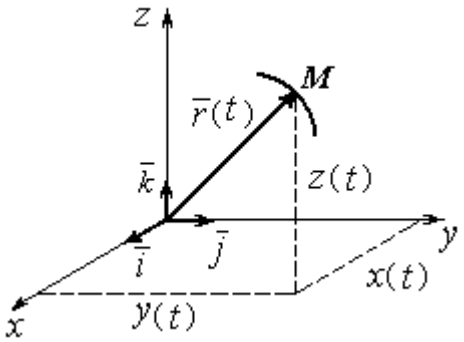


Рис. 2.1. Векторный и координатный способы задания движения точки

Мгновенная скорость, или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиус-вектора точки: $\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$. **Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.** Величины V_x, V_y, V_z проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$; $V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$; $V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$.

Мгновенное ускорение точки**,** или ускорение в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$. Величины a_x, a_y, a_z проекций вектора ускорения на координ-

натные оси определяются равенствами: $a_x = \frac{dV_x}{dt} = \dot{V}_x = \ddot{x}$; $a_y = \frac{dV_y}{dt} = \dot{V}_y = \ddot{y}$; $a_z = \frac{dV_z}{dt} = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

Естественный способ задания движения используется, если траектория движения точки заранее известна. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $\breve{OM} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки *O*, принятой за начало отсчета (рис. 2.2). При этом заранее устанавливаются положительное и отрицательное направления отсчета дуговой координаты.

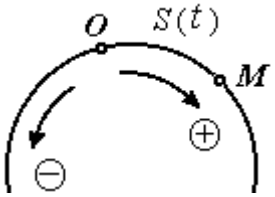


Рис. 2.2. Естественный способ задания движения точки

При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau} = V_\tau \vec{\tau}$, где S – дуговая координата; $\vec{\tau}$ – единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону положительного направления дуговой координаты. Величина $V_\tau = \dot{S}$ называется алгебраической скоростью точки и представляет собой проекцию вектора скорости точки на касательную к траектории.

Вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на составляющие по направлениям естественных осей – касательную (ось τ) и перпендикулярную к ней нормальную (ось *n*):

$$\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n} \text{ или } \vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n,$$

где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор касательной; $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор нормали траектории; a_τ – проекция ускорения точки на касательную называется **касательным ускорением**; a_n – проекция вектора ускорения точки на нормаль называется **нормальным ускорением** (рис. 2.3). Касательная составляющая ускорения характеризует изменение величины скорости точки, нормальная – изменение направления вектора скорости.

Если проекции V_τ и a_τ имеют одинаковые знаки (направлены в одну сторону), движение будет ускоренным, если разных знаков (разнонаправлены) – замедленным (см. рис. 2.3, *a*, *b*).

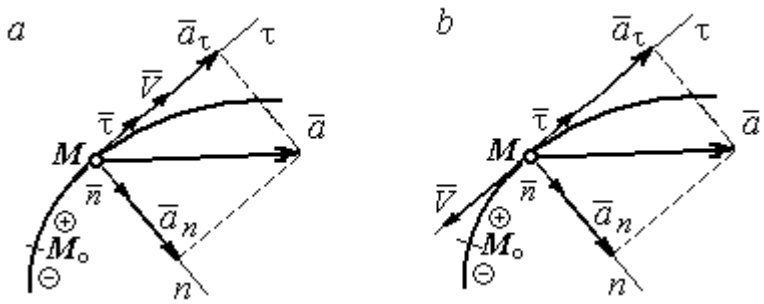


Рис. 2.3. Скорость и ускорение точки. Разложение ускорения на нормальную и касательную составляющие:
a – ускоренное движение; *b* – замедленное движение

Проекции ускорения на естественные оси и модуль вектора ускорения вычисляются по формулам:

$$a_\tau = \ddot{S} = \dot{V}_\tau,\ a_n = \frac{V^2}{\rho};$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}\ ,$$

где ρ – радиус кривизны траектории. Иногда при вычислении касательной составляющей ускорения удобнее пользоваться формулой $a_\tau = \dfrac{a_x V_x + a_y V_y}{V_\tau}$.

Вектор нормальной составляющей ускорения $\vec{a}_n$ всегда направлен к центру кривизны траектории. Вектор касательной составляющей ускорения $\vec{a}_\tau$ направлен в сторону положительного направления касательной (по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$), если $\ddot{S} > 0$, и в противоположную сторону – при $\ddot{S} < 0$.

Криволинейное движение точки называется **равномерным**, если проекция вектора скорости на касательную – постоянная величина: $V_\tau = \text{const}$.

Криволинейное движение точки называется **равнопеременным**, если постоянна проекция вектора ускорения на касательную: $a_\tau = \text{const}$.

Примеры решения задач на криволинейное движение точки

Задача 20. Движение точки задано координатным способом уравнениями $x(t) = 2\sin\pi t$, $y(t) = \cos 2\pi t$, где *x*, *y* – в сантиметрах, *t* – в секундах.

Найти траекторию точки, величину и направление скорости и ускорения в моменты времени t_1 = 0,25 с, t_2 = 0,75 с. Определить участки ускоренного и замедленного движений точки.

Решение

Определяем траекторию точки. Из уравнений движения находим $y = \cos 2\pi t = \cos^2 \pi t - \sin^2 \pi t = 1 - 2\sin^2 \pi t = 1 - \frac{x^2}{2}$. Траекторией точки является парабола $y = 1 - \frac{x^2}{2}$ (рис. 2.4). Однако не вся парабола будет траекторией движения, а только та её часть, точки которой согласно уравнениям движения удовлетворяют неравенствам: $-2 \le x \le 2$, $-1 \le y \le 1$.

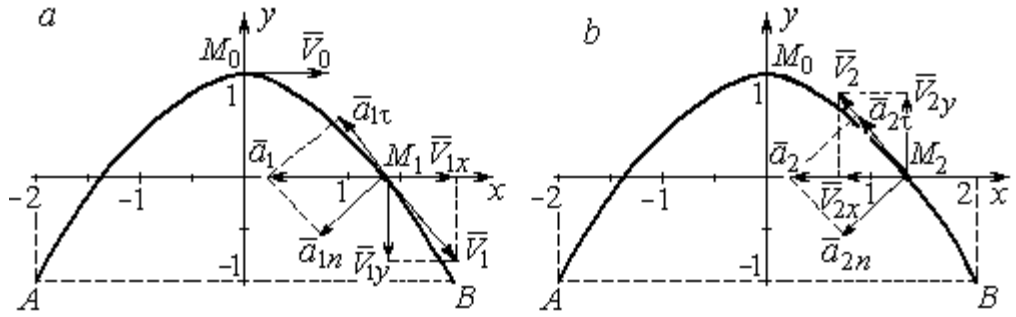


Рис. 2.4. Траектория движения точки:

a – замедленное движение точки на участке от M_0 к *B*;
b – ускоренное движение точки на участке от *B* к M_0

Определяем параметры движения точки в момент времени t_1 = 0,25 с.

Находим координаты x_1, y_1 положения точки M_1:

$$x_1 = x(0{,}25) = 2\sin\frac{\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см}, \quad y_1 = y(0{,}25) = \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Находим проекции V_{1x}, V_{1y} вектора $\vec{V}_1$ скорости точки на оси системы координат:

$$V_x(t) = \dot{x} = 2\pi\cos\pi t; \; V_y(t) = \dot{y} = -2\pi\sin 2\pi t;$$

$$V_{1x} = V_x(0{,}25) = 2\pi\cos\frac{\pi}{4} = \pi\sqrt{2} \text{ см/с}; \quad V_{1y} = V_y(0{,}25) = -2\pi\sin\frac{\pi}{2} = -2\pi \text{ см/с}.$$

Модуль скорости $V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = \pi\sqrt{6}$ см/с.

Находим проекции a_{1x}, a_{1y} вектора $\vec{a}_1$ ускорения точки на оси системы координат:

$$a_x(t) = \dot{V}_x = -2\pi^2 \sin\pi t;\ a_y(t) = \dot{V}_y = -4\pi^2 \cos 2\pi t;$$

$$a_{1x} = a_x(0{,}25) = -2\pi^2 \sin\frac{\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\ a_{1y} = a_y(0{,}25) = -4\pi^2 \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Модуль вектора ускорения $a_1 = \sqrt{a_{1x}^2 + a_{1y}^2} = \pi^2\sqrt{2}$ см/с.

Положение точки M_1 в момент времени $t_1 = 0{,}25$ с, построение векторов скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ по их проекциям показано на рис. 2.4, *а*.

Для того чтобы определить характер движения точки в положении M_1 – ускоренное или замедленное, найдём направление касательного ускорения. С этой целью разложим известный уже вектор ускорения $\vec{a}_1$ на нормальную и касательную составляющие согласно равенству $\vec{a}_1 = \vec{a}_{1\tau} + \vec{a}_{1n}$. При этом направление касательной совпадает с направлением вектора скорости $\vec{V}_1$, а направление нормали – перпендикулярно ему. Касательное ускорение $\vec{a}_{1\tau}$ оказалось направленным противоположно вектору скорости $\vec{V}_1$ (см. рис. 2.4, *а*). Следовательно, точка в рассматриваемый момент движется замедленно.

В момент времени $t_2 = 0{,}75$ с положение M_2 совпадает с положением M_1:

$$x_2 = x(0{,}75) = 2\sin\frac{3\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см};\ y_2 = y(0{,}75) = \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Проекции векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ точки на оси координат:

$$V_{2x} = V_x(0{,}75) = 2\pi\cos\frac{3\pi}{4} = -\pi\sqrt{2} \text{ см/с};\ V_{2y} = V_y(0{,}75) = -2\pi\sin 2\pi\frac{3}{4} = 2\pi \text{ см/с};$$

$$a_{2x} = a_x(0{,}75) = -2\pi^2 \sin\frac{3\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\ a_{2y} = a_y(0{,}75) = -4\pi^2 \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Модули скорости и ускорения точки в момент времени $t_2 = 0{,}75$ с:

$$V_2 = \sqrt{V_{2x}^2 + V_{2y}^2} = \pi\sqrt{6} \text{ см/с}; \quad a_2 = |a_{2x}| = \pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2.$$

Положение точки M_2 в момент времени t_2 = 0,75 с, построение векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ по их проекциям, а также разложение вектора ускорения $\vec{a}_2$ на составляющие $\vec{a}_{2n}$ и $\vec{a}_{2\tau}$ показано на рис. 2.4, *b*. В данном случае вектор касательного ускорения совпадает по направлению с вектором скорости (см. рис. 2.4, *b*), поэтому движение ускоренное.

В целом движение точки по траектории происходит следующим образом. Из начального положения M_0 (t_0 = 0) точка с замедлением перемещается по правой ветви параболы. Достигнув положения *B* на траектории (t_B = 0,5 с), точка совершает мгновенную остановку и начинает обратное ускоренное движение. Достигнув положения M_0 (t_{M_0} = 1 с), точка переходит на левую часть параболы, где движется аналогично.

Задача 21. Рудничный поезд выходит на закруглённый участок пути радиуса *R* = 1 км с начальной скоростью 54 км/ч. Считая движение поезда равнопеременным, определить его скорость и ускорение в конце 10-й секунды движения по закруглённому участку, если за это время поезд прошёл путь 500 м.

Решение

Примем за начало отсчёта расстояния точку M_0, где поезд выходит на закруглённый участок пути (рис. 2.5). Предположим, движение поезда равноускоренное и происходит в сторону возрастания дуговой координаты *S*. В этом случае вектор скорости и вектор касательного ускорения направлены в положительную сторону касательной.

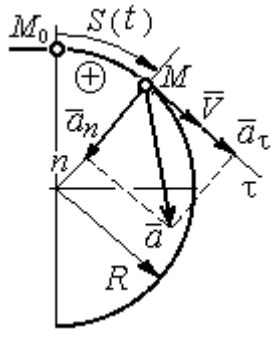


Рис. 2.5. Скорость и ускорение поезда

При равнопеременном движении проекция вектора ускорения на касательную постоянна: a_τ = const. Так как $a_\tau = \dfrac{dV_\tau}{dt}$, то $V_\tau = a_\tau t + C_1$, где V_τ – проекция вектора скорости на касательную

ось. Далее, поскольку $V_\tau = \frac{dS}{dt}$, имеем $S = \frac{a_\tau t^2}{2} + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий: при $t = 0$ $S = 0$ и $V_\tau = V_0 =$ = 54 км/ч = 15 м/с. Подставив эти условия в уравнения движения, найдём константы интегрирования: C_1 = 15 м/с; C_2 = 0.

В результате получена система уравнений:

$$V_\tau = a_\tau t + 15; \quad S = \frac{a_\tau t^2}{2} + 15t .$$

По условию задачи через 10 с от начала движения по закруглённому участку поезд прошёл по дуге путь S = 500 м. Подставляя это условие во второе уравнение, получим a_τ = 7 м/с^2. Скорость поезда в конце пройденного пути с учётом известной величины касательного ускорения найдём из первого уравнения V_τ = 85 м/с. Следует заметить, что при указанном движении поезда проекция вектора скорости на касательную ось положительна и равна его модулю: $V_\tau = V$.

Нормальное ускорение поезда при движении по дуге окружности радиуса R = 1000 м в момент времени t = 10 с равно $a_n = \frac{V_\tau^2}{R}$ = 7,23 м/с^2. Величина (модуль) полного ускорения поезда $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ = 10,06 м/с^2. Разложение вектора ускорения поезда на нормальную и касательную составляющие показано на рис. 2.5.

Задача 22. Вагонетка движется равнопеременно по дуге окружности радиуса R = 80 м. За время движения скорость вагонетки изменилась от начальной V_0 = 18 км/ч до конечной V_1 = 9 км/ч.

Определить характер движения – ускоренное или замедленное. Найти ускорение вагонетки в начале и в конце участка движения, если за это время она прошла путь S = 60 м.

Решение

Выберем некоторую точку на траектории в качестве начальной, а направление положительного отсчёта расстояний – в сторону движения вагонетки.

Уравнения равнопеременного движения точки при начальных условиях: $t = 0$; $S = 0$ и $V_\tau = V_0 = 5$ м/с имеют вид:

$$V_\tau = 5 + a_\tau t\,; \quad S = 5t + \frac{a_\tau t^2}{2}.$$

Подставим в уравнения параметры движения в момент времени $t = t_1$, когда скорость вагонетки стала $V_{1\tau} = 2{,}5$ м/с, а пройденный ею путь составил 60 м. Получим систему:

$$-2{,}5 = a_\tau t_1\,; \quad 60 = 5t_1 + \frac{a_\tau t_1^2}{2},$$

откуда найдём касательное ускорение: $a_\tau = -0{,}16$ м/с^2.

Отрицательная величина означает, что вектор касательного ускорения направлен в сторону, противоположную направлению вектора скорости, и движение равнозамедленное.

Нормальное ускорение вагонетки в начале движения $a_{n0} = \frac{V_0^2}{R} = 0{,}31$ м/с^2.

Полное ускорение $a_0 = \sqrt{a_{n0}^2 + a_\tau^2} = 0{,}35$ м/с^2. В конце движения нормальное ускорение $a_{n1} = \frac{V_1^2}{R} = 0{,}08$ м/с^2. Полное ускорение $a_1 = \sqrt{a_{n1}^2 + a_\tau^2} = 0{,}18$ м/с^2.

2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела вокруг неподвижной оси

Движение твёрдого тела называется **поступательным**, если любой прямолинейный отрезок, связанный с телом, остаётся в процессе движения параллельным самому себе. При **поступательном** движении твёрдого тела все его

точки движутся по одинаковым траекториям, имеют равные скорости и ускорения.

Вращением твёрдого тела вокруг неподвижной оси называется такое его движение, при котором две точки тела остаются неподвижными в течение всего времени движения. Прямая, проходящая через неподвижные точки, называется **осью вращения** тела.

Положение вращающегося тела определяется углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ относительно какой-либо системы отсчёта, например, относительно неподвижной плоскости, проходящей через ось вращения.

Вектор угловой скорости вращения тела $\vec{\omega}$ лежит на оси вращения и направлен в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки. **Алгебраическим значением угловой скорости** вращения тела называют проекцию вектора угловой скорости на ось вращения (ось z) $\omega_z = \dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ тело вращается в сторону положительного направления отсчёта угла φ, при $\dot{\varphi} < 0$ – в обратную сторону. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Модуль алгебраического значения угловой скорости вращения тела называется угловой скоростью $\omega = |\omega_z| = |\dot{\varphi}|$.

Алгебраическим значением **углового ускорения** вращающегося тела называют проекцию вектора углового ускорения на ось вращения (ось z) $\varepsilon_z = \dot{\omega}_z = \ddot{\varphi}$. Модуль алгебраического значения углового ускорения вращения тела называется угловым ускорением: $\varepsilon = |\varepsilon_z| = |\dot{\omega}_z| = |\ddot{\varphi}|$.

Вектор углового ускорения направлен вдоль оси вращения. Если $\varepsilon_z \omega_z > 0$ (вектора угловой скорости и углового ускорения сонаправлены), движение ускоренное, если $\varepsilon_z \omega_z < 0$ (векторы угловой скорости и углового ускорения противоположны по направлению), – замедленное.

При равномерном вращении угловая скорость тела (алгебраическое значение) – постоянная величина: ω_z = const. Угол поворота тела изменяется по линейному закону $\varphi = \varphi_0 + \omega_z t$, где φ_0 – начальный угол поворота тела.

При равнопеременном вращении постоянной величиной является алгебраическое значение углового ускорения: ε_z = const. В этом случае справедливы уравнения движения: $\omega_z = \omega_{z0} + \varepsilon_z t$; $\varphi = \varphi_0 + \omega_{z0} t + \dfrac{\varepsilon_z t^2}{2}$.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки** вращающегося твердого тела **(**в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Модуль скорости точки рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где ω – угловая скорость тела; h – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону вращения тела.

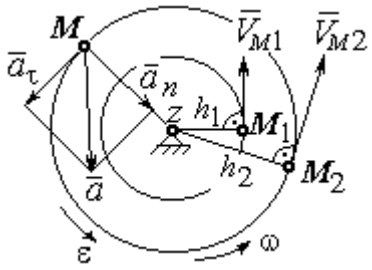


Рис. 2.6. Скорость и ускорение точек вращающегося тела

При вращении тела отношение скоростей двух точек тела равно отношению расстояний от этих точек до оси вращения: $\dfrac{V_{M_1}}{V_{M_2}} = \dfrac{h_1}{h_2}$ (рис. 2.6).

Ускорение точки вращающегося твердого тела рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений (см. рис. 2.6): $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где модули векторов $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$; $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$; ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела, $\varepsilon = |\varepsilon_z|$; h – расстояние от точки до оси вращения. **Вектор касательного ускорения точки** $\vec{a}_\tau$ направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону движения точки, если вращение тела ускоренное, и в противоположную сторо-

ну, если движение тела замедленное. **Вектор нормального ускорения точки** $\vec{a}_n$ направлен вдоль радиуса описываемой точкой окружности к её центру.

При **передаче вращения** одного тела другому без проскальзывания соотношения между угловыми скоростями и угловыми ускорениями выражаются из равенства скоростей и касательных ускорений в точке контакта: $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$; $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{r_2}{r_1}$ (рис. 2.7).

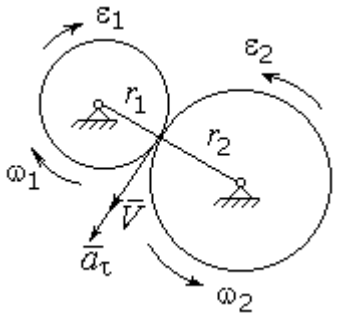


Рис. 2.7. Передача вращения одного тела другому

Примеры решения задач на вращательное движение тел

Задача 23. Вал, начиная вращаться равноускоренно из состояния покоя, за первые 2 мин. сделал 3600 оборотов. Определить угловую скорость вала в конце 2-й минуты и угловое ускорение вала.

Решение

Допустим, вращение вала вокруг оси *z* происходит в сторону положительного направления отсчёта угла. Тогда алгебраические значения угловой скорости и углового ускорения равны модулям соответствующих векторов $\omega_z = \omega$; $\varepsilon_z = \varepsilon$.

Воспользуемся уравнениями равнопеременного вращения вала с нулевыми начальными условиями (начальный угол поворота $\varphi_0 = 0$ и начальная угловая скорость вала $\omega_0 = 0$). Имеем $\omega = \varepsilon t$; $\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$.

Подставим в уравнения параметры движения вала в момент времени $t = t_1 = 2$ мин = 120 с; $\varphi_1 = 3600$ об $= 7200\pi$ рад. Получим систему:

$$\omega_1 = \varepsilon \cdot 120, \quad 7200\pi = \frac{\varepsilon \cdot 120^2}{2}, \text{ откуда } \varepsilon = \pi \text{ с}^{-2}; \quad \omega_1 = 120\pi \text{ с}^{-1}.$$

Задача 24. В механизме стрелочного индикатора (рис. 2.8) движение от рейки мерительного штифта 1 передаётся шестерне 2, скреплённой на одной оси с зубчатым колесом 3. Колесо 3 сцепляется, в свою очередь, с шестернёй 4, несущей стрелку-индикатор. Определить угловую скорость стрелки, если движение штифта задаётся уравнением $x = 4\sin\pi t$ и радиусы зубчатых колёс: $r_2 = 6$ см, $r_3 = 10$ см, $r_4 = 4$ см.

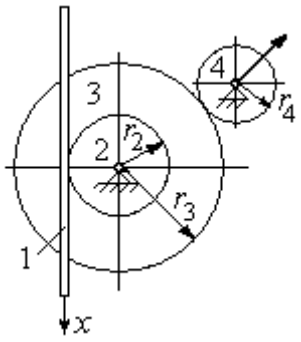


Рис. 2.8. Механизм стрелочного индикатора

Решение

Мерительный штифт движется поступательно вдоль оси x (см. рис. 2.8). Проекция скорости любой точки штифта на ось x $V_{1x} = \dot{x} = 4\pi\cos\pi t$ см/с. Такую же скорость имеет и точка касания штифта с шестернёй 2.

Полагая, что точка касания штифта с шестернёй 2 принадлежит и шестерне, найдём алгебраическое значение угловой скорости шестерни 2: $\omega_{2z} = \dfrac{V_{1x}}{r_2} = \dfrac{4\pi\cos\pi t}{6} = \dfrac{2\pi}{3}\cos\pi t$ рад/с. Зубчатое колесо 3 скреплено с шестернёй 2 на одной оси и имеет ту же угловую скорость $\omega_{3z} = \omega_{2z}$. Вращение колеса 3 через точку зацепления передаётся шестерне 4. Выразим соотношение между алгебраическими значениями угловых скоростей при передаче вращения одного тела другому: $\dfrac{\omega_{3z}}{\omega_{4z}} = \dfrac{r_4}{r_3}$. Отсюда получим: $\omega_{4z} = \dfrac{V_{1x} r_3}{r_2 r_4} = \dfrac{5\pi}{3}\cos\pi t$ с$^{-1}$. Угловая скорость стрелки равна угловой скорости шестерни 4.

Задача 25. Ведущее колесо 1 подъёмного устройства (рис. 2.9) передаёт движение шестерне 2. На одной оси с шестернёй 2 расположен шкив 3, жёстко скреплённый с шестернёй. Шкив 3 соединяется со шкивом 4 бесконечным

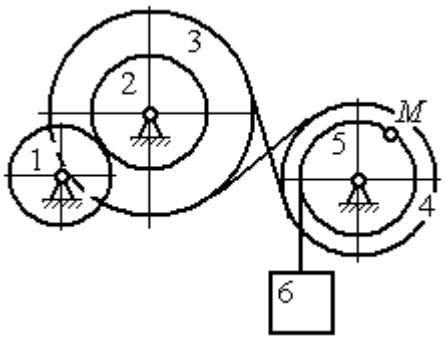


Рис. 2.9. Схема механизма подъёмного устройства

перекрёстным ремнём. Барабан 5 скреплён со шкивом 4 и находится с ним на одной оси. На барабан намотана нить, удерживающая груз 6. По заданному уравнению движения колеса 1 определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки M на ободе барабана 5 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение груза 6. Скольжение между звеньями механизма отсутствует.

Значения радиусов колёса, шкивов и барабана механизма: $r_1 = 20$ см, $r_2 = 10$ см, $r_3 = 40$ см, $r_4 = 16$ см, $r_5 = 8$ см. Уравнение вращения колеса 1: $\varphi_1 = 2t^2 - 5t$ рад.

Решение

Ведущим звеном в механизме является колесо 1. Выберем положительное направление отсчёта угла поворота колеса 1 в сторону, противоположную направлению вращения часовой стрелки. На рис. 2.10 это направление показано дуговой стрелкой φ_1.

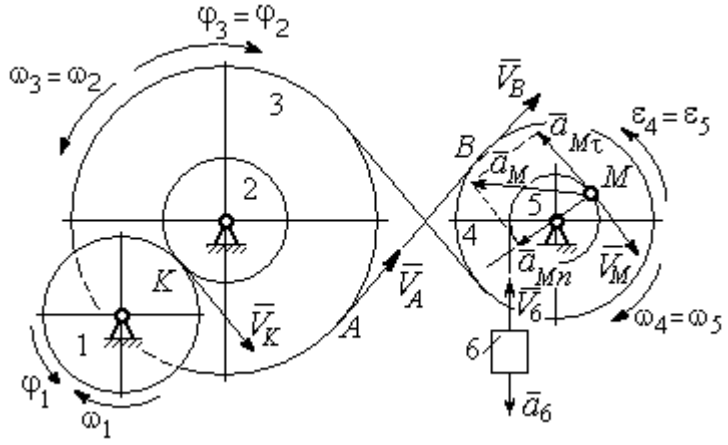


Рис. 2.10. Расчётная схема механизма

Продифференцировав по времени уравнение движения колеса 1, получим алгебраическое значение его угловой скорости: $\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 4t - 5$ рад/с. В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение угловой скорости колеса 1 отрицательно: $\dot{\varphi}_1(1) = -1$ рад/с. Это означает, что в данный момент времени колесо 1 вращается в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла φ_1. Угловая скорость колеса 1 равна модулю: $\omega_1 = |\omega_{1z}| = 1$ рад/с. Направление угловой скорости ω_1 колеса 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано дуговой стрелкой ω_1.

Вращение колеса 1 передаётся шестерне 2 через точку контакта *K*. Из соотношения $\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{r_2}{r_1}$ найдём угловую скорость шестерни 2: $\omega_2=\frac{\omega_1 r_1}{r_2}$. Шкив 3, закреплённый на одной оси с шестернёй 2 имеет такую же угловую скорость, $\omega_3=\omega_2$. Направление угловых скоростей шестерни 2 и шкива 3 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой ω_2.

Передача движения шкива 3 шкиву 4 производится с помощью ремённой передачи. На участке от точки *A*, где ремень сходит со шкива 3, и до точки *B*, где ремень набегает на шкив 4, ремень движется поступательно, поэтому скорости точек *A* и *B* равны: $V_A=V_B$. Выразив скорости точек через угловые скорости тел, имеем равенство $\omega_3 r_3=\omega_4 r_4$, откуда с учётом, что $\omega_3=\omega_2$, найдём угловую скорость шкива 4: $\omega_4=\frac{\omega_3 r_3}{r_4}=\frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4}$. Угловая скорость барабана 5 равна угловой скорости шкива 4, $\omega_5=\omega_4$. Направление угловых скоростей шкива 4 и барабана 5 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой ω_4.

Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M=\omega_5 r_5$. В момент времени $t_1=1$ с $\omega_5=\frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4}=5$ рад/с и $V_M=20$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к ободу барабана в точке *M* и направлен в сторону вращения барабана 5 (см. рис. 2.10).

Нить, несущая груз 6, сматываясь с обода барабана, имеет скорость, равную скорости точек обода барабана, и, следовательно, равна скорости точки *M*: $V_6=V_M$. Направление скорости груза 6 определяется направлением вращения барабана 5. При $t_1=1$с груз поднимается со скоростью $V_6=20$ см/с.

Определим ускорение точки *M*. Вектор ускорения точки *M* равен сумме векторов: $\vec{a}_M=\vec{a}_M^{\tau}+\vec{a}_M^{n}$, где $\vec{a}_M^{\tau}$, $\vec{a}_M^{n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения.

Найдём алгебраическое значение угловой скорости барабана 5: $\omega_{5z} = \dfrac{\omega_{1z} r_1 r_3}{r_2 r_4} = 20t - 25$ рад/с. Алгебраическое значение углового ускорения барабана 5 ε_{5z} равно производной $\varepsilon_{5z} = \dot{\omega}_{5z} = 20$ рад/с^2. Так как в момент времени $t_1 = 1$ с знаки алгебраических значений угловой скорости барабана и его углового ускорения разные ($\omega_{5z} = -5$ рад/с $\vec{a}_M = \vec{a}_M^{\tau} + \vec{a}_M^{n}$ $\varepsilon_{5z} = +20$ рад/с^2), угловое ускорение (по величине равное модулю $\varepsilon_5 = |\varepsilon_{5z}|$) направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис. 2.10 направление углового ускорения барабана 5 показано дуговой стрелкой ε_5.

Касательное ускорение точки: $a_{M\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с^2. Вектор $\vec{a}_{M\tau}$ касательного ускорения точки M направлен по касательной к траектории в точке M в сторону углового ускорения ε_5 (см. рис. 2.10).

Нормальное ускорение точки M рассчитывается как $a_M^n = \omega_5^2 r_5$, где угловая скорость барабана $\omega_5 = |\omega_{5z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_5 = 5$ рад/с и величина нормального ускорения: $\vec{a}_M^{\,n} = 100$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^{\,n}$ направлен по радиусу к центру барабана 5.

Модуль полного ускорения точки M в заданный момент времени: $a_M = \sqrt{(a_M^{\tau})^2 + (a_M^n)^2} = 128{,}06$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^{\,n}$ и $\vec{a}_M^{\tau}$ (см. рис. 2.10).

Ускорение a_6 груза 6 находится из условия, что груз движется прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. В результате, ускорение груза 6 $a_6 = a_6^{\tau} = \dot{V}_6 = \dot{V}_M = a_M^{\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с^2. Направление вектора ускорения груза 6 определяется направлением углового ускорения барабана 5. На рис. 2.10 направление ускорения груза 6 показано вектором $\vec{a}_6$.

Задача 26. По заданному уравнению поступательного движения звена 1 механизма (рис. 2.11, *a*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки *M* диска 3 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение звена 4. Скольжение между звеньями механизма отсутствует. Значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: $R_2 = 20$ см, $r_2 = 5$ см, $R_3 = 8$ см, $r_3 = 4$ см, $x_1 = \cos\pi t + \sin\pi t$ см.

Решение

Звено 1 движется поступательно вдоль оси *x*. Положительное направление движения задаётся направлением оси *x* (рис. 2.11, *a*). Продифференцировав по времени уравнение движения звена 1, получим его алгебраическое значение скорости: $V_{1x}(t) = \dot{x}_1 = -\pi\sin\pi t + \pi\cos\pi t$.

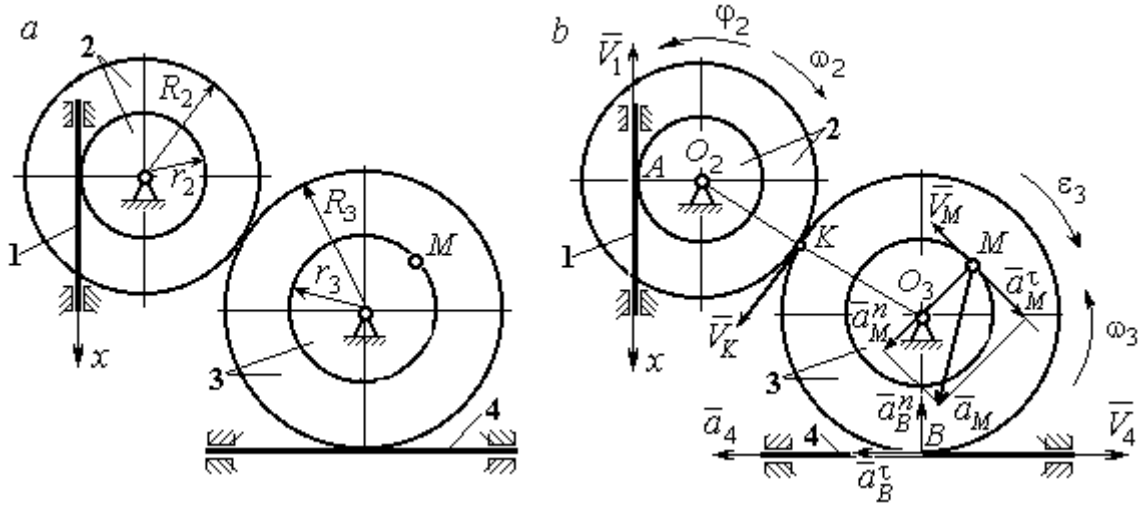


Рис. 2.11. Кинематика поступательного и вращательного движений твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей
и ускорений точек механизма

В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение скорости звена 1 отрицательное: $V_{1x}(1) = -\pi$ см/с. Это показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в сторону, противоположную положительному направлению оси *x*. Скорость звена 1 равна модулю производной $V_1(1) = |\dot{x}_1| = \pi$ см/с. На рис. 2.11, *b* показано направление вектора скорости $\vec{V}_1$.

Точка A соприкосновения звена 1 с диском 2 имеет ту же скорость, что и звено 1. Угловая скорость диска 2 определяется из равенства $\omega_2 = \frac{V_1}{r_2}$ рад/с. Направление угловой скорости вращения диска 2 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой ω_2.

Передача вращения диска 2 диску 3 происходит в точке *K*. Из соотношения $\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_3}$ находим угловую скорость диска 3: $\omega_3 = \frac{V_1 R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}$. Направление угловой скорости диска 3 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой ω_3.

Модуль скорости точки M $V_M = \omega_3 r_3 = 2\pi$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к траектории движения точки *M* в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.11, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Величина и направление скорости звена 4 совпадают с величиной и направлением скорости точки *B* касания звена 4 с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с $V_4 = 4\pi$ см/с. Направление вектора скорости $\vec{V}_4$ определяется направлением вращения диска 3.

Определим ускорение точки *M*. Найдём алгебраическое значение ω_{3z} угловой скорости диска 3: $\omega_{3z} = \frac{V_{1x} R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}(-\sin\pi t + \cos\pi t)$. Алгебраическое значение ε_{3z} углового ускорения диска 3: $\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{\pi^2}{2}(\cos\pi t + \sin\pi t)$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon_{3z} = \frac{\pi^2}{2}$. Разные знаки алгебраических значений угловой скорости и углового ускорения диска 3 ($\omega_{3z} = -\frac{\pi}{2}; \varepsilon_{3z} = +\frac{\pi^2}{2}$) показывают, что угловое ускорение направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис 2.11, *b* направление углового ускорения диска 3 показано дуговой стрелкой ε_3.

Касательное ускорение точки M рассчитывается по формуле $a_M^{\tau} = \varepsilon_3 r_3$, где угловое ускорение $\varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $a_M^{\tau} = 2\pi^2$ см/с^2. Вектор касательного ускорения точки M $\vec{a}_M^{\tau}$ направлен по касательной к траектории точки M в сторону углового ускорения ε_3 (см. рис. 2.11, *b*).

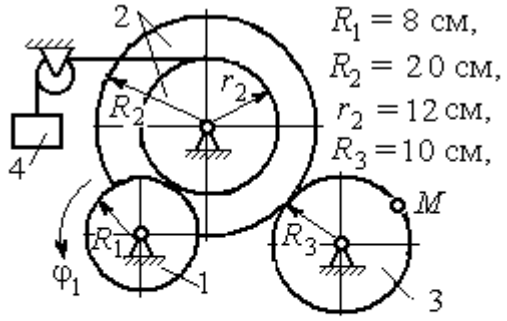
Нормальное ускорение точки M рассчитывается как $a_M^n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения $a_M^n = \pi^2$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^n$ направлен по радиусу к центру диска 3.

Модуль полного ускорения точки M: $a_M = \sqrt{(a_M^n)^2 + (a_M^{\tau})^2} = \pi^2\sqrt{5}$ см/с^2. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^n$ и $\vec{a}_M^{\tau}$.

Звено 4 движется поступательно и прямолинейно. Ускорение звена 4 равно проекции ускорения точки B (касания диска 3 со звеном 4) на линию движения звена 4: $a_4 = a_B^{\tau} = \varepsilon_3 R_3 = 4\pi^2$ см/с^2. Направление ускорения звена 4 совпадает с касательным ускорением точки B.

Упражнения

Упражнение 2.1

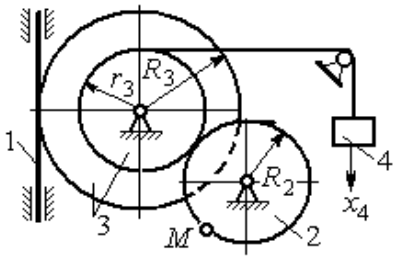


$R_1 = 8$ см,
$R_2 = 20$ см,
$r_2 = 12$ см,
$R_3 = 10$ см,

$\varphi_1 = 3t + 2\sin\frac{\pi t}{2}$ рад,

Найти скорость и ускорение точки M и груза 4 в момент $t = 1$ с

Упражнение 2.2



$R_2 = 0{,}2$ м, $R_3 = 0{,}4$ м, $r_3 = 0{,}3$ м,

$x_4 = t - 1 - \sin\frac{\pi t}{3} + \cos\frac{\pi t}{3}$ м.

Найти скорость и ускорение точки M и звена 1 в момент $t = t_1 = 3$ с.

Рис. 2.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.1, 2.2

2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

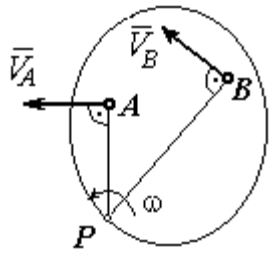
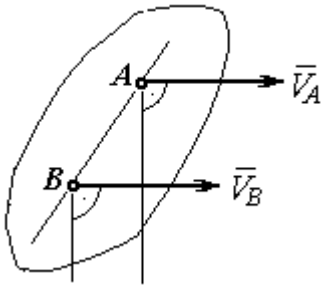
Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной (основной) плоскости.

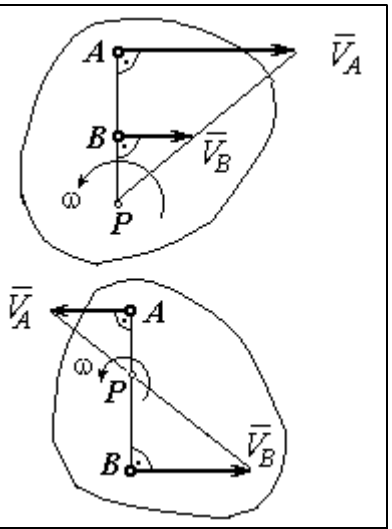
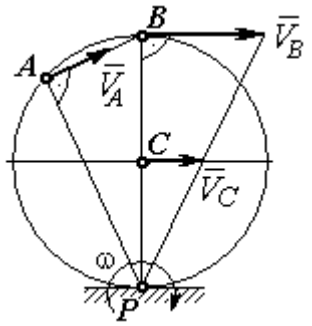
Для скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ двух точек A и M тела, совершающего плоское движение, справедливо утверждение: **проекции скоростей двух точек твердого тела на ось, проходящую через эти точки, равны друг другу:** $V_A\cos\alpha = V_M\cos\beta$, где α, β – углы между векторами скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ и осью, проходящей через точки A и M.

Мгновенным центром скоростей (МЦС) называется точка P плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. При известном положении МЦС скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы движение фигуры было мгновенно вращательным вокруг мгновенного центра скоростей с угловой скоростью, равной угловой скорости плоской фигуры. Способы построения мгновенного центра скоростей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек A и B плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей P находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей.	
2. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, но точки A и B не лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то, как видно из рисунка, мгновенный центр P бесконечно удалён. В этом случае угловая скорость $\omega = 0$ и тело в данный момент движется поступательно (движение является мгновенным поступательным). При таком движении скорость любой точки тела равна $\vec{V}_A$.	

3. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, а точки A и B лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то мгновенный центр скоростей P находится как пересечение прямой, соединяющей точки A и B и линии, проходящей через концы векторов, изображающих скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$.	
4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный центр скоростей P расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью.	

Примеры решения задач на плоскопараллельное движение тела

Задача 27. Приводной механизм насоса находится в положении, показанном на рис. 2.13. Кривошип O_1C вращается с постоянной угловой скоростью $\omega_{O_1C} = 2$ рад/с вокруг оси, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости чертежа. Определить скорость поршня D и угловые скорости шатуна BC, коромысла AB и штока AD, если O_1C = 20 см, $OB = 2 \cdot OA$ = 40 см, AD = 60 см.

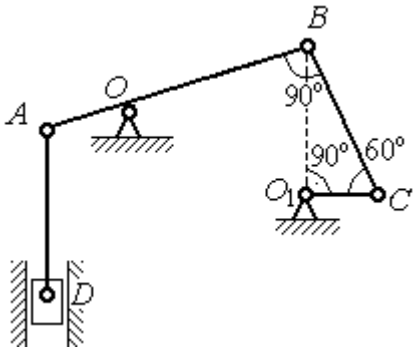


Рис. 2.13. Приводной механизм насоса

Решение

Предположим для определённости, что кривошип O_1C вращается в направлении по ходу часовой стрелки. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки C направлен

перпендикулярно кривошипу O_1C, в сторону его вращения (рис. 2.14). Модуль скорости $V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 40$ см/с.

Коромысло AB качается (вращается) вокруг оси, проходящей через точку O, параллельно оси вращения кривошипа. Скорость точки B направлена перпендикулярно коромыслу AB вдоль шатуна BC (рис. 2.14).

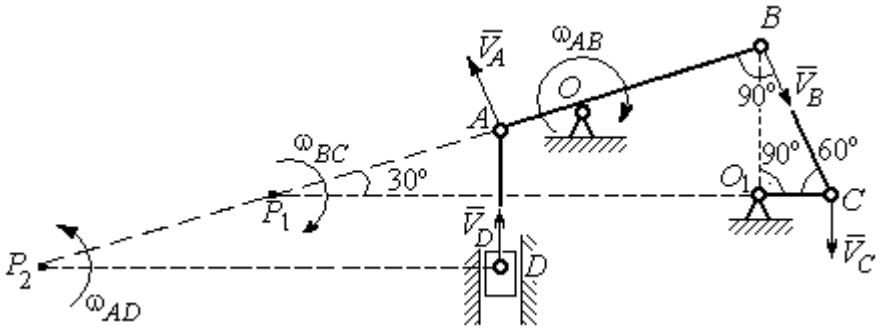


Рис. 2.14. Расчётная кинематическая схема механизма привода насоса

Шатун BC совершает плоскопараллельное движение. Мгновенный центр скоростей шатуна P_1 расположен в точке пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек C и B шатуна. Находим $P_1C = 4O_1C = 80$ см. Угловая скорость вращения шатуна BC $\omega_{BC} = \dfrac{V_C}{CP_1} = 0{,}5$ рад/с. Направление угловой скорости вращения шатуна BC определяется направлением вращения кривошипа O_1C и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой ω_{BC}.

Скорость V_B найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем вектора скоростей $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек C и B на линию BC. Получим $V_B \cos 0^\circ = V_C \cos 30^\circ$. Отсюда $V_B = 20\sqrt{3}$ см/с.

Угловая скорость коромысла AB $\omega_{AB} = \dfrac{V_B}{OB} = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости коромысла определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой ω_{AB}.

Скорость точки A коромысла равна половине скорости точки B: $V_A = \frac{1}{2}V_B = 10\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно коромыслу AB в сторону его вращения.

Точка P_2 пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$ является мгновенным центром скоростей штока AD. Тогда угловая скорость штока $\omega_{AD} = \frac{V_A}{AP_2} = \frac{\sqrt{3}}{12}$ рад/с. Направление угловой скорости штока определяется по направлению скорости точки A и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой ω_{AD}.

Скорость поршня $V_D = \omega_{AD} \cdot P_2D = 15$ см/с.

Задача 28. Механизм качалки (рис. 2.15) состоит из кривошипа OA, вращающегося вокруг оси O и несущего в точке A ось подвижной шестерни 2, которая катится по неподвижной шестерне 1. Вращение кривошипа происходит с угловой скоростью $\omega_{OA} = 2$ рад/с. Радиусы шестерён $r_1 = r_2 = 6$ см. К ободу шестерни 2 в точке B шарнирно прикреплён шатун BC длиной $BC = 8$ см, который в точке C передаёт движение коромыслу CO_1 длиной $CO_1 = 16$ см.

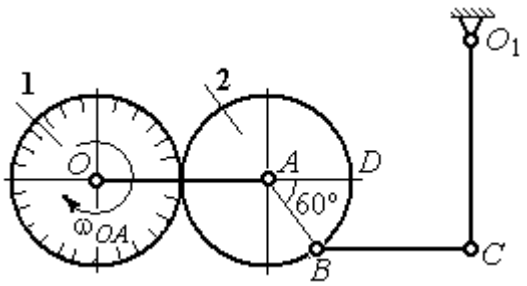


Рис. 2.15. Схема механизма качалки

Определить угловые скорости шестерни 2, шатуна BC, коромысла CO_1, а также скорости точек A, B, C, D в момент, когда кривошип OA и шатун BC горизонтальны и угол $\angle DAB = 60^\circ$.

Решение

Найдём скорость точки A кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 24$ см/с. Вектор скорости точки $\vec{V}_A$ расположен перпендикулярно кривошипу OA и направлен в сторону вращения кривошипа (рис. 2.16).

Мгновенный центр скоростей P_2 шестерни 2 находится в точке касания с неподвижной поверхностью шестерни 1. Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = 4$ рад/с. Направление угловой скорости шестерни 2 определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_A$ и на рис. 2.16 показано дуговой стрелкой ω_2.

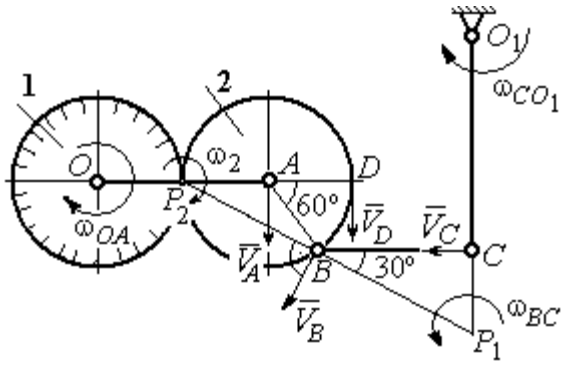


Рис.2.16. Расчётная кинематическая схема механизма качалки

Найдём расстояние P_2B из равнобедренного треугольника P_2AB по теореме косинусов: $P_2B = \sqrt{r^2 + r^2 - 2r^2\cos 120^\circ} = 6\sqrt{3}$ см. Скорость точки B $V_B = \omega_2 \cdot P_2B = 24\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_2B и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Скорость точки D: $V_D = \omega_2 \cdot P_2D = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен линии P_2D и направлен в ту же сторону (см. рис. 2.16).

Скорость точки C перпендикулярна линии CO_1. Восстанавливая перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$, получим точку пересечения P_1, которая будет мгновенным центром скоростей шатуна BC. Расстояние $P_1B = \dfrac{BC}{\cos 30^\circ} = \dfrac{16}{\sqrt{3}}$ см.

Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1B} = \dfrac{9}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по направлению скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой ω_{BC}.

Скорость точки C: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_1C = \dfrac{36}{\sqrt{3}}$ см/с. Направление вектора скорости определяется направлением вращения шатуна BC.

Угловая скорость коромысла CO_1: $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1C} = \dfrac{9}{4\sqrt{3}}$ рад/с.

Задача 29. В планетарном механизме (рис. 2.17) кривошип OA длиной OA = 25 см вращается вокруг неподвижной оси O, перпендикулярной плоскости рисунка, с угловой скоростью ω_{OA} = 3,6 рад/с. На конец A кривошипа насажена шестерёнка 2, находящаяся во внутреннем зацеплении с колесом 1 радиуса r_1 = 45 см, соосным с кривошипом OA и вращающимся с угловой скоростью ω_1 = 1 рад/с. Шатун BC, шарнирно соединённый с шестерёнкой 2 на её ободе в точке B, приводит в движение кривошип CO_1. Определить угловые скорости шестерёнки 2, шатуна BC и кривошипа CO_1, скорости точек A, B, C в положении, показанном на рис.2.17, если длина шатуна BC = 100 см, длина кривошипа CO_1 = 50 см.

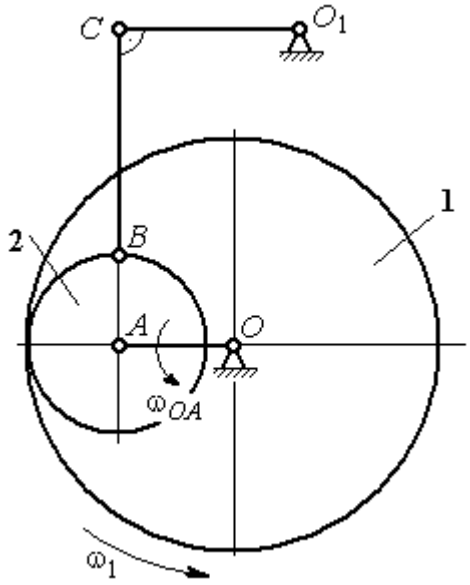


Рис. 2.17. Планетарный механизм

Решение

Найдём скорости точек A и D

$$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 90 \text{ см/с}; \quad V_D = \omega_1 \cdot r_1 = 45 \text{ см/с}.$$

Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону его вращения. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен радиусу OD колеса 1 и направлен в сторону вращения колеса (рис. 2.18).

Мгновенный центр скоростей P_2 шестерни 2 находится на пересечении прямой, соединяющей точки A и D, и линии, проходящей через концы векторов $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$, изображающих скорости точек A и D Расстояние P_2D от центра скоростей до точки D находится из пропорции $\frac{V_A}{V_D} = \frac{AP_2}{DP_2} = \frac{DP_2 + 20}{DP_2}$, откуда P_2D = 20 см.

Угловая скорость шестерёнки 2 $\omega_2 = \dfrac{V_D}{P_2 D} = 2{,}25$ рад/с. Направление угловой скорости ω_2 показано на рис. 2.18 дуговой стрелкой ω_2.

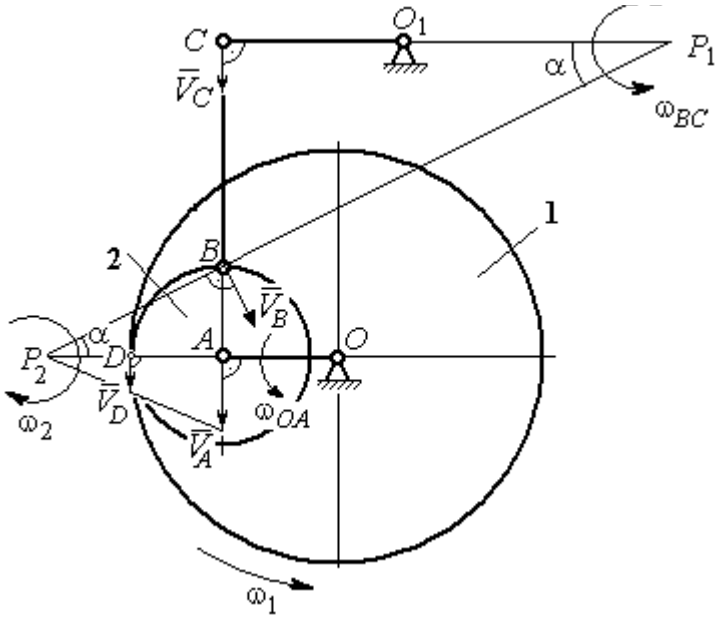


Рис. 2.18. Расчётная кинематическая схема планетарного механизма

Скорость точки *B,* которая находится на ободе шестеренки, $V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = = 45\sqrt{5}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_2B и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Направим вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярно кривошипу CO_1 и восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$. Точка P_1 пересечения перпендикуляров является мгновенным центром скоростей шатуна *BC.* Расстояние P_1B найдём из треугольника P_1BC: $P_1B = \dfrac{BC}{\sin\alpha}$, где $\sin\alpha = \dfrac{AB}{P_2B} = \dfrac{1}{\sqrt{5}}$. Тогда $P_1B = 100\sqrt{5}$ см. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1B} = 0{,}45$ рад/с. Скорость точки *C* шатуна *BC* найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем скорости $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек *C* и *B* на линию, проходящую через эти точки Имеем: $V_C \cos 0^\circ = V_B \cos\alpha$, откуда $V_C = 90$ см/с.

Угловая скорость кривошипа CO_1 $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1C} = 1{,}8$ рад/с.

Задача 30. В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип OA вращается вокруг оси O с угловой скоростью ω_{OA}. На конец A кривошипа насажена шестерня 2, находящаяся во внешнем зацеплении с неподвижным колесом 1. Радиусы колеса и шестерни r_1 и r_2. Шестерня 2 соединяется с колесом 3 шатуном BC, закреплённым на шестерне в точке B и на колесе в точке C. Колесо 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Все соединения шарнирные. Качение шестерни 2 по неподвижному колесу 1 без проскальзывания. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить скорости точек A, B, C и угловые скорости шатуна BC, шестерни 2 и колеса 3, если ω_{OA}= 4 рад/с; r_1= 4 см; $r_2 = r_3$= 8 см.

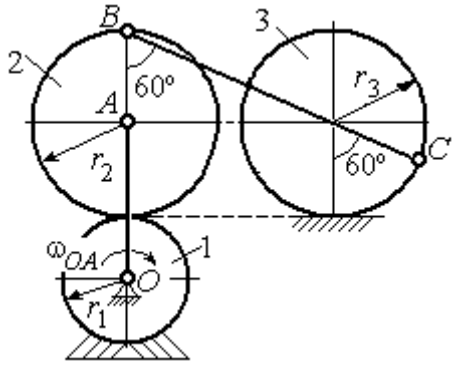


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

Решение

Рассмотрим вращательное движение кривошипа OA. Скорость точки A кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA$= 48 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону его вращения (рис. 2.20).

При качении шестерни 2 по неподвижной поверхности колеса 1 точка их соприкосновения P_2 является мгновенным центром скоростей шестерни.

Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2}$= 6 рад/с.

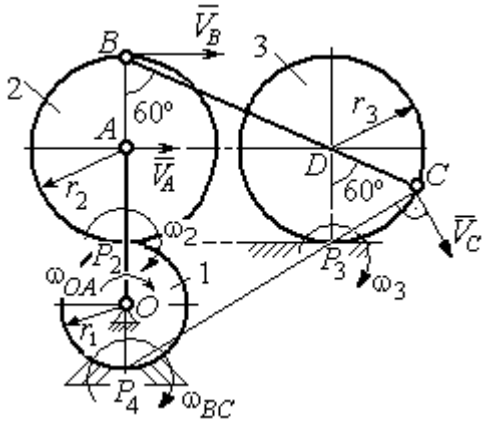


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Скорость точки B шестерни 2 $V_B = \omega_2 \cdot BP_2$ = 96 см/с.

Точка P_3 касания колеса 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки C колеса 3 перпендикулярен линии P_3C и направлен в сторону качения колеса (см. рис. 2.20).

Мгновенный центр скоростей шатуна BC – точка P_4 находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям точек B и C. По построению $BP_4 = BC = BD + DC = 2r_2 + r_3 = 24$ см. Угловая скорость шатуна BC $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_4} = 4$ рад/с. Так как $BP_4 = CP_4$, скорости точек C и B $V_C = 96$ см/с.

Угловая скорость колеса 3 $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с.

Задача 31. В плоском механизме (рис. 2.21) кривошип OC, вращаясь вокруг неподвижной оси O, приводит в движение два шатуна CD и CE, присоединённых к кривошипу в точке C. Шатун CE прикреплён в точке E к ободу цилиндрического выступа диска 1, который катится без проскальзывания своим выступом по неподвижному горизонтальному рельсу. К другому шатуну CD в точке D прикреплён ползун, перемещающийся вдоль направления вертикального диаметра диска 1. Все соединения шарнирные. Радиусы диска и цилиндрического выступа $R_1 = 3$ см, $r_1 = 2$ см. Длина шатуна $CE = 4$ см. В заданном положении механизма (см. рис. 2.21) шатун CE горизонтален.

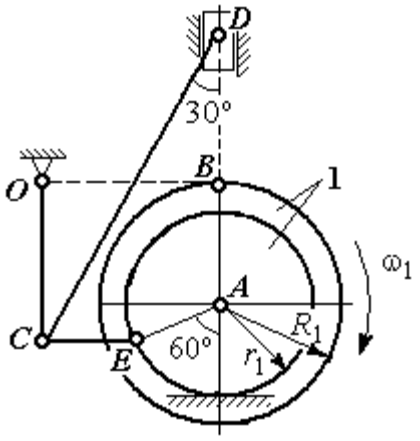


Рис. 2.21. Схема движения плоского механизма

Определить скорости точек A, E, C, D и угловые скорости диска 1, шатунов CE, CD и кривошипа CO, если известна скорость точки B на ободе диска 1 $V_B = 10$ см/с и направление ω_1 угловой скорости диска.

Решение

Изобразим вектор скорости точки B диска 1 в соответствии с заданным направлением его движения. При качении диска 1 по неподвижной поверхности рельса точка P_1 касания обода выступа с поверхностью рельса является его мгновенным центром скоростей (рис. 2.22).

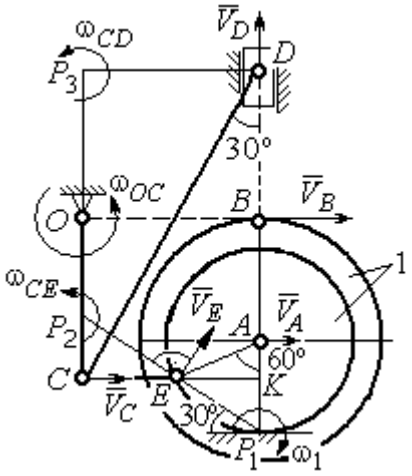


Рис. 2.22. Расчётная схема для определения скоростей точек и угловых скоростей звеньев механизма

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{BP_1} = 2$ рад/с. Скорость точки A $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = 4$ см/с. Скорость точки E $V_E = \omega_1 \cdot EP_1 = 4$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ и вектор скорости $\vec{V}_E$ перпендикулярны, соответственно, линиям AP_1 EP_1 и направлены в сторону вращения диска.

Шатун CE совершает плоскопараллельное движение. Скорость точки C шатуна неизвестна по величине, но известно, что вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен кривошипу OC и направлен вдоль CE в сторону точки E. Мгновенный центр скоростей P_2 шатуна CE находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_E$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 2.22).

Расстояние $EP_2 = \dfrac{EC}{\cos 30^\circ} = 4{,}62$ см. Угловая скорость шатуна CE $\omega_{CE} = \dfrac{V_E}{EP_2} = 0{,}86$ рад/с. Направление угловой скорости шатуна, определяемое по направлению скорости точки E, на рис. 2.22 показано дуговой стрелкой ω_{CE}. Скорость точки C шатуна CE $V_C = \omega_{CE} \cdot CP_2 = \dfrac{V_E}{2} = 2$ см/с.

Длина кривошипа $OC = BK = R_1 + r_1 \sin 30^\circ = 4$ см. Угловая скорость кривошипа $\omega_{OC} = \dfrac{V_C}{OC} = 0{,}5$ рад/с.

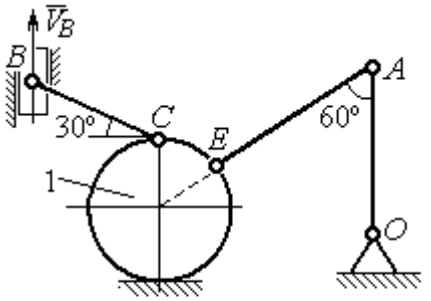
Для шатуна CD известны величина и направление вектора $\vec{V}_C$ скорости точки C и направление вектора $\vec{V}_D$ скорости точки D. Мгновенный центр скоростей шатуна CD находится в точке P_3, полученной на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_D$.

Расстояние $CP_3 = DK = (CE + r_1 \cos 30^\circ)\operatorname{ctg} 30^\circ = 9{,}92$ см (см. рис. 2.22). Угловая скорость шатуна CD: $\omega_{CD} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}21$ рад/с.

Скорость ползуна D: $V_D = \omega_{CD} DP_3 = \omega_{CD}(CE + r_1 \cos 30^\circ) = 1{,}2$ см/с.

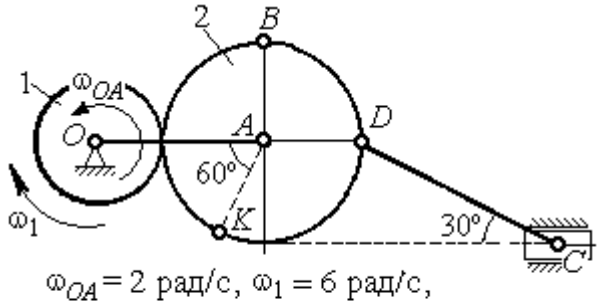
Упражнения

Упражнение 2.3



$R_1 = 2$ см, $OA = AE = 6$ см,
$BC = 5$ см, $V_B = 5$ см/с.
Найти: $\omega_{OA}, \omega_{AE}, \omega_{CB}, \omega_1, V_C, V_A, V_E$

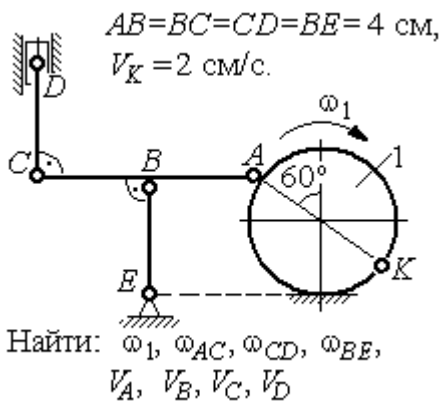
Упражнение 2.4



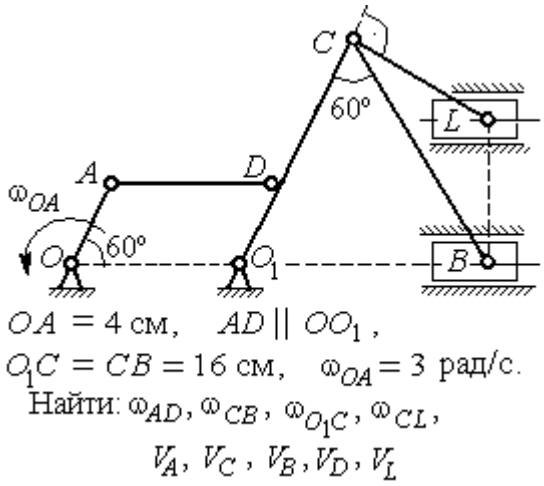
$\omega_{OA} = 2$ рад/с, $\omega_1 = 6$ рад/с,
$r_1 = 3$ см, $r_2 = 6$ см.
Найти: $\omega_2, \omega_{DC}, V_B, V_K, V_D, V_C$

Рис. 2.23. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.3, 2.4

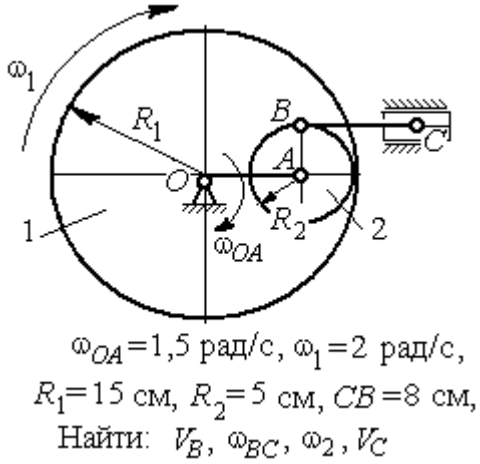
Упражнение 2.5



Упражнение 2.6



Упражнение 2.7



Упражнение 2.8

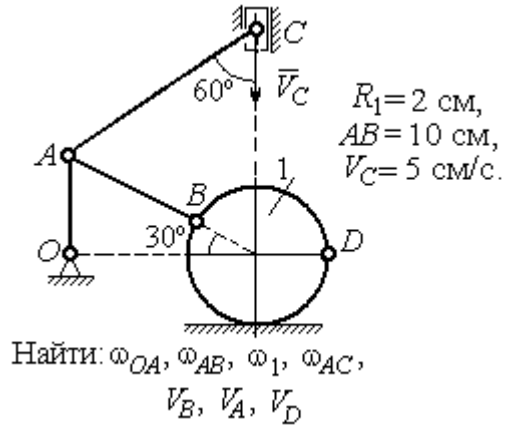


Рис. 2.24. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.5 – 2.8

2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

Ускорение любой точки M плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов $\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и

нормальная составляющие ускорения точки *M* при вращении фигуры вокруг полюса *A* (рис. 2.25).

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{MA}$ всегда направлен от точки *M* к полюсу *A*. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку *AM* в сторону вращения, если оно ускоренное (см. рис. 2.25, *a*), и против вращения, если оно замедленное (см. рис. 2.25, *b*). Величины касательного и нормального составляющих ускорения точки *M* определяются по формулам:

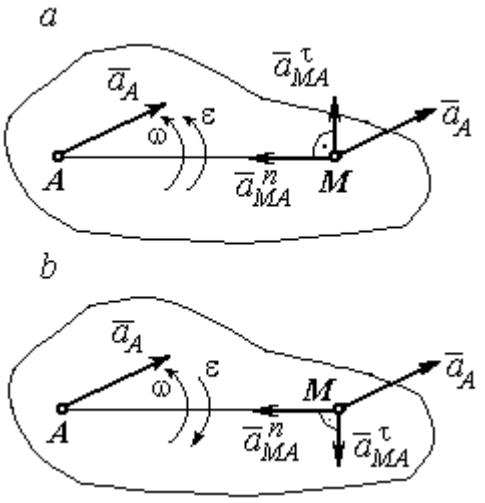


Рис. 2.25. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM$; $a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); AM – расстояние от точки *M* до полюса *A*.

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса *A* и точки *M*, то для определения ускорения точки *M* используется векторное равенство $\vec{a}^{\,\tau}_{M} + \vec{a}^{\,n}_{M} = \vec{a}^{\,\tau}_{A} + \vec{a}^{\,n}_{A} + \vec{a}^{\,\tau}_{MA} + \vec{a}^{\,n}_{MA}$, где $\vec{a}^{\,\tau}_{M}$, $\vec{a}^{\,n}_{M}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{A}$, $\vec{a}^{\,n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *M* и полюса *A* при движении их по заданным траекториям.

Примеры решения задач на определение ускорений точек

Задача 32. Поршень *D* гидравлического пресса приводится в движение шарнирно-рычажным механизмом *OABD*. В положении механизма, указанном на рис. 2.26, точка *L* рычага имеет скорость $V_L = 0{,}6$ м/с и ускорение $a_L = 0{,}5$ м/с^2. Длина рычага $OA = 2 \cdot AL = 0{,}6$ м, длина звена $AB = 0{,}4$ м. Определить скорость и ускорение поршня *D*, угловую скорость и ускорение звена *AB*.

Решение

Найдём угловую скорость рычага OL: $\omega_{OL} = \dfrac{V_L}{OL} = \dfrac{2}{3}$ рад/с.

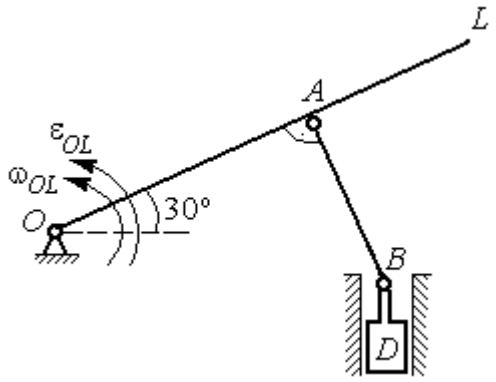


Рис. 2.26. Шарнирно-рычажный механизм гидравлического пресса

Ускорение точки L представляется в виде суммы векторов нормального и касательного ускорений: $\vec{a}_L = \vec{a}_L^{\,\tau} + \vec{a}_L^{\,n}$ (рис. 2.27). Модуль нормального ускорения точки L $a_L^n = \omega_{OL}^2 \cdot OL = 0{,}4$ м/с^2. Модуль её касательного ускорения и угловое ускорение рычага, соответственно, равны:

$$a_L^{\tau} = \sqrt{a_L^2 - (a_L^n)^2} = 0{,}3 \text{ м/с}^2, \quad \varepsilon_{OL} = \frac{a_L^{\tau}}{OL} = \frac{1}{3} \text{ рад/с}^2.$$

Скорость $\vec{V}_A$ точки A перпендикулярна рычагу OL и направлена в сторону вращения рычага. Её модуль $V_A = \omega_{OL} \cdot OA = 0{,}4$ м/с. Скорость $\vec{V}_B$ точки B направлена вертикально вверх вдоль линии движения поршня. Направления векторов скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ показаны на рис. 2.27. Точка P_1 – пересечения перпендикуляров, восстановленных к векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ - определяет положение мгновенного центра скоростей звена AB. Расстояние $AP_1 = P_1B \cdot \cos 30^\circ = 0{,}4\sqrt{3}$ м.

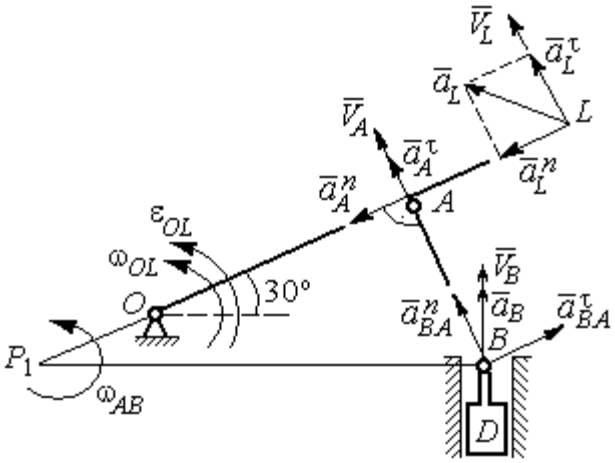


Рис. 2.27. Расчётная кинематическая схема механизма

Угловая скорость звена AB $\omega_{AB} = \dfrac{V_A}{P_1A} = \dfrac{1}{\sqrt{3}}$ рад/с.

Представим ускорение точки B через полюс A: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{BA}$, $\vec{a}^{n}_{BA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки B при вращении звена AB вокруг полюса A. Так как траекторией точки A является окружность с центром в точке O, ускорение этой точки может быть разложено на две составляющие: $\vec{a}_A = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A}$. В результате ускорение точки B представляется в виде векторной суммы $\vec{a}_B = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$. Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.27.

Модули ускорений:

$$a^{n}_{A} = \omega^{2}_{OL} \cdot OA = 0{,}27 \text{ см/с}^2;\ a^{n}_{BA} = \omega^{2}_{AB} \cdot AB = 0{,}13 \text{ см/с}^2;$$

$$a^{\tau}_{A} = \varepsilon_{OL} \cdot OA = 0{,}2 \text{ см/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_{AB} \cdot AB$ остаётся неизвестной величиной, так как угловое ускорение ε_{AB} звена AB неизвестно.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки B на оси x, y, где ось x проходит вдоль линии звена AB, ось y – перпендикулярна ей (рис. 2.28). Получим равенства:

$$a_B \cdot \cos 30^\circ = a^{\tau}_{A} + a^{n}_{BA};\ \ a_B \cdot \cos 60^\circ = -a^{n}_{A} + a^{\tau}_{BA}.$$

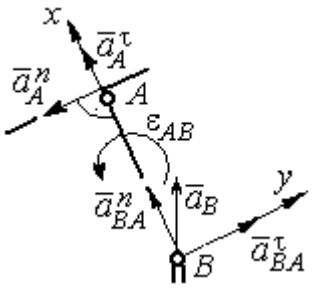


Рис. 2.28. Вычисление проекций векторов ускорений

Решая систему уравнений, находим модуль ускорения точки B: $a_B = 0{,}38$ см/с^2 и величину касательного ускорения: $a^{\tau}_{BA} = 0{,}46$ см/с^2. Угловое ускорение стержня AB $\varepsilon_{AB} = \dfrac{a^{\tau}_{BA}}{AB} = 1{,}15$ рад/с^2. Направление углового ускорения ε_{AB} звена AB определяется направлением вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ касательного ускорения точки B при вращении звена вокруг полюса A (см. рис. 2.28).

Ускорение поршня D равно ускорению точки B: $a_D = a_B = 0{,}38$ см/с^2.

Задача 34. Колесо 1 радиуса $r_1 = 0{,}6$ м катится без скольжения по прямолинейному участку пути и приводит в движение шатун 2, соединённый шарнирно с колесом в точке B на его ободе. На другом конце шатуна в точке C к нему присоединён ползун, перемещающийся горизонтально (рис. 2.29).

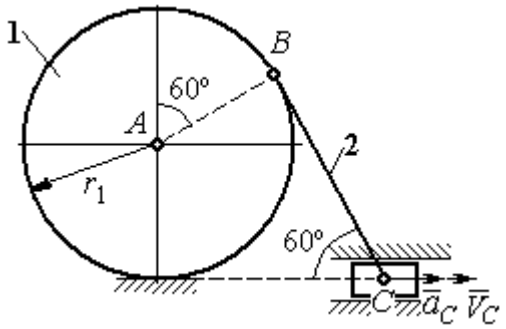


Рис. 2.29. Механизм, связывающий качение колеса с поступательным движением ползуна

В положении механизма, показанном на рис. 2.29, найти ускорение центра A колеса 1, его угловое ускорение, а также угловое ускорение шатуна 2, если заданы скорость и ускорение ползуна C: $V_C = 9$ м/с; $a_C = 4$ м/с^2.

Решение

При качении диска 1 по неподвижной поверхности точка P_1 касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей диска. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_1B. Восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$. Их пересечение в точке P_2 определяет положение мгновенного центра скоростей шатуна 2 (рис. 2.30).

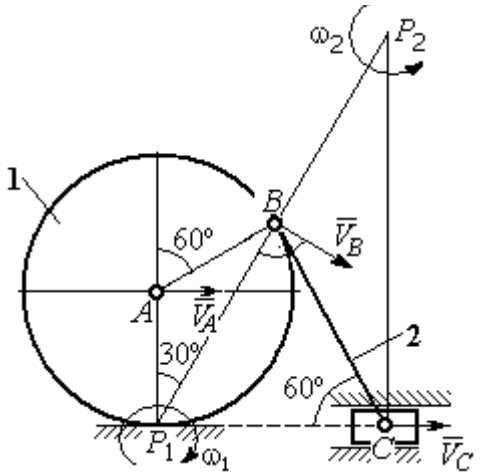


Рис. 2.30. Расчётная схема механизма для определения скоростей точек

Вычислим необходимые расстояния.

Расстояние P_1B (см. рис. 2.30) найдём из треугольника P_1AB по теореме косинусов: $P_1B = r_1\sqrt{3} = 1{,}04$ м. Из построения мгновенных центров скоростей P_1 и P_2 следует: $P_1B = BP_2 = BC$. Расстояние P_2C определяется из треугольника P_1P_2C: $P_2C = P_1P_2 \cdot \cos 30^\circ = 1{,}8$ м.

Угловая скорость шатуна 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{P_2C}$ = 5рад/с. Направление угловой скорости ω_2 определяется направлением скорости $\vec{V}_C$.

Скорость точки B найдём по формуле $V_B = \omega_2 \cdot P_2B$ = 5,2 м/с.

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{P_1B}$ = 5 рад/с. Скорость центра колеса 1 $V_A = \omega_1 \cdot P_1A$ = 3 м/с.

Найдём ускорение точки A.

Примем точку B за полюс и выразим ускорение точки A через полюс B: $\vec{a}_A = \vec{a}_B + \vec{a}^{\tau}_{AB} + \vec{a}^{n}_{AB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса B; $\vec{a}^{\tau}_{AB}$, $\vec{a}^{n}_{AB}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки A при вращении диска 1 вокруг полюса B (рис. 2.31). Направления ускорения точки $\vec{a}_A$ и касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\tau}_{AB}$ точки A выбраны в предположении ускоренного движения диска.

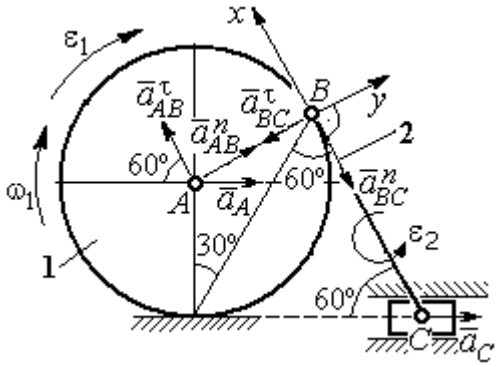


Рис. 2.31. Расчётная схема механизма для определения ускорений точек

Ускорение полюса B выразим через полюс C: $\vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}^{\tau}_{BC} + \vec{a}^{n}_{BC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение полюса C; $\vec{a}^{\tau}_{BC}$, $\vec{a}^{n}_{BC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки B при вращении шатуна 2 вокруг полюса C. Направление касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\tau}_{BC}$ точки B выбрано в направлении вращения шатуна 2 (см. рис. 2.30) исходя из предположения его ускоренного движения. В результате ускорение точки A выражается векторной суммой:

$$\vec{a}_A = \vec{a}^{\tau}_{AB} + \vec{a}^{n}_{AB} + \vec{a}^{\tau}_{BC} + \vec{a}^{n}_{BC} + \vec{a}_C.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.31.

Заметим, что в любой момент времени движения колеса 1 расстояние от точки A до мгновенного центра скоростей колеса P_1 остаётся постоянным, равным радиусу колеса. Дифференцируем выражение $V_A = \omega_1 \cdot P_1A = \omega_1 \cdot r_1$. Получим $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_1}{dt} r_1 = \varepsilon_1 \cdot r_1$, откуда с учётом $\frac{dV_A}{dt} = a_A$ (прямолинейное движение точки A) угловое ускорение диска 1 $\varepsilon_1 = \frac{a_A}{r_1}$. В результате, касательное ускорение a^{τ}_{AB} точки A при вращении диска 1 вокруг полюса B $a^{\tau}_{AB} = \varepsilon_1 \cdot AB = a_A$.

Найдём модули векторов ускорений:

$$a^n_{AB} = \omega_1^2 \cdot AB = 15 \text{ м/с}^2;\ a^n_{BC} = \omega_2^2 \cdot BC = 26 \text{ м/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BC} = \varepsilon_2 \cdot BC$ остаётся неизвестным. Применить здесь способ дифференцирования выражения $V_C = \omega_2 \cdot P_2C$ для определения углового ускорения ε_2 невозможно, так как расстояние P_2C от мгновенного центра скоростей P_2 шатуна 2 до точки C меняется во время движения механизма неизвестным образом.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки A на оси x, y, выбранные, как показано на рис. 2.31. Получим систему уравнений:

$$\text{проекция на ось } x\text{: } -a_A\cos60^\circ = a^{\tau}_{AB} - a^n_{BC} - a_C\cos60^\circ;$$

$$\text{проекция на ось } y\text{: } a_A\cos30^\circ = a^n_{AB} - a^{\tau}_{BC} + a_C\cos30^\circ.$$

Из первого уравнения с учётом того, что $a^{\tau}_{AB} = a_A$, найдём ускорение точки A: a_A = 18,67 м/с^2. Положительное значение ускорения точки A означает, что вектор $\vec{a}_A$ направлен так, как показано на рис. 2.31, – в сторону направления вектора скорости $\vec{V}_A$. Из этого следует, что диск 1 движется ускоренно и угловое ускорение направлено в сторону его угловой скорости.

Из второго уравнения получим: $a_{BC}^{\tau} = 2{,}29$ м/с^2. Угловое ускорение шатуна 2: $\varepsilon_2 = \dfrac{\left|a_{BC}^{\tau}\right|}{BC} = 2{,}2$ рад/с^2. Из того, что касательное ускорение a_{BC}^{τ} положительно, следует, что направление вектора $\vec{a}_{BC}^{\tau}$ совпадает с направлением, указанным на рис. 2.31. Это, в свою очередь, означает, что в данном положении механизма угловое ускорение шатуна 2 направлено так, как показано на рис. 2.31, – по направлению его угловой скорости, то есть шатун 2 вращается ускоренно.

Задача 35. По неподвижной шестерне 1 радиуса r_1 обкатывается шестерня 2 радиуса r_2, насаженная в центре на кривошип OA (рис. 2.32). Кривошип OA вращается вокруг оси O с угловой скоростью ω_{OA} и угловым ускорением ε_{OA}. На ободе шестерни 2 в точке B шарнирно прикреплен стержень BC, соединенный другим концом с центром C диска 3, катящегося без скольжения вдоль горизонтальной прямой. Радиус диска 3 равен радиусу шестерни 2: $r_3 = r_2$. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.32, определить ускорение точки D и угловое ускорение стержня BC, если $r_1 = 0{,}2$ м, $r_2 = 0{,}4$ м, $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2. Длина стержня $BC = 1$ м.

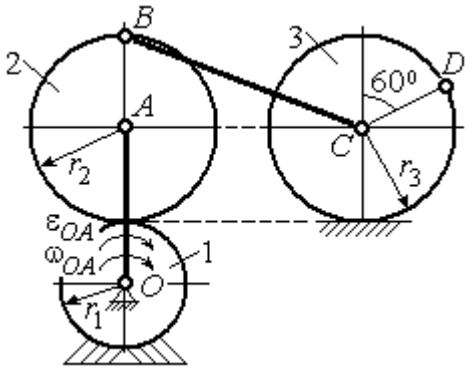


Рис. 2.32. Схема движения плоского механизма

Решение

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа OA. Скорость его точки A: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 2{,}4$ м/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону его вращения (рис. 2.33).

При качении подвижной шестерни 2 по неподвижной 1, точка их соприкосновения P_2 является мгновенным центром скоростей шестерни 2. Угловая скорость шестерни 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} =$ 6 рад/с. Скорость точки B шестерни 2: $V_B = \omega_2 \cdot BP_2 =$ 4,8 м/с.

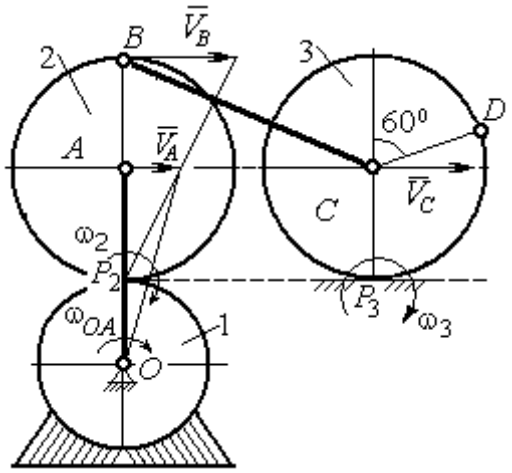


Рис. 2.33. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Для определения угловой скорости стержня BC заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки B и C не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня BC отсутствует (или бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю и стержень совершает мгновенное поступательное движение. При таком движении мгновенные скорости всех точек стержня BC одинаковы по величине и направлению. Таким образом, $\omega_{BC} = 0$; $V_C = V_B =$ 4,8 м/с.

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка P_3 касания диска с поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} =$ 12 рад/с. Направление угловой скорости ω_3 определяется направлением вектора $\vec{V}_C$.

Найдём ускорения точек и угловые ускорения звеньев механизма.

Выразим ускорение $\vec{a}_C$ точки C, направленное вдоль линии движения центра колеса 3, через полюс B. Ускорение представляется векторной суммой: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – вектор ускорения полюса B; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки C при вращении

стержня BC вокруг полюса B. Вектор $\vec{a}^{n}_{CB}$ направлен вдоль стержня от точки C к полюсу B, вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ перпендикулярен стержню BC. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ выбрано по предполагаемому угловому ускорению стержня BC, показанному на рис. 2.34 дуговой стрелкой ε_{CB}.

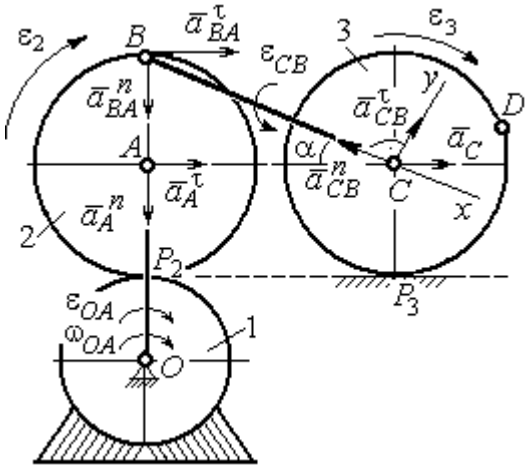


Рис. 2.34. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

Рассмотрим плоскопараллельное движение шестерни 2 и выразим ускорение точки B через полюс A в виде векторного равенства: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки B при вращении шестерни 2 вокруг полюса A. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса шестерни от точки B к полюсу A, вектор $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ перпендикулярен линии BA. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ соответствует ускоренному вращению шестерни 2.

Рассмотрим вращение кривошипа OA. Вектор ускорения точки A кривошипа при вращении его вокруг неподвижной оси O представляется в виде суммы: $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{A}$, где $\vec{a}^{n}_{A}$ и $\vec{a}^{\tau}_{A}$ – вектора нормальной и касательной составляющих ускорения точки A. Вектор $\vec{a}^{n}_{A}$ направлен вдоль кривошипа по направлению к оси вращения, вектор $\vec{a}^{\tau}_{A}$ перпендикулярен кривошипу и направлен в сторону углового ускорения ε_{OA} вращения кривошипа.

В результате для определения ускорения точки C имеем векторное равенство:

$$\vec{a}_C = \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{CB} + \vec{a}^{\tau}_{CB}.$$

Направления всех векторов ускорений показаны на рис. 2.34.

Вычислим модули векторов, составляющих векторную сумму:

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 9{,}6 \text{ м/с}^2; \quad a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 1{,}2 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BA}^n = \omega_2^2 \cdot BA = 14{,}4 \text{ м/с}^2; \quad a_{CB}^n = \omega_{BC}^2 \cdot BC = 0.$$

Заметим, что во время движения шестерни 2 расстояние AP_2 остается постоянным, равным r_2. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 r_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} r_2$. При криволинейном движении точки A производная от скорости равна касательному ускорению: $\frac{dV_A}{dt} = a_A^\tau$. С учётом, что $\frac{d\omega_2}{dt} = \varepsilon_2$, получим: $a_A^\tau = \varepsilon_2 r_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a_A^\tau}{r_2} = 3$ рад/с^2 и $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 1{,}2$ м/с^2.

Выберем оси Cx, Cy, как показано на рис. 2.34, – вдоль отрезка BC и перпендикулярно ему и спроектируем на них векторное равенство ускорения точки C. Получим систему уравнений:

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha - a_{CB}^n;$$

$$a_C \sin\alpha = -a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha - a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где α – угол между стержнем BC и линией центров AC, $\sin\alpha = \frac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$.

Находим из первого уравнения ускорение точки C: $a_C = 12{,}83$ м/с^2, из второго – касательное ускорение точки C при вращении стержня BC вокруг полюса B: $a_{CB}^\tau = 33{,}95$ м/с^2. Величина углового ускорения стержня BC: $\varepsilon_{CB} = \frac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 33{,}95$ рад/с^2. Положительное значение a_{CB}^τ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ направлен так, как показано на рис. 2.34. Тогда и

направление углового ускорения ε_{CB} стержня BC совпадает с направлением, показанным дуговой стрелкой на рис. 2.34.

При качении диска 3 точка C движется по прямой и расстояние CP_3 остается постоянным, равным радиусу диска 3. В этом случае равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 r_3$ можно продифференцировать по времени. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} r_3$. Так как движение точки C является прямолинейным, производная от скорости точки C равна ускорению этой точки: $\frac{dV_C}{dt} = a_C$. Тогда с учётом $\frac{d\omega_3}{dt} = \varepsilon_3$ имеем равенство $a_C = \varepsilon_3 r_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{r_3} = 32{,}07$ рад/с^2.

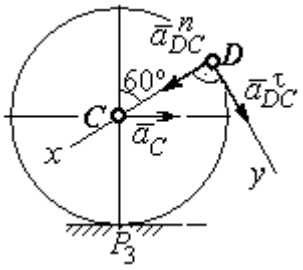


Рис.2.35. Расчетная схема для определения ускорения точки D

Выразим ускорение точки D через полюс C, ускорение которого известно и по величине, и по направлению: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^n_{DC} + \vec{a}^\tau_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки C; $\vec{a}^n_{DC}$, $\vec{a}^\tau_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки D при вращении диска 3 вокруг полюса C. Модули ускорений

$$a_C = 12{,}83 \text{ м/с}^2;\ a^n_{DC} = \omega_3^2 DC = 57{,}6 \text{ м/с}^2;\ a^\tau_{DC} = \varepsilon_3 DC = 12{,}83 \text{ м/с}^2.$$

Проведём оси Dx и Dy, как показано на рис. 2.34, и спроектируем векторное равенство ускорения точки D на оси. Получим систему уравнений:

$$a_{Dx} = -a_C \cos 30^\circ + a^n_{DC};\quad a_{Dy} = a_C \cos 60^\circ + a^\tau_{DC}.$$

Подставляя в уравнения проекций значения модулей ускорений, найдём: $a_{Dx} = 46{,}49$ м/с^2; $a_{Dy} = 19{,}25$ м/с^2.

Величина ускорения точки D: $a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 50{,}32$ м/с^2.

Заметим, что для определения ускорения точки D невозможно было сразу использовать приём с последовательным выражением ускорения точки D через

ускорения полюсов C, B и A, так как в полученной в результате проекций системе двух уравнений будет три неизвестных величины - a_{Dx}, a_{Dy} и величина ускорения a_{CB}^{τ}.

Задача 36. Механизм качалки (рис. 2.36) включает в себя кривошип OA, вращающийся вокруг неподвижной оси O, шестерню 1 радиуса r_1, насаженную на кривошип в точке A и обкатывающуюся по неподвижной цилиндрической поверхности, и шатун BC, присоединённый одним концом в точке B к шестерне, а другим – в точке C к коромыслу CO_1. В положении, указанном на рис. 2.36, определить угловую скорость и угловое ускорение коромысла CO_1, если ω_{OA} = 2 рад/с; ε_{OA} = 4 рад/с^2; OA = 0,8 м; r_1 = 0,4 м; AB = 0,2 м; BC = 0,6 м. Для этого же положения определить ускорение точки C.

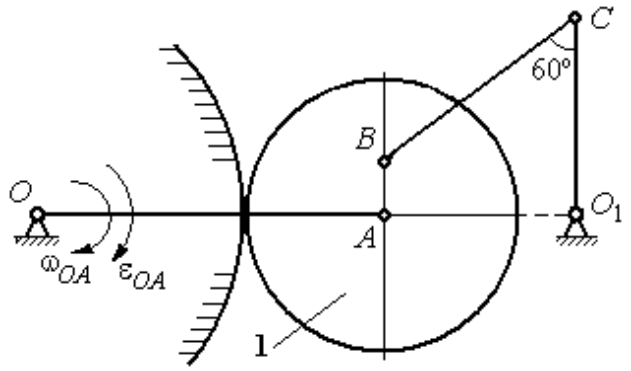


Рис. 2.36. Механизм качалки

Решение

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Скорость точки A кривошипа $V_A = \omega_{OA} \cdot OA$ = 1,6 м/с. Вращаясь, кривошип передаёт движение шестерне 1, которая катится по неподвижной поверхности. Точка касания P_1 шестерни с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей шестерни. Тогда её угловая скорость $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1}$ = 4 рад/с. Направление угловой скорости показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой ω_1.

Расстояние от мгновенного центра скоростей шестерни до её точки B P_1B = 0,45 м. Скорость точки B: $V_B = \omega_1 \cdot P_1B$ = 1,8 м/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_1B и направлен в сторону вращения шестерни.

При вращении коромысла CO_1 вокруг неподвижной оси O_1 вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен коромыслу. Точка P_2, лежащая на пересечении перпендикуляров, восстановленных к векторам $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ – скоростей точек B и C, является мгновенным центром скоростей шатуна BC (рис. 2.37). Расстояние $BK = BC\cos 30^\circ = 0{,}52$ м; $\cos\alpha = \dfrac{AP_1}{BP_1} = 0{,}89$; $P_2B = \dfrac{BK}{\cos\alpha} = 0{,}58$ м. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_2} = 3{,}1$ рад/с. Направление угловой скорости шатуна показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой ω_{BC}.

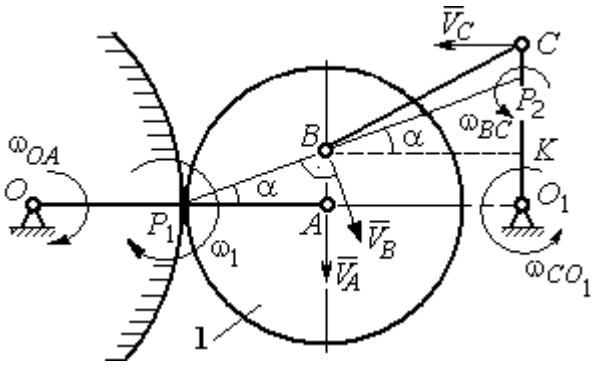


Рис. 2.37. Расчётная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Расстояние $P_2C = BC \cdot \sin 30^\circ - P_2B \cdot \sin\alpha = 0{,}04$ м. Скорость точки C шатуна BC: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_2C = 0{,}12$ м/с. Длина коромысла $CO_1 = CK + KO_1 = 0{,}5$ м, угловая скорость коромысла $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{CO_1} = 0{,}24$ рад/с.

Найдём ускорения звеньев механизма.

Считая, что точка C принадлежит шатуну BC, выразим ускорение точки C через полюс B: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса B; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки C при вращении шатуна вокруг полюса B.

Полагая, что точка B принадлежит шестерне 1, выразим её ускорение через полюс A: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\,n}_{BA} + \vec{a}^{\,\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки A шестерни; $\vec{a}^{\,n}_{BA}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки B при вращении шестерни вокруг полюса A.

Поскольку точка A принадлежит и кривошипу OA, а точка C – коромыслу CO_1, вращающихся вокруг своих неподвижных осей, вектора ускорений этих точек можно представить в виде сумм векторов:

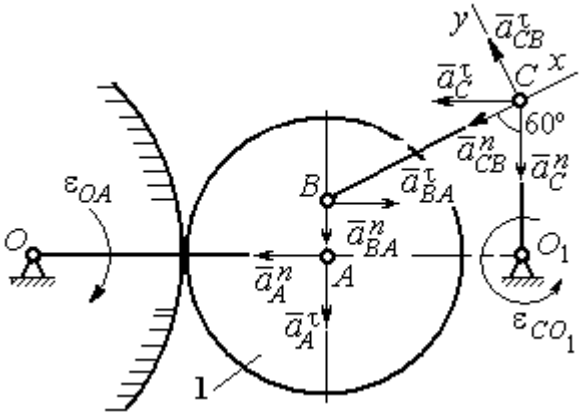


Рис. 2.38. Расчётная схема для определения ускорений точек механизма

$$\vec{a}_A = \vec{a}_A^{\,n} + \vec{a}_A^{\,\tau},\ \vec{a}_C = \vec{a}_C^{\,n} + \vec{a}_C^{\,\tau},$$

где $\vec{a}_A^{\,n}$, $\vec{a}_A^{\,\tau}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки A при вращении кривошипа вокруг оси O; $\vec{a}_C^{\,n}$, $\vec{a}_C^{\,\tau}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки C при вращении коромысла вокруг оси O_1.

В результате подстановок получим полное векторное равенство, связывающее ускорения точек механизма:

$$\vec{a}_C^{\,n} + \vec{a}_C^{\,\tau} = \vec{a}_{CB}^{\,n} + \vec{a}_{CB}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n} + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_A^{\,n} + \vec{a}_A^{\,\tau}.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.38.

Модули векторов ускорений:

$$a_C^n = \omega_{CO_1}^2 \cdot CO_1 = 0{,}03 \text{ м/с}^2;\ \ a_{CB}^n = \omega_{CB}^2 \cdot CB = 5{,}77 \text{ м/с}^2,$$

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2,$$

$$a_{BA}^n = \omega_1^2 \cdot BA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ \ a_{BA}^\tau = \varepsilon_1 \cdot BA.$$

Для определения ε_1 углового ускорения шестерни 1 продифференцируем равенство $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 r_1$. Получим: $a_A^\tau = \varepsilon_1 r_1$, откуда $\varepsilon_1 = \dfrac{a_A^\tau}{r_1} = 8$ рад/с^2.

Тогда $a_{BA}^\tau = 1{,}6$ м/с^2.

Неизвестными в векторном равенстве ускорений остаются модули векторов $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ и $\vec{a}^{\tau}_{C}$. Выберем ось x вдоль шатуна BC, как показано на рис. 2.38, и спроектируем на неё полное векторное равенство.

Получим уравнение:

$$-a^{n}_{C}\cos 60^{\circ} - \vec{a}^{\tau}_{C}\cos 30^{\circ} = -a^{n}_{CB} - a^{n}_{BA}\cos 60^{\circ} + a^{\tau}_{BA}\cos 30^{\circ} - a^{n}_{A}\cos 30^{\circ} - a^{\tau}_{A}\cos 60^{\circ},$$

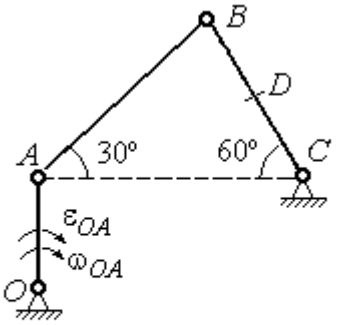
откуда найдём ускорение a^{τ}_{C} = 11,94 м/с^2. Угловое ускорение качалки

$$\varepsilon_{CO_1} = \frac{\left|a^{\tau}_{C}\right|}{CO_1} = 23{,}88 \text{ рад/с}^2.$$

Положительное значение касательного ускорения a^{τ}_{C} свидетельствует о том, что направление вектора ускорения $\vec{a}^{\tau}_{C}$ совпадает с направлением, показанным на рис. 2.38. В эту же сторону направлена и скорость $\vec{V}_C$ точки C (см. рис. 2.37). Следовательно, в данном положении движение качалки ускоренное и угловое ускорение направлено в сторону угловой скорости.

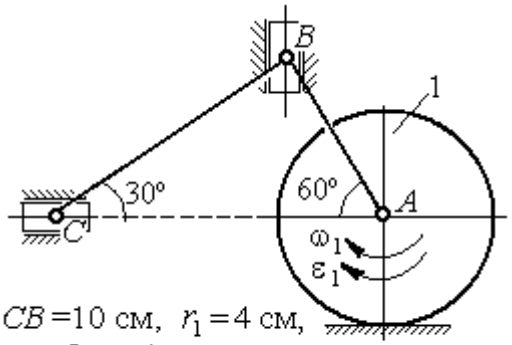
Упражнения

Упражнения 2.9



$OA = 4$ см, $BD = DC = 4$ см,
$\omega_{OA} = 3$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2.
Найти ускорение точки D

Упражнения 2.10



$CB = 10$ см, $r_1 = 4$ см,
$\omega_1 = 3$ рад/с, $\varepsilon_1 = 2$ рад/с^2.
Найти ускорение точки C

Рис. 2.39. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.9, 2.10

3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки

Рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Неподвижная система координат, относительно которой определяются движения точки и тела, называется **основной**. Связанная с телом и движущаяся вместе с ним система координат называется **подвижной.**

Движение точки относительно подвижной системы координат (фактически движение точки относительно тела) называется **относительным**. **Переносным** движением называют движение, которое совершает точка вместе с подвижной системой координат (фактически вместе с телом). Движение точки относительно основной (неподвижной) системы координат называется **абсолютным.**

Скорость точки относительно подвижной системы координат называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

Переносной скоростью точки и **переносным ускорением** называют скорость и ускорение той точки тела, с которой в данный момент совпадает движущаяся точка.

Скорость и ускорение точки относительно основной системы называют **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **скорость абсолютного движения точки равна векторной сумме переносной и относительной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **абсолютное ускорение точки равно векторной сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса:** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ –

вектора соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_{\text{к}}$ – вектор ускорения Кориолиса.

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением: $\vec{a}_{\text{к}} = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_{\text{к}}| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где α – угол между вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$ и вектором относительной скорости точки $\vec{V}_r$ (рис. 3.1).

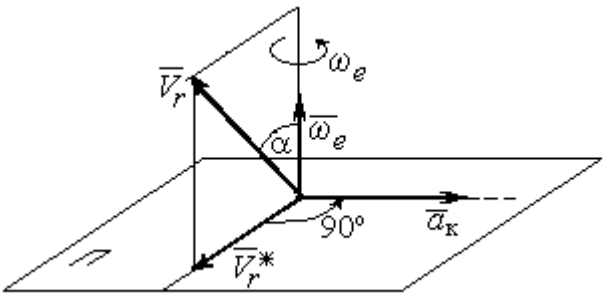


Рис. 3.1. Определение ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

На рис. 3.1 показан способ определения вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем. Построим плоскость *П*, перпендикулярную вектору угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроектируем вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости *П* вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. При этом модуль ускорения Кориолиса $a_{\text{к}} = 2|\omega_e| \cdot |V_r| \sin 90^\circ = 2\omega_e V_r$.

Примеры решения задач на сложное движение точки

Задача 37. Компрессор с криволинейными каналами (рис. 3.2) вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с вокруг оси *O*, перпендикулярной плоскости рисунка. Воздух перемещается по каналу *AB* с постоянной относительной скоростью $V_r = 4$ м/с. Найти ускорение частицы воздуха в начале канала в точке *A* и проекции этого ускорения на оси неподвижной системы координат *xOy*, если радиус $OA = 0{,}5$ м, радиус кривизны канала в точке *A* $\rho = 0{,}8$ м, угол между нормалью *n* к кривой *AB* в точке *A* и радиусом *OA* $\alpha = 30^\circ$.

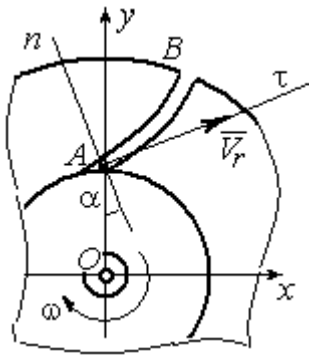


Рис.3.2. Движение воздуха по каналу компрессора

Решение

Переносным движением для частицы воздуха будет вращательное движение компрессора, а скорость точки *A* компрессора, где по условию находится частица воздуха, будет её переносной скоростью: $V_e = \omega \cdot OA = 5$ м/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости частицы перпендикулярен радиусу *OA* и направлен в сторону угловой скорости вращения компрессора (рис. 3.3).

Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости частицы воздуха направлен вдоль касательной к кривой *AB* (стенки канала) в точке *A*.

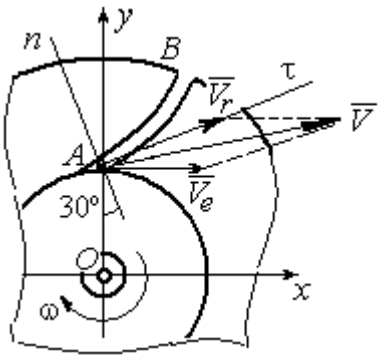


Рис. 3.3. Построение вектора абсолютной скорости частицы

Вектор абсолютной скорости частицы воздуха равен геометрической сумме векторов относительной и переносной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$ (см. рис. 3.3). Спроектируем это векторное равенство на оси *x*, *y*. Получим систему уравнений:

$$V_x = V_e + V_r \cos 30^\circ = 8{,}46 \text{ м/с}; \; V_y = V_r \cos 60^\circ = 2 \text{ м/с}.$$

Модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 8{,}69$ м/с.

Найдём ускорение частицы воздуха.

Абсолютное ускорение частицы определяется по теореме сложения ускорений:

$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_{\text{к}}.$$

В относительном движении частица движется между стенками канала по криволинейной траектории, и её ускорение $\vec{a}_r$ представляется суммой: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau}$, где $\vec{a}_r^{\,n}$, $\vec{a}_r^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих относительного ускорения частицы.

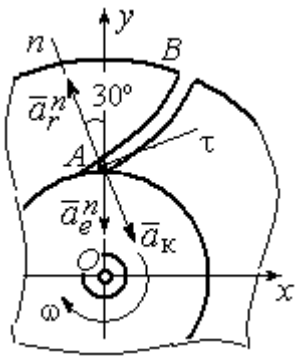


Рис. 3.4. Составляющие ускорения частицы в сложном движении

Переносное ускорение частицы $\vec{a}_e$ есть ускорение точки *A* вращающегося компрессора, которое выражается суммой $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau}$, где $\vec{a}_e^{\,n}$, $\vec{a}_e^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих переносного ускорения частицы.

В результате абсолютное ускорение частицы воздуха в точке А выражается векторной суммой:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Вычислим модули ускорений:

$$a_r^{\tau} = \dot{V}_r = 0,\ a_r^n = \frac{V_r^2}{\rho} = 20 \text{ м/с}^2;\ a_e^{\tau} = \varepsilon \cdot OA = \dot{\omega} \cdot OA = 0,$$

$$a_e^n = \omega^2 r = 50 \text{ м/с}^2;\ a_{\text{к}} = 2\omega V_r = 80 \text{ м/с}^2.$$

Направление ускорения Кориолиса определяется простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. Вектора ускорений показаны на рис. 3.4.

Спроектируем векторное равенство ускорения частицы на оси неподвижной системы координат *xOy*. Получим:

$$a_x = -a_r^n \cos 60^\circ + a_к \cos 60^\circ = 30 \text{ м/с}^2 ;$$

$$a_y = a_r^n \cos 30^\circ - a_e^n - a_к \cos 30^\circ = -101{,}96 \text{ м/с}^2.$$

Модуль ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 106{,}28$ м/с^2.

Задача 38. При совмещении работы механизмов подъёма груза и поворота крана (рис. 3.5) груз *A* перемещается в горизонтальном и вертикальном направлениях. На участке разгона барабан *B* радиуса $r_1 = 0{,}5$ м, на который навит канат, поддерживающий груз, вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon_1 = 3$ рад/с^2, а кран разворачивается вокруг оси O_1O_2 с угловым ускорением $\varepsilon_2 = 0{,}5$ рад/с^2.

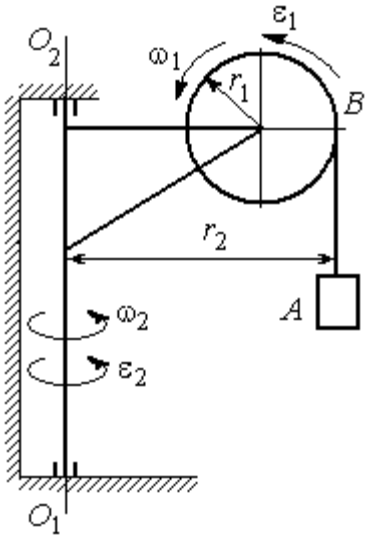


Рис. 3.5. Механизм поворотного крана

Пренебрегая отклонением каната от вертикали, определить скорость и ускорение груза в момент времени $t_1 = 1$ с, если вылет стрелы крана до линии подвеса груза $r_2 = 10$ м.

Решение

Подъём груза *A* на канате является для груза относительным движением, а вращение крана – переносным. Вектор абсолютной скорости груза равен сумме $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где вектора относительной $\vec{V}_r$ и переносной $\vec{V}_e$ скоростей.

При равноускоренном вращении барабана *B* из состояния покоя его угловая скорость $\omega_1 = \varepsilon_1 t$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_1 = 3$ рад/с. Скорость подъёма груза *A* в этот момент $V_r(1) = \omega_1(1) r_1 = 1{,}5$ м/с. Вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ направлен вдоль линии движения груза, в сторону его подъёма (рис. 3.6).

Угловая скорость крана при постоянном угловом ускорении $\omega_2 = \varepsilon_2 t$. При $t_1 = 1$ с $\omega_2 = 0{,}5$ рад/с. Переносная скорость груза A равна скорости груза, движущегося вместе со стрелой крана по окружности радиуса r_2: $V_e = \omega_2 r_2 = 5$ м/с. Вектор переносной скорости груза $\vec{V}_e$ направлен по касательной к траектории переносного движения груза в сторону угловой скорости вращения крана (см. рис. 3.6).

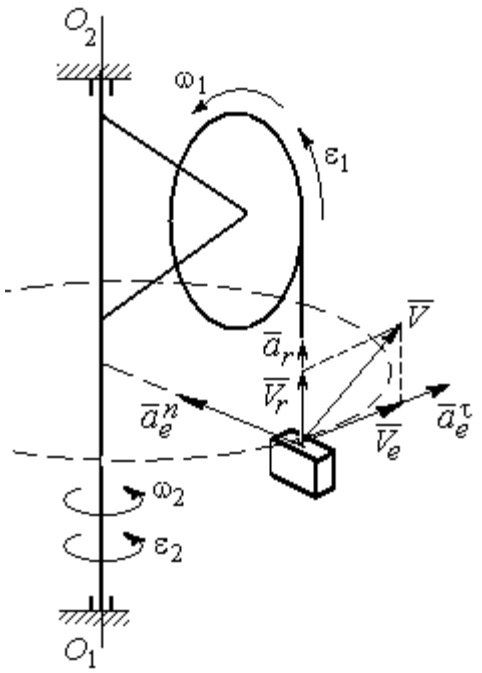


Рис. 3.6. Расчётная схема для определения скорости и ускорения груза на поворотном кране

Так как вектора относительной и переносной скоростей груза взаимно перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_r^2 + V_e^2} = 5{,}22$ м/с.

Найдём абсолютное ускорение груза.

Теорема сложения ускорений имеет вид векторной суммы: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_\text{к} = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_\text{к}$, где $\vec{a}_r^{\,n}$, $\vec{a}_r^{\,\tau}$, $\vec{a}_e^{\,n}$, $\vec{a}_e^{\,\tau}$, $\vec{a}_\text{к}$ – вектора нормального и касательного ускорений груза в относительном и переносном движениях и ускорение Кориолиса. Найдём модули векторов ускорений.

Нормальное относительное ускорение a_r^n груза, движущегося прямолинейно, равно нулю: $a_r^n = 0$, а касательное a_r^τ равно по величине касательному ускорению точки на поверхности барабана: $a_r^\tau = \varepsilon_1 r_1 = 1{,}5$ м/с^2. Направление вектора $\vec{a}_r^{\,\tau}$ относительного касательного ускорения груза определяется направлением углового ускорения барабана.

Переносные нормальное a_e^n и касательное a_e^τ ускорения груза: $a_e^n = \omega_2^2 r_2$ = 2,5 м/с^2; $a_e^\tau = \varepsilon_2 r_2$ = 5 м/с^2. Вектор касательного ускорения $\vec{a}_e^\tau$ направлен в сторону углового ускорения вращения крана.

Ускорение Кориолиса $a_к$ равно нулю, так как вектор $\vec{V}_r$ параллелен вектору $\vec{\omega}_2$: $a_к = 0$.

Направления векторов ускорений, модули которых отличны от нуля, показаны на рис. 3.6. В результате вектор абсолютного ускорения груза представлен в виде разложения на три взаимно перпендикулярных вектора: $\vec{a} = \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_r^\tau$, поэтому модуль абсолютного ускорения груза $a = \sqrt{(a_e^n)^2 + (\vec{a}_e^\tau)^2 + (\vec{a}_r)^2}$ = 5,79 м/с^2.

Задача 39. Фигура, состоящая из половины диска и построенного на его диаметре равнобедренного треугольника (рис. 3.7), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину A треугольника, по закону $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад. Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой φ.

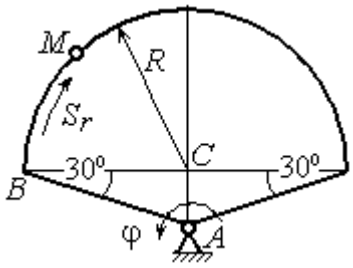


Рис. 3.7. Схема сложного движения точки

По ободу диска из начального положения B движется точка M. Уравнение движения точки: $\breve{BM} = S_r = 9\pi t^2$, см.. Положительное направление отсчёта дуги BM показано дуговой стрелкой S_r (см. рис. 3.7). Радиус диска R = 9 см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени t_1 = 1 с.

Решение

Переносным движением точки M является вращение фигуры вокруг оси A, относительным – её движение по окружности обода диска.

Положение точки M на окружности определяется центральным углом: $\alpha = \dfrac{S_r}{R}$, где S_r – длина дуги окружности, пройденная точкой. В момент времени $t_1 = 1$ с $S_r = 9\pi$ см и $\alpha = \pi$. Расчётное положение точки M на рис. 3.8 обозначено M_1.

Угловая скорость вращения фигуры равна модулю производной $\omega_e = |\dot{\varphi}_e| = |5 - 4t|$. При $t_1 = 1$ с $\omega_e(1) = 1$ рад/с. Направление угловой скорости определяется знаком производной $\dot{\varphi}_e$. Положительная на данный момент времени величина производной ($\dot{\varphi}_e = 1$) показывает, что вращение фигуры происходит в положительном направлении отсчёта угла φ_e и отмечено на рис. 3.8 дуговой стрелкой ω_e.

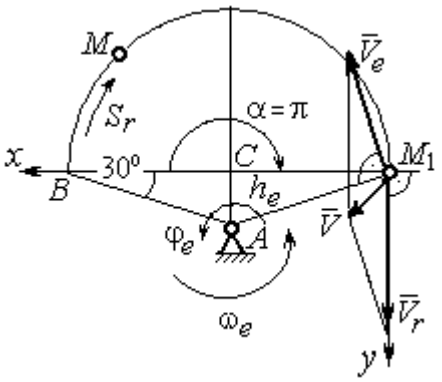


Рис. 3.8. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки

Переносная скорость точки V_e – это скорость расчётного положения точки M вращающейся фигуры: $V_e = \omega_e h_e = = \omega_e AM_1 = \dfrac{\omega_e R}{\cos 30^\circ} = 10{,}39$ см/с. Вектор переносной скорости точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен отрезку AM_1 и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.8).

Скорость точки в относительном движении определяется как модуль производной: $V_r = |\dot{S}_r| = |18\pi t|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 56{,}5$ см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r = 18\pi > 0$ указывает, что в этот момент времени относительное движение точки происходит в положительном направлении отсчёта дуги окружности, по которой движется точка. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки перпендикулярен отрезку CM_1 и направлен в сторону её движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти абсолютную скорость

точки, выберем оси координат M_1x, M_1y, как показано на рис. 3.8, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси:

$$V_x = V_e\cos 60^\circ = 5{,}2 \text{ см/с}, \; V_y = -V_e\cos 30^\circ + V_r = 47{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 47{,}8$ см/с.

Абсолютное ускорение точки определяется по теореме сложения ускорений: $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_\text{к}$.

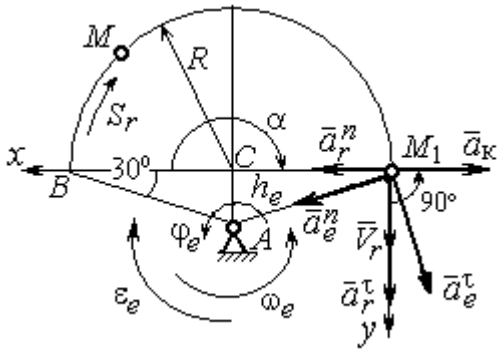


Рис. 3.9. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Переносное ускорение точки представляется в виде суммы: $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n}$, где $\vec{a}_e^{\,\tau}$ и $\vec{a}_e^{\,n}$ – переносные касательное и нормальное ускорения. В относительном движении точки (по дуге окружности) ускорение также может быть разложено на две составляющие – относительные касательное и нормальное ускорения: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$. В результате теорема о сложении ускорений приобретает вид: $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_\text{к}$.

Вычислим модули и направления векторов ускорений в расчётном положении точки M_1.

Относительное касательное ускорение a_r^τ вычисляется по формуле: $a_r^\tau = \left|\ddot{S}_r\right|$, где $\ddot{S}_r = 18\pi = 56{,}5$ см/с^2. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^{\,\tau}$ направлен по касательной в сторону положительного отсчёта траектории относительного движения. Относительное нормальное ускорение точки a_r^n вычисляется по формуле: $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно 355,3 см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_r^{\,n}$ направлен по радиусу диска к центру C (рис. 3.9).

Угловое ускорение фигуры в момент времени $t_1 = 1$ с, $\varepsilon_e = |\ddot{\varphi}_e| = 4$ рад/с^2. Поскольку значение второй производной угла поворота отрицательное ($\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с^2), то угловое ускорение направлено в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота фигуры, как показано на рис. 3.9 дуговой стрелкой ε_e. Модуль переносного касательного ускорения a_e^τ определяется по формуле $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = \varepsilon_e \cdot AM_1$ и в момент времени $t_1 = 1$ с равен 41,6 см/с^2. Вектор переносного касательного ускорения точки $\vec{a}_e^\tau$ перпендикулярен AM_1 и направлен в сторону углового ускорения фигуры ε_e (см. рис. 3.9). Переносное нормальное ускорение вычисляется по формуле $a_e^n = \omega_e^2 h_e = \omega_e^2 \cdot AM_1$ и на момент времени $t_1 = 1$ с: $a_e^n = 10{,}4$ см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^n$ направлен вдоль отрезка M_1A к оси вращения тела (см. рис. 3.9).

Модуль ускорения Кориолиса в момент времени $t_1 = 1$ с $a_к = 2\omega V_r =$ $=113{,}1$ см/с^2. По условию задачи вектор $\vec{V}_r$ скорости относительного движения точки перпендикулярен вектору $\vec{\omega}_e$ угловой скорости переносного движения. В этом случае для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения (см. рис. 3.9).

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси M_1x и M_1y, как показано на рис. 3.9, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на эти оси. Получим:

$$a_x = -a_e^\tau \cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_к = 230{,}4 \text{ см/с}^2;$$

$$a_y = a_e^\tau \cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^\tau = 97{,}9 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 250{,}3 \text{ см/с}^2.$$

Задача 40. Диск (рис. 3.10) вращается вокруг оси O_1O_2, проходящей вдоль вертикального диаметра, с угловой скоростью $\omega = 2t^2 + 4\cos\pi t$ рад/с. Положительное направление отсчёта угла поворота диска отмечено на схеме дуговой стрелкой φ. Вдоль другого диаметра диска, наклоненного под углом 30º к вертикальному, движется точка M по закону $CM = S_r = (4t-1)^2 - 1$ см. Расстояние отсчитывается от точки C на краю диска. Положительное направление движения точки M показано стрелкой S_r. Радиус диска $R = 4$ см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$ с.

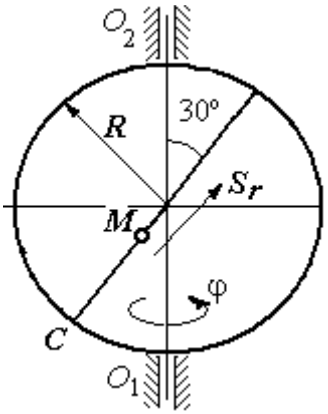


Рис. 3.10. Схема сложного движения точки

Решение

Переносным движением точки M является вращение диска вокруг вертикального диаметра, относительным – её прямолинейное движение вдоль наклонного диаметра диска.

Расстояние S_r, пройденное точкой, к моменту времени $t_1 = 1$ с равно 8 см. При радиусе диска $R = 4$ см точка M в данный момент времени находится на противоположном от точки C конце диаметра. На рис. 3.11 это положение обозначено буквой M_1.

Угловая скорость диска равна модулю производной: $\omega = |\dot{\varphi}| = |2 + 4\cos\pi|$ и при $t_1 = 1$ с $\omega = 2$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по знаку производной $\dot{\varphi}$. В данном случае производная имеет отрицательное значение ($\dot{\varphi} = -2$ рад/с). Это означает, что вращение диска происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота. Направление угловой скорости диска в данный момент времени отмечено на рис. 3.11 дуговой стрелкой ω.

Переносная скорость точки V_e – это скорость точки M_1 на вращающемся диске: $V_e = \omega h_e = \omega \cdot KM_1$, где $KM_1 = h_e$ – расстояние от оси вращения диска до точки M_1. Очевидно, $KM_1 = 0{,}5R = 2$ см. При $t_1 = 1$ с величина переносной скорости $V_e = 4$ см/с. Вектор переносной скорости $\vec{V}_e$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ и направлен в сторону вращения диска (рис. 3.11, *a*).

(На рис. 3.11, *a* символ ⊙ рядом с вектором означает, что данный вектор направлен перпендикулярно плоскости рисунка «к нам», символ ⊕ – «от нас».)

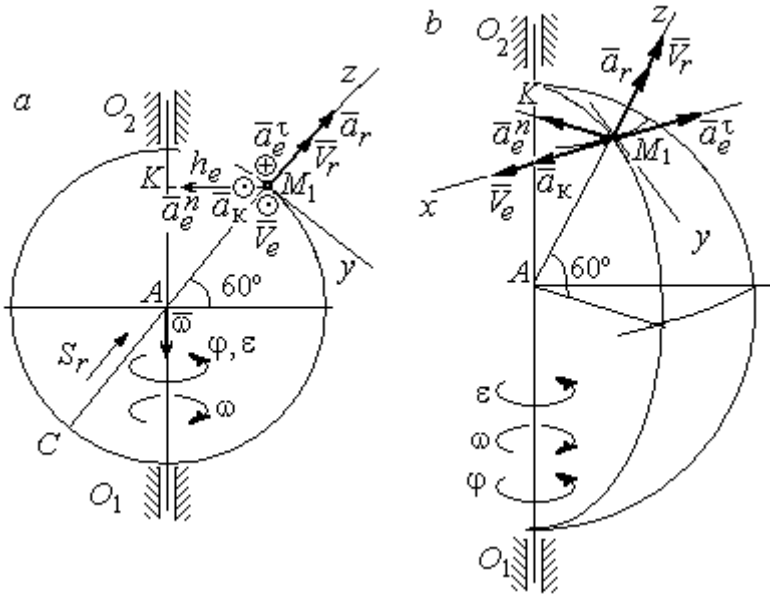


Рис. 3.11. Расчётная схема определения абсолютной скорости и ускорения точки:
a – плоская модель движения;
b – пространственная модель движения

Относительная скорость точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = \left|8(4t - 1)\right|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 24$ см/с. Положительное значение самой производной $\dot{S}_r$ указывает, что относительное движение точки в данный момент времени происходит в положительном направлении. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении M_1 направлен вдоль диаметра диска CM_1 в сторону движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Так как векторы $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$ взаимно перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_e^2 + V_r^2} = 24{,}33$ см/с. Вектор абсолютной скорости на рис. 3.11 не показан.

Абсолютное ускорение точки определяется векторной суммой, которая при прямолинейном относительном и вращательном переносном движениях представляется в виде: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}$.

Относительное ускорение точки $a_r = \left|\ddot{S}_r\right| = 32$ см/с^2. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r$ в точке M_1 направлен по линии движения точки в сторону положительного направления (см. рис. 3.11).

Угловое ускорение диска $\varepsilon = \left|\dot{\omega}\right| = \left|4t - 4\pi\sin\pi t\right|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon = 4$ рад/с^2. Положительное значение производной в данный момент времени ($\dot{\omega} = 4$ рад/с^2) означает, что угловое ускорение ε направлено в сторону положительного направления отсчёта угла поворота диска. Направление углового ускорения показано на рис. 3.11 дуговой стрелкой ε. Модуль переносного касательного ускорения a_e^{τ} определяется по формуле $a_e^{\tau} = \varepsilon h_e$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{\tau} = 8$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_e^{\tau}$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ в точке M_1 и направлен в сторону углового ускорения (противоположно вектору скорости).

Переносное нормальное ускорение a_e^{n} рассчитывается по формуле $a_e^{n} = \omega^2 h_e = \omega^2 \cdot KM_1$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{n} = 8$ см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^{n}$ направлен вдоль отрезка M_1K к оси вращения диска (см. рис. 3.11).

Вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ составляет с вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}$ угол 150º. Модуль ускорения Кориолиса на момент времени $t_1 = 1$ с $a_{\text{к}} = 2\left|\omega\right\|V_r\left|\sin 150^\circ = 48\right.$ см/с^2. Направление вектора ускорения Кориолиса определяем по правилу Жуковского. Так, вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ проектируем на плоскость, перпенди-

кулярную вектору $\vec{\omega}$ (т. е. на плоскость, перпендикулярную оси вращения тела). На рис 3.11, *а* это будет проекция на линию KM_1. Далее следует повернуть вектор проекции относительной скорости вокруг оси вращения на 90° в сторону угловой скорости вращения диска. На рис 1.11, *а* вектор ускорения Кориолиса перпендикулярен плоскости рисунка в точке M_1 и направлен «на нас».

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси координат M_1x, M_1y и M_1z, как показано на рис. 3.11 (на рис. 3.11, *а* ось M_1x направлена перпендикулярно рисунку «к нам» и на рисунке не показана). Спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на оси

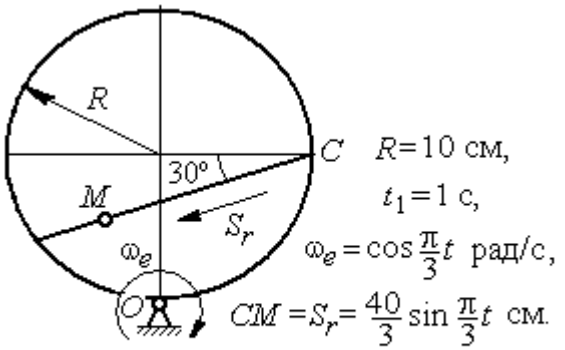
$$a_x = -a_e^{\tau} + a_{\text{к}} = 40 \text{ см/с}^2; \quad a_y = -a_e^n \cos 30^\circ = 6{,}93 \text{ см/с}^2;$$

$$a_z = a_r - a_e^n \cos 60^\circ = 28 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = 49{,}32$ см/с^2.

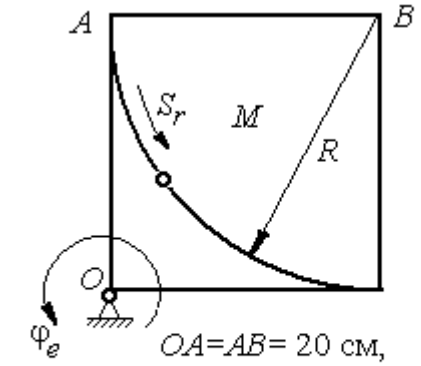
Упражнения

Упражнение 3.1



Найти скорость и ускорение точки M в момент $t = t_1$

Упражнение 3.2



Найти скорость и ускорение точки M в момент $t = t_1 = 1$ с

Рис. 3.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 3.1, 3.2

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение материальной точки под действием системы сил $\vec{F}_1,\ \vec{F}_2,\ldots,\ \vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат *Oxyz* описывается **дифференциальными уравнениями:**

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}\ ,\ m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}\ ,\ m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}\ .$$

Обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнения движения можно записать в виде:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx}\ ;\ m\ddot{y} = \sum F_{ky}\ ;\ m\ddot{z} = \sum F_{kz}\ ,$$

где m – масса точки; x, y, z – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций всех сил на оси координат.

Для удобства интегрирования дифференциальные уравнения движения иногда представляют в виде:

$$m\frac{dV_x}{dt} = \sum F_{kx}\ ;\ \ m\frac{dV_y}{dt} = \sum F_{ky}\ ;\ \ m\frac{dV_z}{dt} = \sum F_{kz}\ ,$$

где $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$ – проекции вектора скорости точки на оси координат.

В естественной системе координат движение материальной точки описывается уравнениями в естественной форме:

$$m\frac{dV}{dt} = \sum F_{k\tau}\ ;\ \ m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_{kn}\ ;\ 0 = \sum F_{kb}\ ,$$

где ρ – радиус кривизны траектории; τ, n, b – оси естественного трехгранника – касательная, нормаль и бинормаль.

В общем случае правые части дифференциальных уравнений зависят от времени, положения и скорости точки. Интегрирование дифференциальных

уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

Примеры решения задач на интегрирование уравнений движения

Задача 41. При обогащении по трению разделение частиц производится следующим образом. Барабанный питатель (рис. 4.1) сообщает частице в точке A сортировочного стола AB начальную скорость V_0, направленную вдоль поверхности стола, наклоненного под углом α к горизонту. Нижний край стола в точке B поднят на высоту h над уровнем пола. Частица скользит по столу, испытывая силу трения скольжения с коэффициентом трения f. Дойдя до края стола в точке B, частица отрывается от него и совершает свободное падение с высоты h. На каком расстоянии $CK = \ell$ на полу нужно установить стенку приёмного устройства, чтобы частицы с коэффициентом трения меньше заданного $f < f_1$ перелетали за точку C и попадали в приёмник, а с большим коэффициентом $f > f_1$ – не долетали до него.

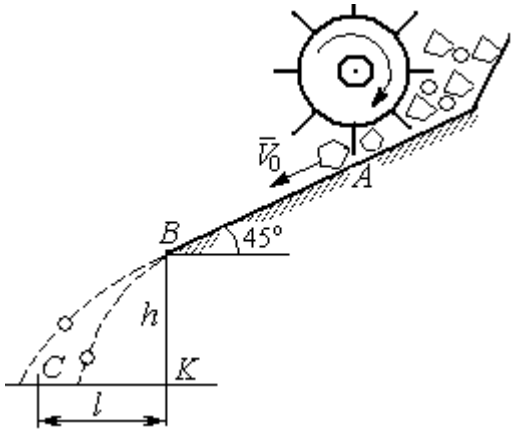


Рис. 4.1. Разделение частиц по трению

Начальная скорость частицы $V_0 = 1$ м/с, длина сортировочного стола $AB = S = 1{,}2$ м, угол наклона $\alpha = 45°$, высота точки отрыва $BK = h = 1{,}5$ м, заданный коэффициент трения для разделения частиц $f_1 = 0{,}4$.

Решение

Из условия задачи следует, что частица с коэффициентом трения, равным заданному, $f = f_1$ в конце своего движения (скольжение по столу + свободное падение) должна попасть ровно в точку C (см. рис. 4.1).

Рассмотрим первый участок движения такой частицы – прямолинейное движение по шероховатой поверхности наклонного стола. На частицу действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Выберем систему координат *xAy*, направив ось *x* вдоль линии движения, а ось *y* – перпендикулярно ей (рис. 4.2). Движение частицы описывается уравнениями:

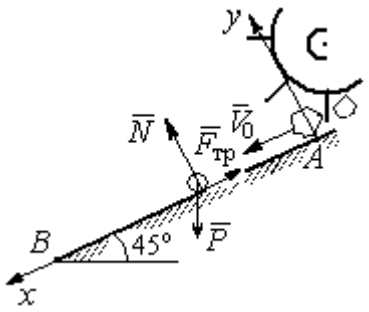


Рис. 4.2. Движение частицы по наклонной плоскости

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx} = P\cos 45^\circ - F_{\text{тр}};$$

$$m\ddot{y} = \sum F_{ky} = -P\cos 45^\circ + N.$$

Поскольку вдоль оси *y* частица не перемещается, то $\ddot{y} = 0$. Тогда второе уравнение движения представляется в виде: $-P\cos 45^\circ + N = 0$, откуда реакция опоры частицы $N = mg\cos 45^\circ$. Сила трения, которую испытывает частица, двигаясь по сортировочному столу: $F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 45^\circ$, где f – коэффициент трения.

Подставляя в уравнение движения частицы, выражение силы трения и полагая ускорение $\ddot{x} = \dfrac{dV_x}{dt}$, получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dV_x}{dt} = g(1-f)\cos 45^\circ \text{ или при } f = f_1 = 0{,}4: \ \frac{dV_x}{dt} = 4{,}18.$$

После интегрирования найдём скорость и закон движения частицы как функции времени: $V_x = 4{,}18t + C_1$; $x = 2{,}09t^2 + C_1 t + C_2$.

Константы интегрирования C_1, C_2 находятся из начальных условий движения. Подставляя начальные условия $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_x(0) = V_0$ в уравнение движения частицы, найдём $C_2 = 0$, $C_1 = V_0$.

Окончательно движение частицы на прямолинейном участке *AB* сортировочного стола описывается системой уравнений: $V_x = 4{,}18t + 1$; $x = 2{,}09t^2 + t$.

Допустим частица достигает края стола B в момент времени $t = t_B$. Её координата равна длине сортировочного стола: $x(t_B) = S$, а скорость равна скорости отрыва её от стола: $V_x(t_B) = V_B$. Подставим эти условия в уравнения движения, получим систему: $V_B = 4{,}18t_B + 1$, $S = 2{,}09t_B^2 + t_B$, откуда скорость частицы в точке отрыва её от стола $V_B = \sqrt{1 + 8{,}36S}$. При длине стола S = 1,2 м скорость отрыва V_B = 3,32 м/с.

Рассмотрим участок BC свободного падения частицы, брошенной с высоты h с начальной скоростью V_B, направленной под углом 45° к горизонту (рис. 4.3). В полёте на частицу действует только сила тяжести $\vec{P}$. Выберем прямоугольную систему координат xKy с началом координат в точке K (см. рис. 4.3). Дифференциальные уравнения движения точки

$$m\ddot{x} = 0;\ m\ddot{y} = -P = -mg \text{ или } \ddot{x} = 0,\ \ddot{y} = -g.$$

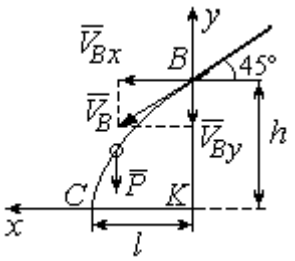


Рис. 4.3. Свободное падение частицы

Интегрируя первое уравнение, получим, что движение частицы вдоль оси x описывается уравнениями $\dot{x} = C_3;\ x = C_3t + C_4$. Константы интегрирования C_3 и C_4. определяются из начальных условий движения: при t = 0 , $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_{Bx}$, где V_{Bx} – проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось x, $V_{Bx} = V_B\cos45^\circ$ = 2,35 м/с. После подстановки начальных условий в уравнение движения частицы получим: C_4 = 0, C_3 = 2,35. В результате, движение частицы вдоль оси x при её свободном падении описывается уравнением $x = 2{,}35t$.

Проинтегрируем уравнение движения частицы в направлении оси y. Получим: $\dot{y} = -gt + C_5$ и $y = -g\dfrac{t^2}{2} + C_5t + C_6$. Начальные условия движения частицы вдоль оси y: при t = 0 , $y(0) = h$ = 1,5 м, $\dot{y}(0) = V_{By} = -V_B\cos45^\circ = -2{,}35$ м/с, где V_{By} – проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось y. Подставляя начальные

условия в уравнение движения, найдём: $C_6 = h$; $C_5 = V_{By} = -2{,}35$. Таким образом, движение частицы вдоль оси y при её свободном падении описывается уравнением $y = -4{,}91t^2 - 2{,}35t + 1{,}5$.

В момент $t = t_{\text{п}}$ падения частицы на пол её вертикальная координата обращается в нуль: $y = 0$, а горизонтальная – равна дальности полёта: $x = \ell$. Подставляя эти условия в уравнения движения частицы, получим систему:

$$\ell = 2{,}35t_{\text{п}},\ 0 = -4{,}91t_{\text{п}}^2 - 2{,}35t_{\text{п}} + 1{,}5.$$

Исключая в системе время $t_{\text{п}}$, выразим уравнение для определения дальности горизонтального полёта: $\ell^2 + 1{,}12\ell - 1{,}68 = 0$. Отсюда находим: $\ell = 0{,}85$ м.

Таким образом, частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}4$ в конце своего движения падают на горизонтальную поверхность на расстоянии 0,85 м от края стола. Очевидно, именно здесь необходимо установить разделительную стенку приёмного устройства. Частицы с меньшим коэффициентом трения ($f < 0{,}4$) будут улетать за стенку, а при большем ($f > 0{,}4$) – недолетать. К примеру, длина горизонтального полёта частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}3$ составляет 0,89 м, а при $f = 0{,}5$ равна 0,61 м.

Задача 42. Материальная точка массой $m = 1$ кг движется прямолинейно по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 10 - kt$ Н, где k – коэффициент пропорциональности; $k = \text{const}$; t – время в секундах. Определить величину коэффициента k, при котором скорость точки за первую секунду от начала движения увеличится от начального значения $V_0 = 2$ м/с до величины $V_1 = 10$ м/с, а также путь, пройденный точкой до остановки.

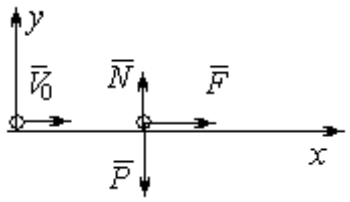


Рис. 4.4. Прямолинейное движение точки

Решение

Для описания движения точки выберем прямоугольную систему координат x, y с началом в том месте, откуда точка начала движение (рис. 4.4).

На точку действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и заданная сила $\vec{F}$. Направление силы $\vec{F}$ на рис. 4.4 соответствует начальному этапу движения, когда проекция силы на ось *x* положительная. Движение точки описывается уравнением $m\ddot{x} = F_x = 10 - kt$.

Положим $\ddot{x} = \dfrac{dV}{dt}$. Здесь в силу того, что движение происходит только вдоль одной координаты, индекс *x* у скорости опущен. Учитывая массу точки, получим уравнение $\dfrac{dV}{dt} = 10 - kt$. Разделив переменные и проинтегрировав полученное уравнение, найдём закон изменения скорости точки $V = 10t - k\dfrac{t^2}{2} + C_1$. Выражая скорость через производную от координаты $V = \dfrac{dx}{dt}$, получим дифференциальное уравнение $\dfrac{dx}{dt} = 10t - k\dfrac{t^2}{2} + C_1$, интегрируя которое, найдём уравнение движения точки $x = 5t^2 - k\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$.

Подставляя начальные условия (при $t = 0$, $V = V_0 = 2$ м/с, $x = 0$) в уравнения, получим: $C_1 = 2$, $C_2 = 0$. Окончательно движение точки описывается системой уравнений: $V = 10t - k\dfrac{t^2}{2} + 2$; $x = 5t^2 - k\dfrac{t^3}{6} + 2t$.

Известно, что через 1 с от начала движения точка приобрела скорость $V_1 = 10$ м/с. Подставляя это условие в первое уравнение, найдём $k = 4$.

В момент t_1 точка остановилась и её скорость обращается в нуль: $V(t_1) = 0$, а координата равна пройденному пути: $x(t_1) = S$. Подставляя эти условия в уравнения движения с учетом вычисленного значения коэффициента *k*, получим систему: $0 = 10t_1 - 2t_1^2 + 2$; $S = 5t_1^2 - \dfrac{2}{3}t_1^3 + 2t_1$, откуда находим путь, пройденный точкой до остановки: $S = 51{,}86$ м.

Задача 43. Материальная точка массой m = 1 кг, находясь на высоте h_1 = 2 м над уровнем Земли, подброшена вертикально вверх (ось x) с начальной скоростью V_0 = 4 м/с (рис. 4.5, *a*). При движении на точку действует сила сопротивления, пропорциональная квадрату скорости, так, что проекция её на вертикаль направлена в сторону, противоположную движению, $R_x = -0{,}5mV^2$ Н, где V – скорость точки. Определить, на какой высоте h_2 от уровня Земли скорость падающей обратно точки достигнет значения начальной стартовой скорости.

Решение

Решение задачи осуществляется в два этапа. На первом этапе рассматривается движение точки вверх с высоты h_1 с начальной скоростью V_0 и определение максимальной высоты полёта H, на втором этапе – падение точки вниз с высоты H без начальной скорости (рис. 4.5, *b*).

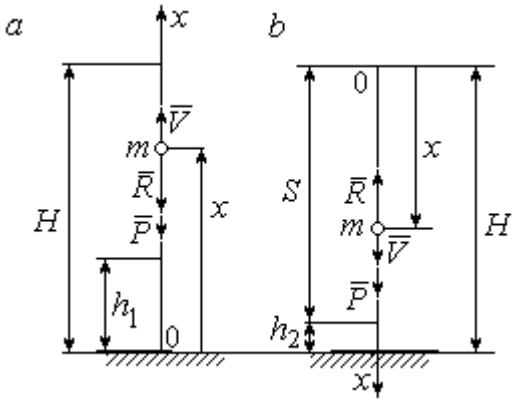


Рис. 4.5. Силы, действующие на точку в полёте:
a – движение точки вверх;
b – движение точки вниз

Рассмотрим первый этап движения и найдём максимальную высоту подъёма точки. На рис. 4.5, *a* показаны силы, действующие на точку в полёте: сила тяжести $\vec{P}$ и сила сопротивления $\vec{R}$. Ось x, вдоль которой происходит движение точки, выбрана по направлению движения, начало координат – на уровне Земли (см. рис. 4.5, *a*).

Дифференциальное уравнение движения точки в проекции на ось x: $m\ddot{x} = \sum F_x = P_x + R_x$, где проекции сил тяжести и сопротивления на ось x: $P_x = -P = -mg$; $R_x = -0{,}5mV^2$. Полагая $\ddot{x} = \dfrac{dV}{dt}$, получим уравнение движения точки в виде: $\dfrac{dV}{dt} = -(g + 0{,}5V^2)$.

Учитывая, что $\frac{dV}{dt}=\frac{dV}{dx}\frac{dx}{dt}=V\frac{dV}{dx}=\frac{dV^2}{2dx}$, исходное уравнение движения представляется в виде, удобном для интегрирования: $\frac{dV^2}{g+0{,}5V^2}=-2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g+0{,}5V^2)=-x+C$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, точка находилась на высоте $x = h_1$, а скорость её $V = V_0$. Подставив эти значения в проинтегрированное уравнение, получим: $C=h_1+\ln(g+0{,}5V_0^2)$. Окончательно положение точки в полёте определяется выражением $x=h_1+\ln\left(\frac{g+0{,}5V_0^2}{g+0{,}5V^2}\right)$.

При максимальном подъёме точки, т. е. при $x=H$, её скорость обращается в нуль: $V = 0$. Подставляя H, получим: $H=h_1+\ln\left(1+\frac{V_0^2}{2g}\right)$. При начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, с учётом высоты точки старта $h_1 = 2$ м, высота подъёма точки относительно уровня Земли $H = 2{,}6$ м.

Рассмотрим второй этап решения задачи – движение точки вниз с максимальной высоты H без начальной скорости. Выберем ось x по направлению движения и поместим начало координат в точке, откуда началось движение вниз (рис. 4.5, *b*). Дифференциальное уравнение движения падающей точки: $m\frac{dV}{dt}=P_x+R_x = mg-0{,}5mV^2$, которое, как и в предыдущем случае, приводится к виду: $\frac{dV^2}{g-0{,}5V^2}=2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g-0{,}5V^2)=-x+C_1$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, координата точки и скорость равны нулю: $x = 0$, $V = 0$. Подставив эти значения, находим: $C_1=\ln g$.

Окончательно положение падающей точки определяется выражением $x = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V^2}\right)$.

Расстояние S, которое пролетела точка с высоты H, приобретя скорость, V_0: $S = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V_0^2}\right)$. Высота h_2 этого положения от уровня Земли: $h_2 = H - S$ (см. рис. 4.5, *b*). С учётом величины начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, максимальной высоты подъёма точки $H = 2{,}6$ м высота $h_2 = 0{,}91$ м.

Задача 44. Точка 1 движется горизонтально с постоянной скоростью V_1 на высоте h. Точка 2 массой m_2 находится в начале координат (рис. 4.6).

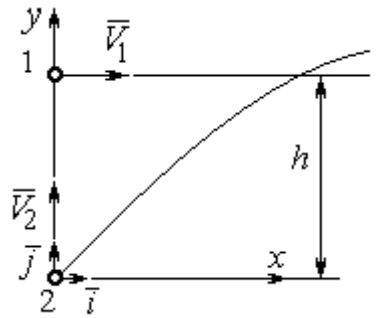


Рис. 4.6. Схема встречного движения точек

В момент, когда обе точки находились на одной вертикали y, точка 2 стартовала вертикально вверх со скоростью V_2. В полёте на точку 2 действует отклоняющая сила $\vec{F}_2$, которая представлена в виде разложения по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ системы координат xy: $\vec{F}_2 = p\vec{i} + q\vec{j}$, где p, q – const. С какой скоростью V_2 должна стартовать точка 2, чтобы обе точки встретились.

Решение

Рассмотрим движение точки 2. На точку действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, проекции которой на оси x, y: $F_{2x} = p$, $F_{2y} = q$ (рис. 4.7).

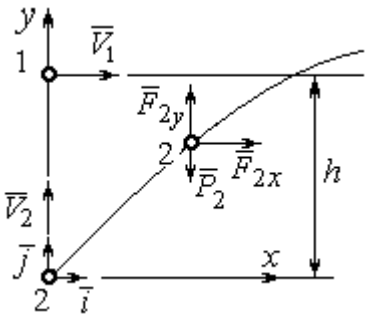


Рис. 4.7. Расчётная схема встречи точек

Уравнения движения точки в проекциях на оси xy имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = p,\ m_2\ddot{y} = q - m_2 g.$$

Дважды интегрируя первое уравнение, полу-

чим: $\dot{x} = \frac{p}{m_2}t + C_1$; $x = \frac{p}{2m_2}t^2 + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования найдём из условия, что в начальный момент вторая точка стартовала из начала координат вертикально, то есть при $t = 0$ $x = 0$ и $\dot{x} = V_{2x} = 0$. Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = 0$. Таким образом, движение точки 2 вдоль оси x описывается уравнением $x = \frac{p}{2m_2}t^2$.

Аналогично, дважды интегрируя второе уравнение движения, получим зависимость скорости движения точки 2 от времени и закон её движения вдоль оси y: $\dot{y} = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)t + C_3$; $y = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t^2}{2} + C_3 t + C_4$. Из начальных условий: при $t = 0$ $y = 0$, $\dot{y} = V_{2y} = V_2$ следует: $C_3 = V_2$, $C_4 = 0$.

В результате закон движения точки 2 вдоль оси y: $y = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t^2}{2} + V_2 t$.

Обозначим t_1 – время движения точек до встречи. В момент встречи высота точки 2 $y(t_1) = h$, а расстояние по горизонтали, которое прошла точка 2 до встречи, должно быть равно расстоянию, пройденному точкой 1 за это же время. Подставляя условия встречи в уравнения движения, получим систему:

$$V_1 t_1 = \frac{p}{2m_2}t_1^2; \qquad h = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t_1^2}{2} + V_2 t_1,$$

откуда найдём: $V_2 = \frac{h}{t_1} - \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t_1}{2}$, где $t_1 = \frac{2V_1 m_2}{p}$.

Упражнения

Упражнение 4.1. Тело массы m = 2 кг поднимается по прямой по шероховатой поверхности, составляющей угол 30° с горизонтом. Коэффициент трения f = 0,4. На тело действует сила $F = kt + 0{,}5P$, направленная в сторону движения, параллельно плоскости. Определить величину коэффициента k и начальную скорость тела, направленную вверх по наклонной плоскости, если за первую секунду тело прошло путь S = 2 м, а скорость увеличилась вдвое относительно начальной.

Упражнение 4.2. Материальную точку массы m = 1 кг, находящуюся на высоте H = 10 м над уровнем Земли, бросили под углом φ = 30° к горизонту с начальной скоростью V_0. Свободное движение точки происходит в вертикальной плоскости. Определить начальную скорость V_0 и горизонтальную дальность полета l при падении точки на Землю, если высоту h =7 м она пересекла через 1 с от начала движения.

4.2. Колебания материальной точки

Если материальная точка массой m движется вдоль оси Оx под действием линейной восстанавливающей силы, равной $F = cx$, где c – постоянный коэффициент, x – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало координат, то дифференциальное уравнение свободных прямолинейных колебаний имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,\ \omega^2 = \frac{c}{m},$$

где ω – угловая частота колебаний.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$. Постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.** В случае гармонического возмущения $Q = H\sin pt$, где H, p – амплитуда и угловая частота возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,\ \omega^2 = \frac{c}{m},\ h = \frac{H}{m}$$

где ω – угловая частота собственных колебаний; h – относительная амплитуда возмущающей силы.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при отсутствии резонанса (частота собственных колебаний точки не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$) имеет вид:

$x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$, а в случае возникновения резонанса ($p = \omega$) определяется формулой: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t - \dfrac{ht}{2p}\cos pt$. Значения произвольных постоянных C_1 и C_2 находятся с учётом начальных условий движения.

Колебания груза на двух параллельных пружинах с жесткостью c_1 и c_2 можно рассматривать как колебания груза на одной пружине с эквивалентной жесткостью $c_{экв} = c_1 + c_2$, где $c_{экв}$ – жесткость эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{экв} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$.

Примеры решения задач на колебания точки

Задача 45. Подъёмное устройство (рис. 4.8) опускает груз Q массой $m = 400$ кг в шахту при помощи упругого троса с коэффициентом жесткости $c = 8 \cdot 10^4$ Н/м с постоянной скоростью $V = 10$ м/с. В некоторый момент во время спуска трос защемило в блоке. Пренебрегая массой троса, определить дальнейшее движение груза и найти максимальную силу натяжения троса.

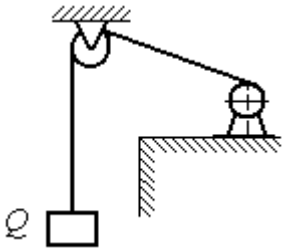


Рис. 4.8. Подъёмное устройство

Решение

После того как произошло защемление троса в обойме блока, вертикальную часть троса длиной ℓ_0 можно рассматривать как пружину с закреплённым верхним концом, а груз – материальной точкой.

Расчетная схема колебаний груза Q на пружине показана на рис. 4.9.

Ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, направлена вертикально вниз. Начало отсчёта координаты *x* (точка *O*) выбрано в положении нерастянутой пружины.

На рис. 4.9, *a* положение нерастянутой пружины соответствует положению груза на тросе в момент его защемления. В произвольном положении груза (рис. 4.9, *b*), обозначенном координатой *x*, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{Q}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell = -cx$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox* имеет вид: $m\ddot{x} = Q - cx$. В результате получаем неоднородное дифференциальное уравнение колебаний:

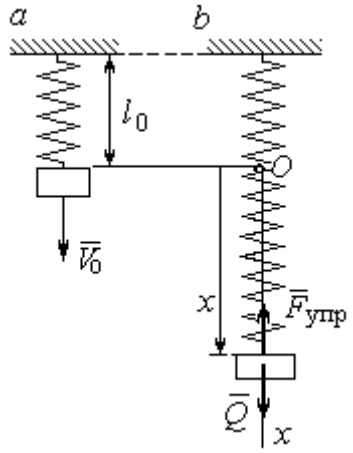


Рис. 4.9. Расчётная схема колебаний груза:
a – положение груза на начало колебаний; *b* – положение груза в произвольный момент времени

$$m\ddot{x} + cx = mg \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = g,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}14$ рад/с.

Решение неоднородного дифференциального уравнения представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{g}{\omega^2}$, где первые два слагаемых представляют общее решения однородного уравнения, последнее – частное решение неоднородного

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 используем начальные условия движения: при $t = 0$ груз находился в положении $x = 0$, а его скорость равнялась скорости груза $\dot{x} = V_0 = 10$ м/с. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний, полу-

чим: $C_1 = -\frac{g}{\omega^2} = -0{,}69$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставив начальное значение скорости груза при $t = 0$, получим: $C_2 = \frac{V_0}{\omega} = 0{,}71$ м. Окончательно, движение груза после защемления троса в обойме блока описывается уравнением

$$x = -0{,}69\cos 14{,}14t + 0{,}71\sin 14{,}14t + 0{,}69.$$

Представим уравнение колебаний в виде $x = A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}$, где A – амплитуда собственных колебаний груза $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, α – фаза колебаний; $\operatorname{tg}\alpha = \frac{C_1}{C_2}$. Максимальное растяжение троса равно максимальному значению координаты груза: $x_{\max} = \max[A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}] = A + \frac{g}{\omega^2} = 1{,}68$ м. Соответственно, максимальное усилие в тросе равно значению силы упругости при максимальном растяжении: $F_{\text{упр max}} = cx_{\max} = 134{,}4$ кН.

Задача 46. Рабочий орган вибрационной машины представляет собой массивное тело, расположенное на гладкой наклонной плоскости между двумя пружинами (см. рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 60º. Масса груза $m = 9$ кг. Пружины, зажимающие груз, имеют коэффициенты жесткости $c_1 = 300$ Н/м и $c_2 = 600$ Н/м.

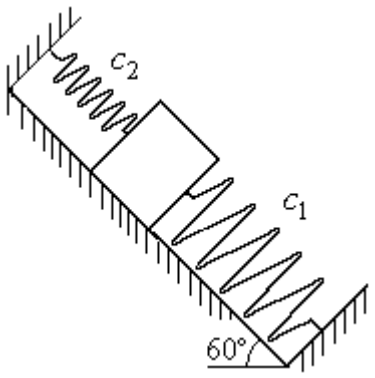


Рис. 4.10. Колебания груза на наклонной плоскости

В начальный момент груз, когда пружины не деформированы, груз оттягивают вниз по наклонной плоскости на расстояние $\Delta\ell = 0{,}12$ м и отпускают без начальной скорости.

Найти период колебаний, амплитуду и уравнение движения груза.

Решение

Колебания груза, зажатого между двумя пружинами, представим как колебания груза, прикреплённого к одной пружине эквивалентной жёсткости: $c_э = c_1 + c_2$ = 900 Н/м (рис. 4.11). Ось, вдоль которой происходят колебания, направим вниз по наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты груза x выберем в положении его статического равновесия (точка O) (см. рис. 4.11).

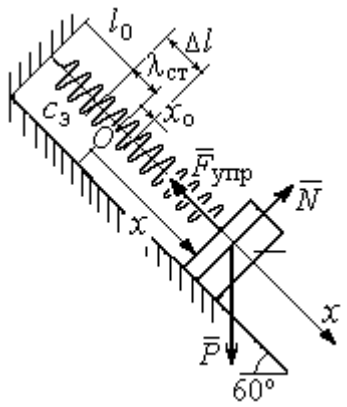


Рис. 4.11. Схема колебаний груза на эквивалентной пружине

Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось Ox: $m\ddot{x} = P_x - F_{упр\,x}$. Проекция силы упругости пружины на ось Ox: $F_{упр\,x} = -c_э \Delta\ell$, где $\Delta\ell = (x + \lambda_{ст})$ – удлинение пружины, включающее её растяжение $\lambda_{ст}$ относительно положения нерастянутой пружины и растяжение x относительно начала координат.

Удлинение пружины $\lambda_{ст}$ определяется из условия равновесия груза на наклонной плоскости в положении статического равновесия:

$$P\cos 30^\circ - F_{упр} = 0{,}87mg - c_э\lambda_{ст} = 0.$$

Находим $\lambda_{ст} = \dfrac{0{,}87mg}{c_э} = 0{,}085$ м.

Подставляя выражение силы упругости, с учётом условия статического равновесия груза ($0{,}87mg = c_э\lambda_{ст}$), получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} = -c_э x$ или $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где ω – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 10$ рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим начальные условия движения груза.

Координата начального положения груза на оси Ox (см. рис. 4.11) $x_0 = \Delta\ell - \lambda_{ст} = 0{,}035$ м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим: $C_1 = x_0 = 0{,}035$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза: $\dot{x} = -C_1\omega_2 \sin\omega_2 t + C_2\omega_2 \cos\omega_2 t$. Подставив начальное значение скорости груза: при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза относительно его положения статического равновесия $x(t) = 0{,}035\cos 10t$ м. Амплитуда колебаний $A = 0{,}035$ м. Период колебаний $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 0{,}63$ с.

Задача 47. Пружинный амортизатор состоит из двух одинаковых вертикально стоящих пружин, к верхним концам которых прикреплена невесомая горизонтальная площадка (рис. 4.12). Жёсткость каждой пружины c = 350 Н/м. Груз массой m = 5 кг падает с высоты h = 0,3 м.

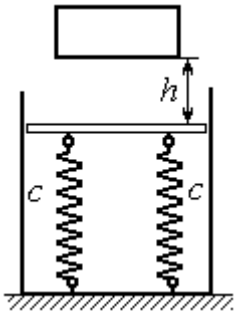


Рис. 4.12. Пружинный амортизатор

Коснувшись площадки, груз начинает двигаться вместе с ней. Определить максимальную осадку амортизатора и уравнение движения груза.

Решение

Заменим две пружины амортизатора одной с жесткостью, эквивалентной двум пружинам: $c_э = 2c$ = 700 Н/м. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.13. Начало координат оси x (точка O), вдоль которой происходят колебания, выбрано на уровне статического равновесия груза.

При движении (на рис. 4.13, c предполагается движение груза вниз) на груз действуют сила упругости $\vec{F}_{упр}$ и сила тяжести $\vec{P}$. Уравнение движения груза в проекции на ось x: $m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение (или сжатие) пружины относительно недеформированного состояния.

В произвольном положении груза, обозначенном координатой x (см. рис. 4.13, *c*), сжатие пружины относительно её недеформированного состояния (см. рис. 4.13, *a*) составляет величину: $\Delta\ell = x + \lambda_{ст}$. Величина $\lambda_{ст}$ находится из условия статического равновесия груза, которое выражается равенством (рис. 4.13, *b*): $P - F_{упр\,ст} = P - c_э\lambda_{ст} = 0$.

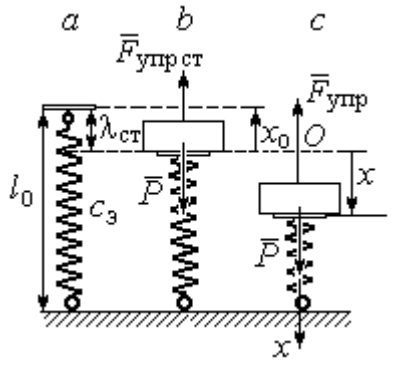


Рис. 4.13. Расчётная схема колебаний на эквивалентной пружине:
a – недеформированная пружина;
b – положение статического равновесия груза; *c* – произвольное положение

Подставляя это условие в уравнение движения груза, получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} + c_э x = 0$ или $m\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}}$ = 11,83 рад/с – угловая частота колебаний.

Общее решение однородного уравнения колебаний представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где C_1 и C_2 – произвольные постоянные, вычисляемые по начальным условиям движения груза.

По условию задачи груз падает на площадку, установленную на недеформированных пружинах. Это означает, что начальная координата груза при его движении на пружинах соответствует положению недеформированной пружины: $x_0 = -\lambda_{ст} = -\dfrac{mg}{c_э} = -0{,}07$ м.

Начальная скорость колебаний груза равна скорости груза при падении его с высоты 1 м. Интегрируя уравнение движения груза во время падения $m\ddot{s} = mg$, где s – путь, пройденный телом, получим зависимость скорости от пройденного пути: $V^2 = 2gs$. Полагая s = 0,3, найдём скорость груза при его встрече с площадкой: V = 2,43 м/с. Проекция начальной скорости колебаний груза на ось x положительна: $V_{0x} = V$ = 2,43 м/с.

Подставив начальные условия в общее решение уравнения колебаний, получим: $C_1 = x_0 = -0{,}07$ м; $C_2 = \frac{V_{0x}}{\omega} = 0{,}2$ м. Окончательно уравнение колебаний груза на амортизаторе $x = -0{,}07\cos 11{,}83t + 0{,}2\sin 11{,}83t$. Амплитуда колебаний $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = 0{,}21$ м. Проседание амортизатора H отсчитывается от положения нерастянутых пружин: $H = A + \lambda_{ст} = 0{,}28$ м.

Задача 48. Для регистрации (записи) вертикальных колебаний тяжёлых платформ используется пружинный виброграф (рис. 4.14). Схема действия прибора состоит в следующем. Массивная платформа A совершает вертикальные гармонические колебания по закону $\xi = \xi(t)$. На платформе установлена вертикальная стойка с горизонтальной перекладиной, к которой прикреплена пружина жесткостью c. К нижнему концу пружины подвешен груз P массой m с индикаторной стрелкой B (см. рис. 4.14). Вертикальная шкала индикаторной стрелки закреплена на платформе A. В начальный момент груз на пружине находился в покое в положении статического равновесия. Определить закон колебаний стрелки B вдоль шкалы, если масса груза $m = 1$ кг, жесткость пружины $c = 10$ Н/м, платформа совершает вертикальные колебания по закону $\xi = a\sin pt$ см, где амплитуда $a = 0{,}02$ м, частота колебаний платформы $p = 7$ рад/с.

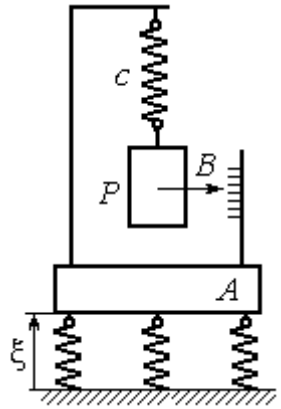


Рис.4.14. Регистратор вертикальных колебаний

Решение

Выберем неподвижную ось x, связанную, например, с неподвижной поверхностью, на которой стоит платформа. Начало координат – точку O выберем на уровне статического равновесия груза на пружине при неподвижной платформе. Произвольное положение груза отмечено координатой x (рис. 4.15).

Растяжение пружины при неподвижной платформе составляет величину $x+\lambda_{ст}$, где $\lambda_{ст}$ – удлинение пружины в положении статического равновесия груза, определяемое из условия $P-c\lambda_{ст}=0$. Вместе с тем колебание платформы вызывает аналогичное смещение точки подвеса пружины. В результате растяжение пружины при произвольном положении груза равно сумме: $\Delta\ell=(x+\lambda_{ст}+\xi)$.

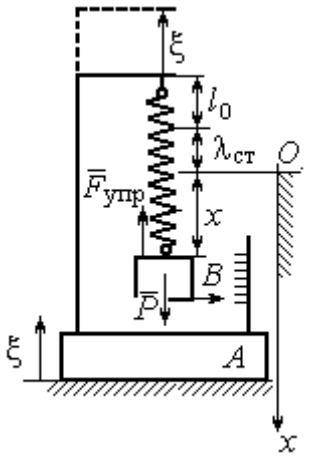


Рис. 4.15. Расчётная схема колебаний груза

На груз действуют сила тяжести $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{упр}$. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*: $m\ddot{x}=P_x+F_{упр\,x}$, где проекции $P_x=P$, $F_{упр\,x}=-c\Delta\ell=-c(x+\lambda_{ст}+\xi)$. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.15.

С учётом условия статического равновесия груза $P-c\lambda_{ст}=0$ получим дифференциальное уравнение вынужденных колебаний груза в виде:

$$\ddot{x}+\omega^2x=-h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega=\sqrt{\dfrac{c}{m}}=3{,}16$ рад/с;

h – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h=\dfrac{ca}{m}$ = 0,2 м/с^2;

p – угловая частота вынужденных колебаний, p = 7 рад/с.

Решение уравнения вынужденных колебаний представляется суммой $x=x_1+x_2$, где x_1 является общим решением однородного уравнения $\ddot{x}_1+\omega^2x_1=0$, а x_2 – частное решение уравнения вынужденных колебаний: $\ddot{x}_2+\omega^2x_2=-h\sin pt$.

Решив однородное уравнение, находим: $x_1=C_1\cos\omega t+C_2\sin\omega t$.

При отсутствии резонанса (а в данном случае частота вынужденных колебаний груза не совпадает с частотой собственных $\omega \neq p$) частное решение уравнения вынужденных колебаний ищем в виде $x_2 = b\sin pt$. Подставляя частное решение в уравнение вынужденных колебаний, получим уравнение $-bp^2\sin pt + \omega^2 b\sin pt = -h\sin pt$, откуда находим коэффициент: $b = \dfrac{h}{p^2 - \omega^2}$.

В результате общее решение уравнения колебаний принимает вид:

$$x = x_1 + x_2 = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{p^2 - \omega^2}\sin pt,$$

где константы C_1 и C_2 подлежат определению.

В начальный момент груз находился на пружине в положении статического равновесия, и потому его начальная координата и скорость равны нулю Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при t = 0, получим C_1= 0. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t + \dfrac{hp}{p^2 - \omega^2}\cos pt$. Подставив начальное значение скорости груза, найдём $C_2 = -\dfrac{hp}{\omega(p^2 - \omega^2)} = -0{,}01$ м.

Таким образом, колебания груза относительно неподвижной системы координат описываются уравнением $x = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t$ и представляют абсолютное движение груза. Для того чтобы найти закон движения груза относительно платформы – относительное движение, нужно из его абсолютного движения исключить переносное – колебания платформы. Поскольку стрелка прибора закреплена на грузе, а шкала – на платформе, то закон движения стрелки относительно шкалы:

$$x_r = x - \xi = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t - 0{,}02\sin 7t = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}03\sin 7t.$$

Упражнения

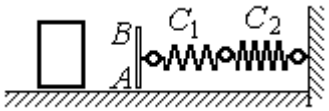


Рис. 4.16. Схема движения груза

Упражнение 4.3. Груз массы m = 0,5 кг, получив начальную скорость V_0 = 6 м/с, движется по горизонтальной поверхности, испытывая силу сопротивления, равную по величине $F = kV$ и направленную в сторону, противоположную движению. Через 1 с груз соединяется с невесомой вертикальной площадкой AB и продолжает движение вместе с ней, уже без сопротивления. К площадке прикреплены две горизонтальные последовательно соединённые пружины жёсткостью C_1 = 120 и C_2 = 40 Н/м (рис. 4.16).

Найти величину максимального сжатия пружины, если k = 0,5 Н/м/с. Определить закон движения груза.

Упражнение 4.4. Груз массы m =1 кг прикреплен к конструкции, состоящей из трёх вертикальных пружин одинаковой жёсткости C = 160 Н/м (рис. 4.17), и находится в равновесии. В некоторый момент времени грузу сообщают скорость V = 4 м/с, направленную вверх.

Найти амплитуду и частоту колебаний груза.

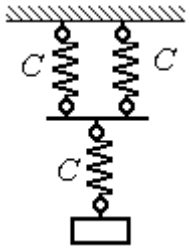


Рис. 4.17. Схема крепления груза на пружинах

4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки

Работой постоянной по величине и направлению силы $\vec{F}$ на прямолинейном перемещении точки приложения силы M (рис. 4.18) называется скалярная величина $A(\vec{F}) = FS\cos\alpha$, где F – модуль силы; S – конечное перемещение точки приложения силы; α – угол между направлением вектора силы и направлением перемещения точки приложения силы.

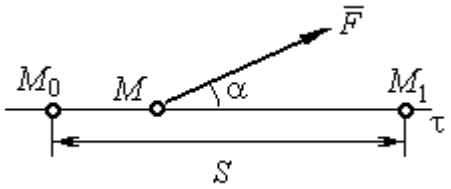


Рис. 4.18. Работа постоянной силы на прямолинейном участке

Работа силы тяжести материальной точки при перемещении её из положения M_0 в положение M_1 равна произведению $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где P – величина силы тяжести точки; h – вертикальное перемещение точки (рис. 4.19).

Работа силы тяжести положительна, если начальная точка движения выше конечной (см. рис. 4.19, *a*), и отрицательна, если начальная точка ниже конечной (см. рис. 4.19, *b*).

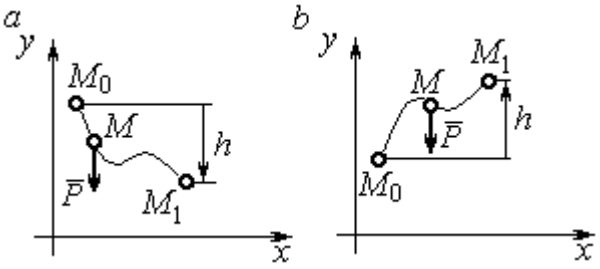


Рис. 4.19. Работа силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

Работа силы упругости пружины при перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние *h* определяется формулой $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\frac{ch^2}{2}$, где c – коэффициент жесткости (или жёсткость) пружины.

Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина $T = \frac{1}{2}mV^2$, где *m* – масса точки; *V* – её скорость.

Теорема об изменении кинетической энергии точки. Изменение кинетической энергии материальной точки при переходе её из начального положения в текущее равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где V_0, V_1 – скорость точки в начальном положении M_0 и в положении M_1; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ всех сил, действующих на точку, при перемещении её из положения M_0 в положение M_1. При несвободном движении точки в сумму работ сил войдёт и работа реакций связи.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат, ρ – радиус кривизны траектории точки.

Примеры решения задач с использованием теоремы об изменении кинетической энергии точки

Задача 49. Подъёмное устройство в шахте опускает груз массой 500 кг с постоянной скоростью V_0 = 6 м/с. После обрыва каната подъёмника срабатывает предохранительное устройство, которое создаёт силу трения между лифтом подъёмного устройства и стенками шахты. Какую силу трения, считая её постоянной, должно создать предохранительное устройство, чтобы остановить лифт на протяжении пути 10 м.

Решение

Рассмотрим падение груза после обрыва каната подъёмника. На груз действуют сила тяжести $\vec{P}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, направленная в сторону, противоположную движению. Считая груз материальной точкой, составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки. Получим выражение $\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = Ps - F_{\text{тр}}s$, где V_0, V – скорость груза в начале движения (сразу после обрыва каната) и в конце; s – путь, проходимый грузом за время движения. В конце движения груз должен остановиться, то есть V = 0. Тогда уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\frac{mV_0^2}{2} = \left(P - F_{\text{тр}}\right)s$, откуда находим требуемую для остановки груза силу трения: $F_{\text{тр}} = P + \frac{mV_0^2}{2s}$. Подставляя условия задачи, получим: $F_{\text{тр}}$ = 5,81 кН

Задача 50. Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг сопряженных окружностей радиусов R = 1 м и r = 0,5 м (рис. 4.20). Линия OO_1, соединяющая центры окружностей, составляет с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик весом P = 10 Н. В точке A, положение которой на дуге радиуса R определяется углом α = 60°, шарику сообщают начальную скорость V_0, после чего он скользит по стержню без трения. Опре-

делить значение начальной скорости, при которой шарик достигнет наивысшей точки B со скоростью, равной половине начальной. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке C, положение которой на дуге радиуса r определяется углом $\beta = 90°$ относительно линии центров.

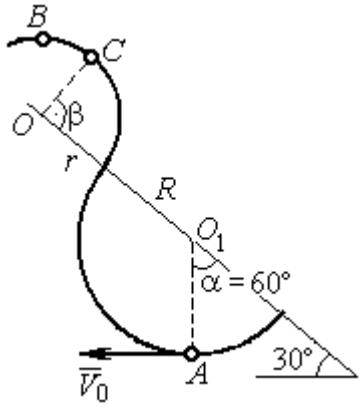


Рис. 4.20. Движение шарика по изогнутому стержню

Решение

При движении шарика по стержню без трения на него действуют сила тяжести $\vec{P}$ и реакция опоры $\vec{N}$. При этом работу совершает только сила тяжести шарика. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня и потому её работа равна нулю.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении её из начального положения A в положение B имеем равенство:

$$\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = -Ph_{(AB)},$$

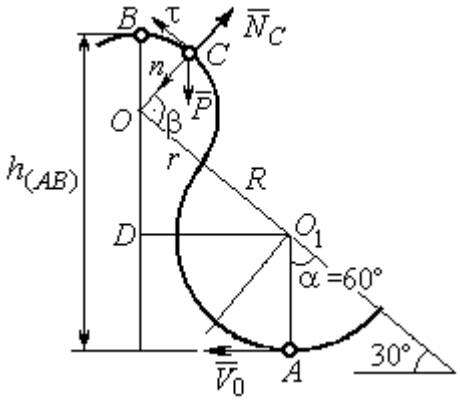


Рис. 4.21. Расчётная схема движения шарика

где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек B и A, $h_{(AB)} = R + DO + r = \frac{3}{2}(R + r)$ (см. рис. 4.21); V_A, V_B – скорость шарика в точках A и B, причём $V_A = V_0$, $V_B = 0{,}5V_0$.

В результате уравнение, составленное на основании теоремы об изменении кинетической энергии, принимает вид: $\frac{3V_0^2}{8} = g\frac{3}{2}(R + r)$, откуда $V_0 = 2\sqrt{(R + r)g} = 7{,}67$ м/с.

На рис. 4.21 показаны силы, приложенные к шарику, в момент, когда он находится в точке *C*. Проведём в точке *C* оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn. Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\dfrac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N_C$, откуда найдём реакцию N_C.

Для определения скорости шарика в точке *C* воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *C* в положение *B*. Получим равенство $\dfrac{mV_B^2}{2} - \dfrac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где $h_{(CB)}$ – перепад высот при движении шарика из начального положения *C* в положение *B*. С учётом известных значений $V_B = 0{,}5V_0 =$ 3,84 м/с и $h_{(CB)} = r\cos 30^\circ =$ 0,43 м получим: $V_C = \sqrt{V_B^2 + 2gh_{(CB)}} =$ 4,82 м/с.

Из уравнения движения шарика находим реакцию опоры $N_C = P\cos 30^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r} =$ – 38,7 Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика показывает, что фактическое направление реакции противоположно тому, как показано на рис. 4.21. Искомое давление шарика на трубку равно модулю реакции опоры.

Задача 51. Желоб состоит из шероховатой наклонной прямой *AB* и гладкой дуги окружности радиуса *r* = 0,8 м, сопряжённых в точке *B* так, что прямая *AB* является касательной к окружности в точке *B* (рис. 4.22). Положение точки *B* на дуге задаётся углом 30º относительно вертикального диаметра окружности. Тяжёлый шарик массой *m* = 0,5 кг начинает движение из точки *A* со скоростью $V_0 = 0{,}2$ м/с.

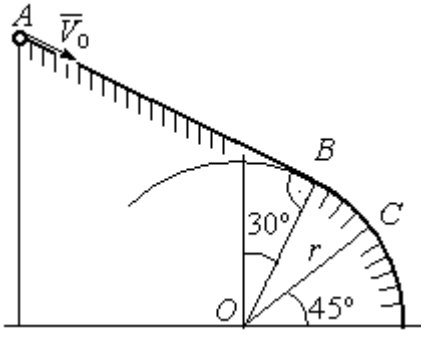


Рис. 4.22. Движение точки по составному желобу

Какой длины *S* должен быть желоб *AB*,

чтобы шарик оторвался от окружности в точке C, определяемой углом 45º относительно горизонтального диаметра, если при движении по прямой AB шарик испытывает сопротивление скольжения с коэффициентом трения $f = 0{,}4$.

Решение

Рассмотрим движение шарика по дуге окружности. Проведём в точке C оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn (рис. 4.23). На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция $\vec{N}_C$ опоры в точке C. Уравнение движения шарика в проекции на ось Cn имеет вид: $m\dfrac{V_C^2}{r} = P\cos 45^\circ - N_C$, где V_C – скорость шарика в точке C. Реакция опоры $N_C = P\cos 45^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r}$.

В момент отрыва шарика в точке C реакция опоры обращается в ноль: $N_C = 0$. В результате получаем уравнение $V_C^2 = rg\cos 45^\circ$, из которого находим скорость шарика в момент его отрыва от опоры: $V_C = 2{,}36$ м/с.

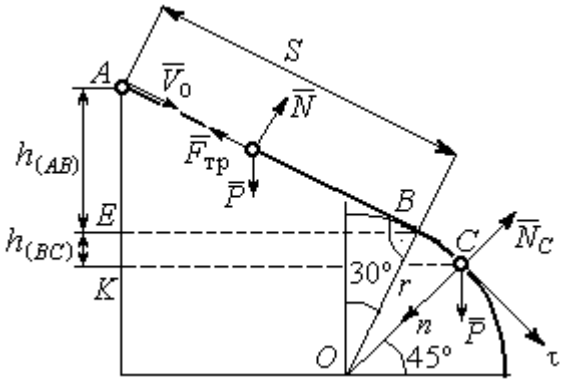


Рис. 4.23. Расчётная схема движения точки

Рассмотрим движение шарика из начального положения A в положение C. На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и, при движении по наклонной прямой AB, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (см. рис. 4.23). Работу совершают сила тяжести шарика и сила трения. Реакция опоры $\vec{N}$ и в том и другом случае перпендикулярна траектории движения, и её работа равна нулю.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки $\dfrac{mV_C^2}{2} - \dfrac{mV_A^2}{2} = Ph_{(AC)} - F_{\text{тр}}S$, где S – длина участка AB; $h_{(AC)}$ – перепад высот на участке AC (см. рис. 4.23); $h_{(AC)} = h_{(AB)} + h_{(BC)} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right)$.

Модуль силы трения: $F_{\text{тр}} = fN$. Для того чтобы найти реакцию N опоры шарика на наклонную поверхность желоба AB, составим проекцию уравнения движения шарика на ось y, перпендикулярную AB (на рис. 4.23 не показана). Получим: $m\ddot{y} = N - P\cos 30^\circ = 0$. Отсюда $N = P\cos 30^\circ$ и сила трения $F_{\text{тр}} = fP\cos 30^\circ$.

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии точки найдём выражение для определения длины S участка AB:

$$\frac{V_C^2 - V_A^2}{2g} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right) - fPS\cos 30^\circ,$$

откуда получим $S = 1$ м.

Задача 52. Груз подвешен на нити длиной $l = 1$ м, закреплённой в неподвижной точке O (рис. 4.24). В начальный момент груз находился в положении A, при котором линия OA составляет с вертикалью угол $60°$. В этом положении грузу сообщают начальную скорость $\vec{V}_0$, перпендикулярно нити. Достигнув горизонтального положения, нить, натянутая грузом, встречает препятствие в виде тонкой проволоки в точке O_1, расположенной на середине длины нити, и дальше навивается на неё.

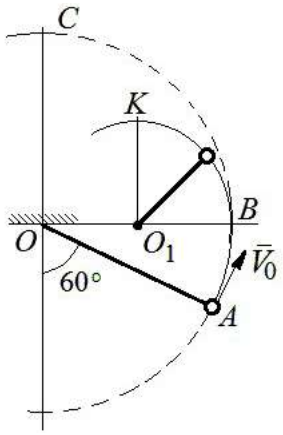


Рис. 4.24. Схема движения груза на нити

Какую минимальную начальную скорость нужно сообщить грузу в точке A, чтобы после встречи нити с проволокой в O_1 груз проскочил верхнюю точку траектории K. На какую максимальную высоту (относительно горизонтального диаметра OB) поднимется груз, двигаясь из той же точки A и с той же начальной скоростью, если нить будет двигаться беспрепятственно. Определить скачок натяжения нити в точке B при переходе груза с одной траектории на другую.

Решение

Построим оси естественной системы координат $n K \tau$ в точке K траектории – окружности радиуса $0{,}5l$ с центром O_1 (рис. 4.25, *a*). Во время движения на груз действуют сила тяжести и реакция нити. Уравнение движения груза в проекции на ось Kn имеет вид: $m\dfrac{V_K^2}{r} = P + N_K$, где V_K – скорость

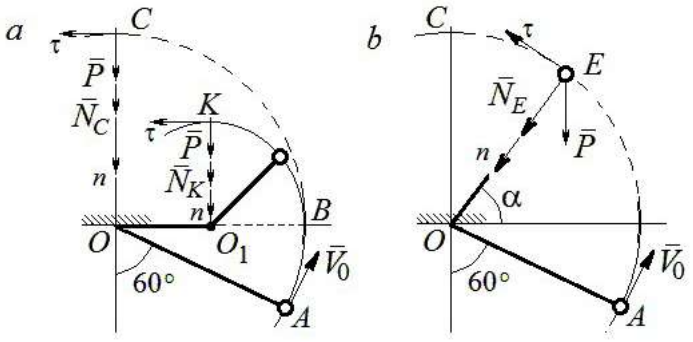


Рис. 4.25. Расчётная схема движения груза:
a – нить навивается на препятствие;
b – свободное движение

груза в точке K; N_K – реакция нити; r – радиус окружности движения груза; $r = 0{,}5l$. Из уравнения движения находим реакцию нити: $N_K = m\dfrac{2V_K^2}{l} - P$.

Так как нить представляет собой гибкую связь, то условием достижимости грузом точки K является требование, что при движении нить должна быть натянута, иначе говоря, всюду во время движения должно выполняться неравенство $N_K \geq 0$. С учётом уравнения движения груза это приводит к неравенству, выражающему требование к скорости в конечной точке: $V_K^2 \geq \dfrac{1}{2}gl$.

Скорость груза в точке K найдём на основании теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из положения A в положение K. Имеем равенство $\dfrac{mV_K^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AK)}$, где $h_{(AK)}$ – перепад высот точек A и K; $h_{(AK)} = l$ (см. рис. 4.25, *a*). Решая полученное уравнение, найдём зависимость скорости груза в точке K от начальной: $V_K^2 = V_0^2 - 2gl$. С учётом выполнения неравенства натяжения нити получим: $V_0 \geq \sqrt{\dfrac{5}{2}gl}$.

При минимальной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$ груз достигает верхней точки *K*. Однако, натяжение нити в точке *K* обращается в нуль: $N_K = 0$ и нить в этом месте перестаёт быть натянутой. Груз продолжает движение, но уже в виде свободного падения с начальной скоростью $V_K = \sqrt{\frac{1}{2}gl}$.

Определим, на какую высоту поднимется груз из положения *A* с минимальной начальной скоростью $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, если нить движется беспрепятственно (см. рис. 4.25, *b*). Построим в точке *E* оси естественной системы координат $nE\tau$ аналогично тому, как это было сделано в точке *K*. Уравнение движения груза в проекции на ось *En* имеет вид: $m\frac{V_E^2}{l} = P\sin\alpha + N_E$, где V_E – скорость груза в точке *E*; N_E – проекция реакции нити на нормальную ось.

Для определения скорости груза в точке *E* составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из начального положения *A* в положение *E*. Получим: $\frac{mV_E^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AE)}$, где $h_{(AE)}$ – перепад высот точек *A* и *E*; $h_{(AE)} = \frac{l}{2} + l\sin\alpha$ (см. рис. 4.25, *b*). Решая полученное уравнение относительно скорости V_E при заданной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, найдём: $mV_E^2 = \frac{3}{2}mgl - 2mgl\sin\alpha$. С другой стороны, из уравнения движения груза (учитывая, что в точке *E* натяжение нити равно нулю: $N_E = 0$) получим: $mV_E^2 = Pl\sin\alpha$. Приравнивая выражения, получим $\sin\alpha = \frac{1}{2}$. Высота подъёма относительно горизонтального радиуса составляет $\frac{1}{2}l$.

Для определения скачка натяжения нити при переходе груза в точке B с окружности радиуса l на окружность радиуса $\frac{1}{2}l$, т. е. в момент, когда нить начинает навиваться на проволоку, напишем проекции уравнения движения груза на нормальную ось в точке B. Получим для малой окружности $\frac{2mV_B^2}{l} = N_B$ и для большой $\frac{mV_B^2}{l} = N'_B$, где N_B и N'_B – проекции реакции нити в точке B при движении груза по окружности радиусов $\frac{1}{2}l$ и l. Из уравнений видно, что переход груза с большой окружности на малую вызывает двукратное увеличение натяжения нити: $N'_B = \frac{3}{2}mg$, $N_B = 3mg$.

Задача 53. Шарик массой m = 0,5 кг движется в вертикальной плоскости из положения A внутри трубки, которая состоит из полуокружности AB радиуса R = 0,6 м и прямолинейного участка BD, сопряжённого в точке B с окружностью (рис. 4.26). Диаметр полуокружности AB составляет с горизонталью угол 60°. Начальная скорость шарика V_0 = 5 м/с. В конце кругового участка в точке B шарик упирается в недеформированную пружину жесткостью c = 100 Н/м. Найти величину S максимального сжатия пружины.

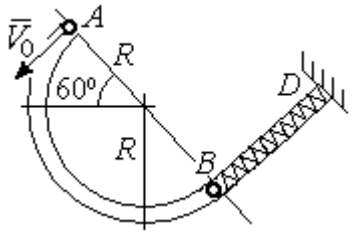


Рис. 4.26. Схема движения шарика

Решение

Найдём скорость шарика в точке B. Для этого составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения A в положение B. Получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = Ph_{(AB)}$, где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек A и B, $h_{(AB)} = 2R\sin 60^\circ = 1{,}04$ м (рис. 4.27).

Решая уравнение, найдём скорость шарика в точке B: $V_B = \sqrt{V_A^2 + 2gh_{(AB)}} = 6{,}74$ м/с.

Для того, чтобы найти величину максимального сжатия пружины, рассмотрим движение шарика на прямолинейном отрезке трубки BD. На этом отрезке работу совершают сила тяжести шарика и сила упругости пружины, приложенные к шарику (см. рис. 4.27).

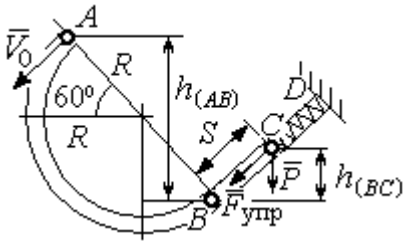


Рис. 4.27. Расчетная схема движения шарика

Обозначим S – максимальное сжатие пружины, равное BC. На основании теоремы об изменении кинетической энергии точки, применённой к движению шарика на отрезке BC, имеем уравнение $\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_B^2}{2} = A(P) + A(F_{упр}) = -Ph_{(BC)} - \frac{cS^2}{2}$,

где $h_{(BC)}$ – перепад высот точек B и C; $h_{(BC)} = S\sin 30^\circ = 0{,}5S$ (см. рис. 4.27).

В точке C максимального сжатия пружины скорость шарика обращается в нуль: $V_C = 0$. Подставляя это условие, с учётом $V_B = 6{,}74$ м/с, получим уравнение для определения величины максимального сжатия пружины: $S^2 + 0{,}05S - 0{,}23 = 0$.

Выбирая положительный корень уравнения, находим: $S = 0{,}45$ м.

Упражнения

Упражнение 4.5. Лётчик в самолёте пикирует из точки A по прямой, составляющей с горизонтом угол φ, с начальной скоростью V_0. Пройдя расстояние $AB = l$, самолёт продолжает движение по дуге окружности радиуса R, сопряженной с прямой AB в точке B (рис. 4.28).

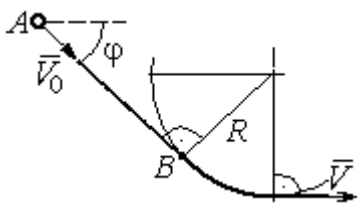


Рис. 4.28. Схема движения самолёта

Каким должен быть радиус окружности, чтобы в точке C – выхода самолёта на горизонтальный полёт - сила давления человека на корпус самолёта не превосходила его тройной вес.

Упражнение 4.6. Пружина жесткостью C = 100 Н/м, сжатая из недеформированного состояния на расстояние $KA = a = 0{,}3$ м, выталкивает шарик массой $m = 0{,}5$ кг, который отделяется от неё в точке K и продолжает движение в трубке по дуге KCB, окружности радиуса R = 1 м, затем – по горизонтальному участку BD. Определить давление шарика на трубку в точке C. Какой путь пройдёт шарик до остановки по прямой BD, если здесь на него действует сила трения с коэффициентом $f = 0{,}4$.

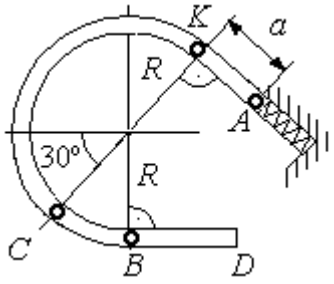


Рис. 4.29. Схема движения шарика в трубке

5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ

5.1. Теорема о движении центра масс системы

Центром масс системы материальных точек называют точку C, координаты которой x_C, y_C, z_C удовлетворяют равенствам:

$$mx_C = \sum m_k x_k \ , \quad my_C = \sum m_k y_k \ , \ mz_C = \sum m_k z_k \ ,$$

где m – масса системы: $m = \sum m_k$; m_k, x_k, y_k, z_k – массы и координаты материальных точек системы.

Теорема о движении центра масс системы. Центр масс механической системы движется как материальная точка с массой, равной массе системы, и к которой приложены внешние силы, действующие на систему: $m\vec{a}_C = \sum \vec{F}_k^e$, где $\vec{a}_C$ – вектор ускорения центра масс системы; $\sum \vec{F}_k^e$ – сумма всех внешних сил, действующих на систему.

Пример решения задач на применение теоремы о движении центра масс

Задача 54. Груз 1, находящийся на верхнем основании прямоугольной пирамиды *ABCD*, соединен с грузом 2 нерастяжимой нитью, перекинутой через блок C (рис. 5.1). Определить перемещение пирамиды, если груз 2 опустился на высоту 1 м. Масса груза 1 m_1 = 15 кг, груза 2 m_2 = 20 кг, пирамиды m = 50 кг. Трение при движении груза 1 по пирамиде и пирамиды по горизонтальной поверхности не учитывать.

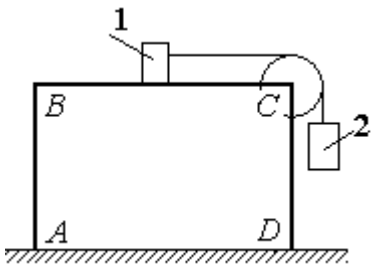


Рис. 5.1. Пирамида с системой подвижных грузов

Решение

Рассматриваем механическую систему, состоящую из двух грузов, соединённых нерастяжимой нитью, блока *C* и пирамиды *ABCD*.

Внешние силы, приложенные к системе: силы тяжести грузов и пирамиды – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}$ и нормальная реакция $\vec{N}$ опоры поверхности, на которой стоит пирамида. Направления векторов внешних сил показаны на рис. 5.2.

Выберем неподвижную систему координат *Axy*, как показано на рис. 5.2. Все внешние силы, действующие на механическую систему, вертикальны, поэтому дифференциальное уравнение, составленное на основании теоремы о движении центра масс механической системы в проекции на ось *Ax,* имеет вид:

$$(m + m_1 + m_2)\ddot{x}_C = P_{1x} + P_{2x} + P_x + N_x = 0$$

$$\text{или} \quad \ddot{x}_C = 0,$$

где x_C – координата центра масс системы.

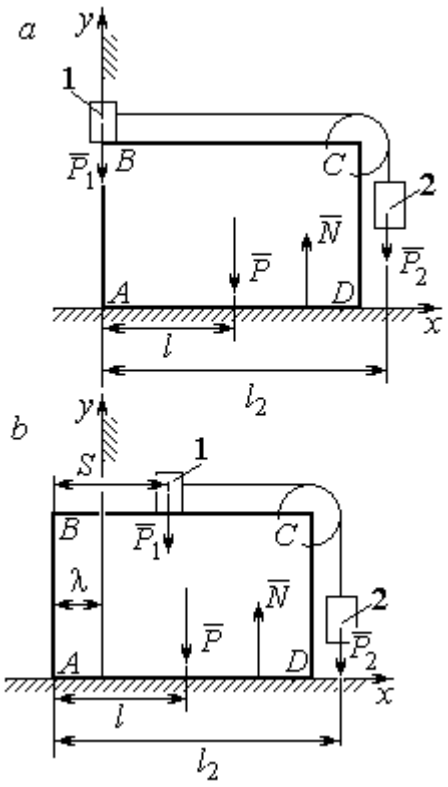


Рис. 5.2. Расчётная схема перемещения пирамиды: *a* – начальное положение; *b* – положение пирамиды при перемещении грузов на расстояние *S*

Проинтегрировав его дважды, получим закон движения центра масс системы: $x_C = C_1 t + C_2$, где константы интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий. Предположим, в начальный момент движение в механической системе отсутствовало и координата центра масс системы была равна x_{C0} (на рис. 5.2, *a* не показана), то есть при $t = 0$ $x_C(0) = x_{C0}$ и $\dot{x}_C(0) = 0$. Подставляя начальные условия, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = x_{C0}$. В результате закон движения центра масс системы имеет вид: $x_C = x_{C0}$. Последнее означает, что при любом перемещении тел в системе координата центра масс системы на оси *Ax* остаётся постоянной, равной своему начальному значению.

Предположим, в начальный момент времени груз 1 находился у левого края призмы, как показано на рис. 5.2, *a*.

Начальная координата x_{C0} центра масс системы находится из равенства $(m_1 + m_2 + m)x_{C0} = \sum m_k x_k = m_1 \cdot 0 + m_2 l_2 + ml$, где l_2 – расстояние от начала координат до линии действия силы тяжести груза 2 (координата центра масс гру-

за 2 на оси Ax); l – аналогичное расстояние до линии действия силы тяжести пирамиды (см. рис. 5.2, *a*). Тогда начальная координата центра масс системы: $x_{C0} = \dfrac{m_2 l_2 + ml}{(m_1 + m_2 + m)}$.

Положение грузов в системе, после того как груз 1 переместился на расстояние *S*, и положение призмы показано на рис. 5.2, *b*. На рисунке отмечено, что при перемещении груза 1 вправо на расстояние *S* призма *ABCD* сместилась влево на расстояние λ. Координата x_{C1} центра масс для нового положения системы определяется из равенства:

$$(m_1 + m_2 + m)x_{C1} = m_1(S - \lambda) + m_2(l_2 - \lambda) + m(l - \lambda).$$

Выражая отсюда координату x_{C1} и приравнивая её начальному значению координаты центра масс $x_{C0} = x_{C1}$, найдём перемещение пирамиды $\lambda = \dfrac{m_1 S}{(m_1 + m_2 + m)}$. Подставляя данные задачи, получим $\lambda = 0{,}18$ м.

5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси

Момент инерции однородного диска радиусом *R*, массой *m* относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска: $J_z = \dfrac{1}{2}mR^2$. **Для неоднородных тел момент инерции** относительно оси *z* вычисляется по формуле: $J_z = mi_z^2$, где i_z – радиус инерции тела.

Кинетическим моментом (моментом количества движения) системы относительно неподвижной оси *z* называется величина, равная сумме моментов количеств движения точек относительно этой оси $\vec{L}_z = \sum M_z(m_k \vec{V}_k)$.

Для твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси *z*, кинетический момент: $L_z = J_z\omega$, где J_z и ω – момент инерции и угловая скорость

тела. **Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси**. Производная по времени от кинетического момента системы относительно неподвижной оси z равна сумме моментов внешних сил относительно той же оси: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетического момента системы

Задача 55. Для подъёма груза используется лебёдка со ступенчатым барабаном и противовесом. Груз 1 массой m_1 поднимается на канате, навитом на барабан 2 массой m_2 радиуса R. Противовес 3 массой m_3 прикреплён к канату, который навит на малую ступень барабана радиуса r (рис. 5.3). Радиус инерции барабана относительно оси вращения i_z. На барабан действует постоянный момент сил сопротивления $M_c = 60$ Н·м. В начале движения к барабану лебёдки прикладывается вращающий момент, пропорциональный времени: $M_{вр} = 620 + 30t$ Н·м, который через 2 с отключается. Определить, на какую высоту поднимется груз, если движение началось из состояния покоя. Массы грузов и барабана: $m_1 = 100$ кг, $m_2 = 50$ кг, $m_3 = 20$ кг. Радиусы ступеней барабана и радиус инерции: $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}4$ м; $i_z = 0{,}5$ м.

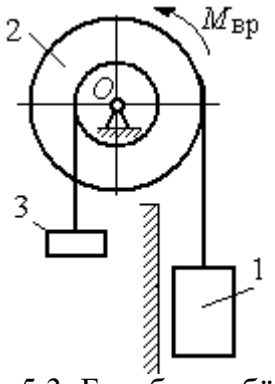


Рис. 5.3. Барабан лебёдки с грузом и противовесом

Решение

Решение следует рассматривать на двух этапах. На первом груз поднимается под действием вращающего момента, на втором – по инерции.

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, барабана 2 и противовеса 3. На систему действуют силы тяжести груза $\vec{P}_1$, барабана $\vec{P}_2$, противовеса $\vec{P}_3$, реакция шарнира $\vec{R}$, пара сил с моментом, равным моменту вра-

щения $M_{вр}$, и пара сил с моментом сопротивления M_c. Направления векторов сил и моментов показаны на рис. 5.4. Выберем начало оси *y*, вдоль которой поднимается груз на первом участке движения, в точке начала движения (см. рис. 5.4).

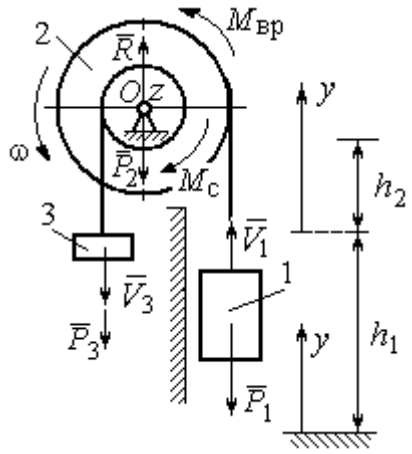


Рис. 5.4. Силы, действующие на систему во время движения

Воспользуемся теоремой об изменении кинетического момента системы относительно оси *z*, проходящей через центр *O*: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$. Кинетический момент системы относительно оси *z* равен сумме кинетических моментов барабана, груза и противовеса: $L_z = L_z^{бар} + L_z^{гр} + L_z^{пр}$. Кинетический момент барабана, вращающегося вокруг неподвижной оси *z*: $L_z^{бар} = J_z\omega$, где J_z – момент инерции барабана относительно оси *z*, $J_z = m_2 i_z^2$; ω – угловая скорость барабана. Рассматривая груз и противовес как материальные точки, найдём их кинетические моменты относительно оси *z*: $L_z^{гр} = M_z(m_1\vec{V}_1) = m_1V_1R$; $L_z^{пр} = M_z(m_3\vec{V}_3) = m_3V_3r$.

Суммарный кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{бар} + L_z^{гр} + L_z^{пр} = m_2 i_z^2\omega + m_1V_1R + m_3V_3r.$$

Выразим скорости груза 1 и противовеса 3 через угловую скорость барабана: $V_1 = \omega R$, $V_3 = \omega r$ - и подставим их в выражение кинетического момента. Получим $L_z = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\omega = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{V_1}{R}$.

Суммарный момент внешних сил относительно оси *z*

$$\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{вр} - M_c - P_1R + P_3r.$$

Дифференциальное уравнение движения груза:

$$(m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{dV_1}{dt} = \left(M_{вр} - M_c - P_1R + P_3r\right)R,$$

или с учётом данных задачи $\frac{dV_1}{dt} = 0{,}58 + 0{,}35t$.

Дважды интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём скорость груза V_1 и проходимый им путь y как функции времени:

$$V_1(t) = 0{,}58t + 0{,}175t^2;\quad y(t) = 0{,}29t^2 + 0{,}058t^3.$$

Из уравнений движения найдём: при $t = 2$ с (конец первого участка) груз поднялся на высоту $h_1 = y(2) = 1{,}62$ м и имел скорость $V_1 = V_1(2) = 1{,}86$ м/с.

На втором участке движения груз продолжает подниматься вверх. Уравнение движения груза здесь аналогично первому участку, за исключением вращающего момента (см. рис. 5.4):

$$(m_2 i_z^2 + m_1 R^2 + m_3 r^2)\frac{dV_1}{dt} = \left(-M_c - P_1 R + P_3 r\right)R, \text{ или } \frac{dV_1}{dt} = -6{,}61.$$

Представим ускорение груза в виде: $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_1 dy}{dy dt} = V_1 \frac{dV_1}{dy}$. Теперь уравнение движения груза на втором участке имеет вид: $V_1 \frac{dV_1}{dy} = -6{,}61$. Интегрируя его, получим зависимость скорости груза от пройденного пути $\frac{V_1^2}{2} = -6{,}61y + C_3$. Выберем начало второго участка на высоте h_1. Из начальных условий движения груза: при $t = 0$, $y = 0$, $V_1 = 1{,}86$ м/с, получим: $C_3 = 1{,}73$.

Максимальную высоту h_2, на которую поднялся груз на втором участке, определим из условия, что в этой точке скорость груза обращается в нуль. Имеем $0 = -6{,}61h_2 + 1{,}73$, откуда $h_2 = 0{,}26$ м. Максимальная высота подъёма груза $H = h_1 + h_2 = 1{,}88$ м.

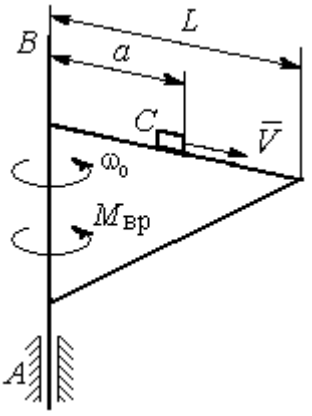


Рис. 5.5. Поворотный кран

Задача 56. Тележка C поворотного подъёмного крана (рис. 5.5) движется с постоянной относительно стрелы скоростью $V = 0{,}5$ м/с. Длина стрелы

L = 10 м, масса тележки с грузом m_1 = 100 кг, момент инерции крана относительно оси вращения AB без учёта тележки и груза J = 1800 кг·м^2. Двигатель крана создаёт постоянный вращающий момент $M_{вр}$ = 400 Н·м. Определить угловую скорость крана в момент, когда тележка достигнет края стрелы, если в начальный момент конструкция вращалась с угловой скоростью ω_0 = 2 рад/с, а тележка находилась на расстоянии a = 1 м от оси вращения.

Решение

На систему действуют внешние силы: $\vec{P}_1$ – сила тяжести тележки с грузом, $\vec{P}_2$ – сила тяжести поворотного крана (на рис. 5.6 показана в условном центре тяжести крана); $\vec{R}_x$, $\vec{R}_y$ – составляющие реакции подшипника A и пара сил с моментом, равным вращающему моменту $M_{вр}$ (см. рис. 5.6). Применим к описанию движения системы теорему об изменении кинетического момента системы относительно оси вращения z, направленной вдоль линии AB.

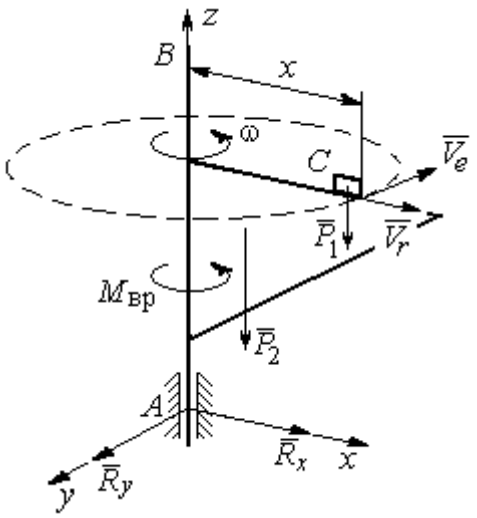


Рис. 5.6. Внешние силы, действующие на кран при его движении

Поскольку силы тяжести параллельны оси вращения крана, а составляющие реакции шарнира A пересекают её, то моменты этих сил относительно оси z равны нулю и теорема об изменении кинетического момента системы принимает вид: $\frac{dL_z}{dt} = M_{вр}$. Интегрируя это уравнение при постоянном вращающем моменте, получим равенство: $L_z - L_{z0} = M_{вр}t$, где L_z, L_{z0} – кинетический момент системы в текущий и начальный моменты времени.

Кинетический момент системы L_z равен сумме: $L_z = L_z^{кран} + L_z^{груз}$. Кинетический момент крана как твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной

оси: $L_z^{\text{кран}} = J\omega$. Полагая тележку с грузом материальной точкой, определим её кинетический момент $L_z^{\text{груз}}$, как момент вектора количества движения тележки относительно оси *z*. Тележка с грузом участвует в сложном движении. Вектор абсолютной скорости тележки $\vec{V}_{\text{абс}}$ равен сумме $\vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где $\vec{V}_r$ относительная скорость тележки (перемещение по стреле крана); $\vec{V}_e$ – переносная скорость (движение вместе с краном). Воспользовавшись теоремой Вариньона при вычислении момента количества движения тележки с грузом, получим:

$$L_z^{\text{груз}} = M_z(m_1\vec{V}_{\text{абс}}) = M_z(m_1\vec{V}_e + m_1\vec{V}_r) = M_z(m_1\vec{V}_e) = m_1V_ex = m_1\omega x^2.$$

В результате суммарный кинетический момент системы в текущий момент времени $L_z = L_z^{\text{кран}} + L_z^{\text{груз}} = \left(J + m_1x^2\right)\omega$. Тогда начальный кинетический момент систем: $L_{z0} = \left(J + m_1a^2\right)\omega_0$.

Подставляя выражения начального и текущего кинетического моментов в уравнение движения, получим: $\left(J + m_1x^2\right)\omega - \left(J + m_1a^2\right)\omega_0 = M_{\text{вр}}t$, откуда закон изменения угловой скорости крана $\omega = \dfrac{M_{\text{вр}}t + \left(J + m_1a^2\right)\omega_0}{\left(J + m_1x^2\right)}$. Момент времени $t_{\text{к}}$, когда тележка достигнет края стрелы ($x = L$), найдём из условия движения тележки по стреле с постоянной скоростью: $Vt_{\text{к}} = L - a$. С учётом данных задачи угловая скорость крана в этот момент $\omega(t_{\text{к}}) = 0{,}93$ рад/с.

5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

Кинетическая энергия тела при поступательном движении $T = \dfrac{1}{2}mV_C^2$, где m – масса тела; V_C – скорость центра масс тела; **при вращательном движении** вокруг неподвижной оси z: $T = \dfrac{1}{2}J_z\omega^2$, где J_z – момент инерции тела относительно оси *z*; ω – угловая скорость тела; **при плоскопа-**

раллельном движении: $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, где m – масса тела; V_C, ω – скорость центра масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной силы F при прямолинейном перемещении точки приложения силы $A = FS\cos\alpha$, где S – перемещение точки; α – постоянный угол между перемещением и направлением силы. **Работа пары сил с постоянным моментом** M при повороте тела на конечный угол φ вычисляется по формуле: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы F называют величину, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}$, где V – скорость точки приложения силы. При плоском движении тела мощность силы равна сумме скалярных произведений: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O \cdot \vec{\omega}$, где V_O – скорость точки, выбранной полюсом; ω – угловая скорость тела; $\vec{M}_O = M_O(\vec{F})$ – момент силы относительно полюса. Если в качестве полюса выбрать точку K – мгновенный центр скоростей, то мощность силы $N(\vec{F}) = \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}$, где $M_K(\vec{F})$ – момент силы относительно мгновенного центра скоростей.

Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$.

Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении. Изменение кинетической энергии системы при перемещении её

из начального состояния в текущее равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему: $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ и сумма мощностей внутренних сил равны нулю: $\sum A(\vec{F}_k^i) = 0$.

Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетической энергии системы

Задача 57. Планетарный механизм, позволяющий получать повышенные передаточные отношения угловых скоростей, состоит из трех одинаковых колёс, соединённых кривошипом *OA* (рис. 5.7). Колесо 1 неподвижно, кривошип *OA* вращается с угловой скоростью ω_{OA} и приводит в движение колёса 2 и 3. Полагая массы колёс и их радиусы одинаковыми, равными *m* и *r,* и пренебрегая массой кривошипа, найти кинетическую энергию механизма.

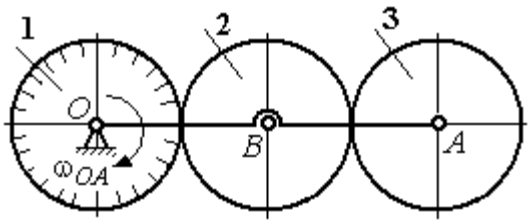


Рис. 5.7. Планетарный механизм

Решение

Кинетическая энергия механизма *T* равна сумме энергий колёс 2 и 3: $T = T_2 + T_3$. Энергия колеса 1 равна нулю потому, что оно неподвижно, а энергия кривошипа равна нулю, так как массой кривошипа пренебрегаем. При движении механизма колесо 2, увлекаемое кривошипом, катится по неподвижной поверхности первого колеса. Энергия колеса 2:

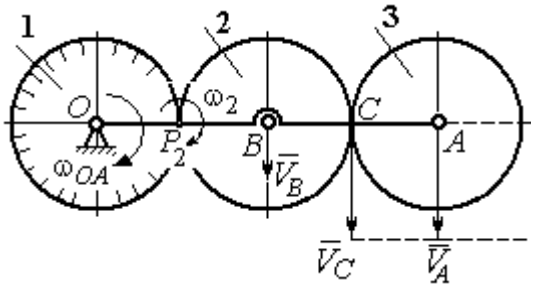


Рис. 5.8. Расчётная схема вычисления энергии механизма

$T_2 = \frac{mV_B^2}{2} + \frac{J_{2B}\omega_2^2}{2}$, где V_B – скорость центра масс колеса 2, J_{2B} – момент инерции колеса 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости колеса, $J_{2B} = \frac{mr^2}{2}$.

Выразим кинетическую энергию колеса 2 через угловую скорость ω_{OA} кривошипа OA.

Скорость точки B, лежащей на кривошипе OA: $V_B = \omega_{OA} \cdot OB = \omega_{OA} 2r$.

Так как точка P_2 касания колёс 1 и 2 является мгновенным центром скоростей колеса 2 (рис. 5.8), угловая скорость колеса 2 $\omega_2 = \frac{V_B}{BP_2}$. В результате получим: $\omega_2 = 2\omega_{OA}$. Подставив зависимости V_B и ω_2 в выражение кинетической энергии колеса 2, найдём:

$$T_2 = \frac{m(\omega_{OA} 2r)^2}{2} + \frac{mr^2}{2} \cdot \frac{(2\omega_{OA})^2}{2} = 3m\omega_{OA}^2 r^2.$$

Вычислим кинетическую энергию колеса 3. Найдём скорость точки C, считая, что она принадлежит колесу 2: $V_C = \omega_2 \cdot P_2C = 4\omega_{OA} r$. Скорость точки A – центра колеса 3 определим, полагая, что точка A лежит и на кривошипе: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 4\omega_{OA} r$. Скорости двух точек A и C колеса 3 равны и параллельны, причём линия AC перпендикулярна векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 5.8). В этом случае мгновенный центр скоростей отсутствует и колесо 3 совершает мгновенно-поступательное движение. Энергия поступательного движения колеса 3: $T_3 = \frac{mV_A^2}{2} = \frac{m(4\omega_{OA} r)^2}{2} = 8m\omega_{OA}^2 r^2$.

Окончательно, энергия механизма: $T = T_2 + T_3 = 11m\omega_{OA}^2 r^2$.

Задача 58. Горизонтальный желоб DE опирается на блок 1 и на каток 3 одинакового радиуса r (рис. 5.9). Блок 1 весом P_1 вращается вокруг неподвиж-

ной оси O_1. Каток 3 катится по горизонтальному рельсу без проскальзывания. На одной оси с катком 3 жестко связано колесо 2 радиуса R. Их общий вес равен Q, а общий радиус инерции относительно оси z, проходящей через центр масс C перпендикулярно плоскости катка, равен i_z. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Массой желоба пренебрегаем. Скольжение между желобом и блоком 1, а также катком 3 отсутствует. Определить ускорение центра масс колеса 2 и катка 3 и угловое ускорение блока 1, если: P_1 = 40 Н, Q = 60 Н, F = 50 Н, M = 45 Н·м, R = 0,8 м, r = 0,6 м, i_z = 0,4 м.

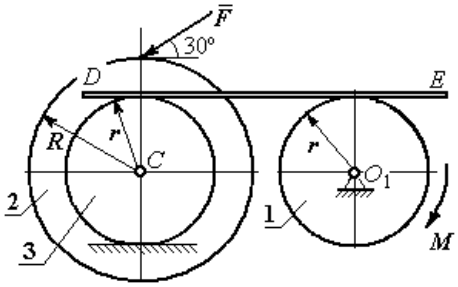


Рис. 5.9. Схема движения механической системы

Решение

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии для неизменяемых механических систем: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

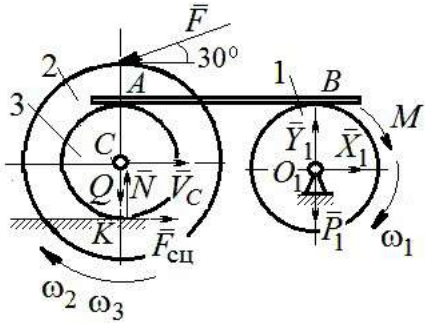


Рис. 5.10. Расчетная схема для исследования движения системы

Предположим, во время движения системы блок 1 вращается по ходу часовой стрелки.

Угловые скорости ω_1, ω_2 блока 1, катка 3 и скорость $\vec{V}_C$ центра масс катка 3 показаны на рис. 5.10. Угловая скорость колеса 2 и катка 3 равны: $\omega_3 = \omega_2$.

Кинетическая энергия вращательного движения блока 1 $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$,

где J_{zO_1} – осевой момент инерции блока, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$.

Фигура, состоящая из катка 3 и колеса 2, двигается плоскопараллельно. Кинетическая энергия фигуры определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где m – общая масса катка и колеса, $m = \frac{Q}{g}$, J_{zC} – момент инерции фигуры относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m i_z^2$,

У катка 3 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка K на рис. 5.10). Тогда $\omega_3 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки A катка $V_A = \omega_3 2r = 2V_C$. Приравнивая скорость точки A на катке 2 к скорости точки B на блоке 1, получим $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

Найдём кинетическую энергию системы, выраженную через скорость центра масс катка 3:

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{Q}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) V_C^2 = \frac{V_C^2}{2g}\left[2P_1 + Q\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил.

На блок 1 действуют: сила тяжести $\vec{P}_1$, пара сил с моментом M и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ (рис. 5.10). Мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Момент M направлен в сторону вращения блока 1, его мощность $N(M) = M\omega_1 = M\frac{2V_C}{r}$.

На каток 3 (вместе с жестко связанным с ним колесом 2) действуют: сила $\vec{F}$, сила тяжести $\vec{Q}$ катка и колеса, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления $\vec{F}_{\text{сц}}$ катка 3 с поверхностью.

Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей катка 3, скорость которого равна нулю. Мощность силы тяжести $\vec{Q}$ равна нулю, так как угол между вектором силы и вектором скорости точки C равен 90°.

Для определения мощности силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, выберем в качестве полюса точку K – мгновенный центр скоростей диска 2. С учётом того, что скорость $V_K = 0$, получим:

$$N(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{V}_K + \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}_2 = \vec{M}_K(\vec{F})\vec{\omega}_2 =$$

$$= -F(r+R)\omega_2 \cos 30° = -FV_C\left(1+\frac{R}{r}\right)\cos 30°.$$

Поскольку вращение, создаваемое моментом силы $\vec{F}$ относительно центра K, противоположно выбранному направлению угловой скорости катка, мощность силы $\vec{F}$ отрицательная.

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -FV_C\left(1+\frac{R}{r}\right)\cos 30° + M\frac{2V_C}{r}.$$

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы. Находим производную по времени от кинетической энергии системы $\frac{dT}{dt} = \frac{V_C}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1+\frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]$ и приравниваем суммарной мощности внешних сил. Получим:

$$\frac{1}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1+\frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F\left(1+\frac{R}{r}\right)\cos 30° + \frac{2M}{r},$$

откуда с учётом исходных данных задачи ускорение центра масс диска 2 $a_C = 2{,}88$ м/с^2. Для определения углового ускорения блока 1 продифференцируем по времени равенство $\omega_1 = \dfrac{2V_C}{r}$. Получим: $\varepsilon_1 = \dfrac{2a_C}{r} = 9{,}6$ рад/с^2.

Задача 59. Каток радиуса *r*, весом *P* закатывают вверх по наклонной плоскости приложив в центре катка силу $\vec{F}$ под углом 30° к наклонной плоскости (рис. 5.11). Сама плоскость наклонена под углом 30° к горизонту. Величина силы *F* = 2*P*. В начальном положении центр катка имел скорость V_0.

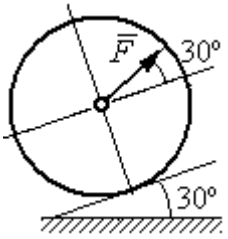


Рис. 5.11. Движение катка на наклонной плоскости

На какое расстояние *S* переместился центр катка, если в конце перемещения его скорость удвоилась.

Решение

Применим теорему об изменении кинетической энергии на конечном перемещении системы: $T - T_0 = \sum A(F_k)$. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, сила $\vec{F}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с наклонной плоскостью (рис. 5.12). При перемещении центра катка на расстояние *S* вдоль наклонной плоскости работу совершают только сила $\vec{F}$: $A(\vec{F}) = F\cos 30° S$ и сила тяжести: $A(\vec{P}) = -Ph$, где *h* – перепад высот при перемещении центра масс катка. Работа реакции опоры и силы сцепления равна нулю.

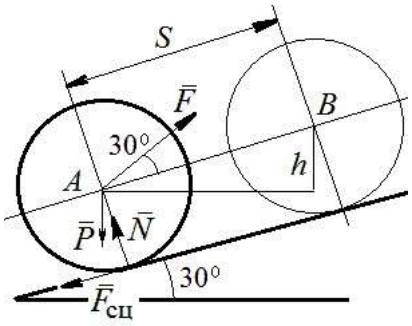


Рис. 5.12. Расчётная схема движения катка

Кинетическая энергия катка $T = \dfrac{1}{2}mV_A^2 + \dfrac{1}{2}J_{zA}\omega^2$, где J_{zA} – момент инерции фигуры относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zA} = \dfrac{mr^2}{2}$. Выражая угловую скорость катка через

скорость центра масс $\omega = \dfrac{V_A}{r}$, с учётом выражения момента инерции катка, получим энергию катка в виде: $T = \dfrac{3}{4} m V_A^2$.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии при перемещении центра катка на расстояние S: $\dfrac{3}{4} m V_B^2 - \dfrac{3}{4} m V_A^2 = F\cos 30° S - Ph$, где $V_A = V_0$ $V_B = 2V_0$, $F = 2P$, $h = S\sin 30°$.

Найдём искомое перемещение: $S = \dfrac{9V_0^2}{4g\left(2\cos 30° - \sin 30°\right)}$.

Упражнения

Упражнение 5.1. Крановая тележка массы m_1 может перемещаться по горизонтальной балке без трения (рис. 5.13). В центре масс тележки закреплён трос длиной l, на другом конце которого привязан груз массы m_2. Трос может совершать колебательные движения в вертикальной плоскости. В начальный момент трос был в вертикальном положении. Определить горизонтальное перемещение тележки в зависимости от угла наклона троса. Весом троса пренебречь.

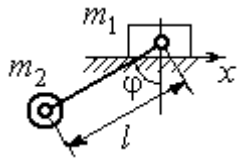


Рис. 5.13. Движение крановой тележки

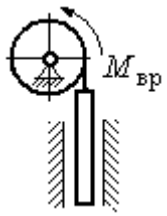


Рис. 5.14. Схема механизма лебёдки

Упражнение 5.2. К барабану лебёдки, поднимающей штангу, приложен вращающий момент, пропорциональный времени $M_{ВР} = kt$ (рис. 5.14). Штанга массы m_1 поднимается посредством каната, навитого на барабан массы m_2 и радиуса r. В начальный момент система находилась в покое. Определить угловую скорость барабана, считая его однородным диском.

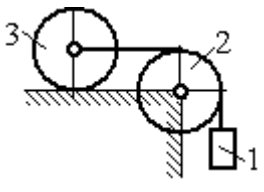


Рис. 5.15. Схема движения системы

Упражнение 5.3. Груз 1 массы m_1 подвешен на нерастяжимом тросе, другой конец которого переброшен через блок 2 и закреплён в центре масс катка 3 (рис. 5.15). Каток 3 катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания. Блок 2 и каток 3 – однородные диски массы m_2 и m_3, радиуса r. В начальный момент система находилась в покое. Определить скорость груза, когда он опустится на высоту h, если к катку 3 приложен момент M.

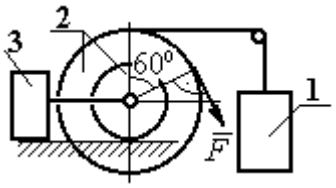


Рис. 5.16. Схема механизма катка

Упражнение 5.4. Механическая система включает два груза 1 и 3 одинакового веса P и каток 2 весом $2P$, радиусом $R = 2r$ с цилиндрическим выступом радиусом r (рис. 5.16). Каток катится выступом по неподвижной поверхности без проскальзывания. К катку по касательной к окружности приложена сила $F = 2P$. Найти ускорение центра масс катка, если его радиус инерции относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения: $i_{zC} = r\sqrt{2}$.

5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию движений твёрдого тела

Поступательное движение твердого тела описывается дифференциальными уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y} = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z} = \sum F^e_{kz}$ - или в алгебраической форме $ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}$, $ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}$, $ma_{Cz} = \sum F^e_{kz}$, где m – масса тела; $\ddot{x} = a_{Cx}$, $\ddot{y} = a_{Cy}$, $\ddot{z} = a_{Cz}$ – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F^e_{kx}, F^e_{ky}, F^e_{kz} – проекции внешних сил.

Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси z описывается дифференциальным уравнением: $J_z \dfrac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$ или алгебраическим уравнением: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z.

Плоскопараллельное движение твердого тела описывается уравнениями движения центра масс и вращательного движения тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx};\ ma_{Cy} = \sum F^e_{ky};\ J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела; F^e_{kx}, F^e_{ky} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение каждого тела системы в отдельности, предварительно освободив его от связей и заменив их действие реакциями.

Примеры решения задач на составление уравнений движения твердых тел

Задача 59. Лебёдка поднимает груз 1 массы $m_1 = 50$ кг посредством троса, переброшенного через блок 3 и навитого на барабан 2 массы $m_2 = 20$ кг, радиуса $r = 0{,}8$ м (рис. 5.17). К барабану приложен постоянный вращающий момент $M_{вр} = 480$ Н·м. Определить ускорение груза, натяжение троса и реакцию шарнира барабана 2. Весом троса и массой блока 3 пренебречь, барабан считать сплошным цилиндром.

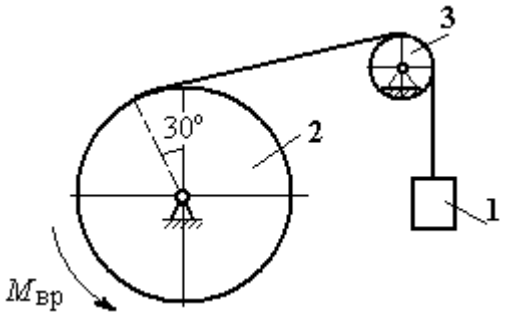


Рис. 5.17. Механизм лебёдки

Решение

Составим уравнение движения груза 1. Для этого освобождаем груз от связей, заменив действие троса реакцией. На груз действует сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция троса $\vec{H}_1$ (рис. 5.18). Выберем ось *x* по направлению движения груза. Уравнение движения груза в проекции на ось *x*: $m_1 a_1 = H_1 - P_1$.

Рассмотрим движение барабана 2. Освободим барабан от связей и заменим их действие реакциями.

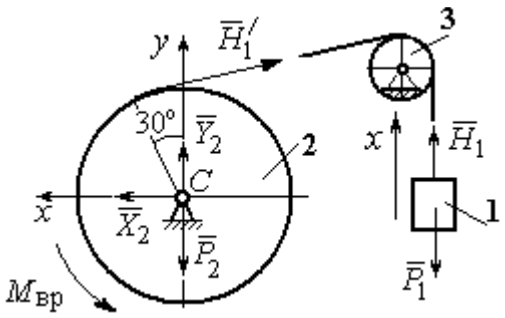


Рис. 5.18. Внешние силы и реакции, действующие на груз и барабан при движении системы

На барабан действует сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом вращения $M_{вр}$, реакция троса $\vec{H}_1'$ и реакция шарнира (на рис. 5.18 разложена на составляющие $\vec{X}_2$, $\vec{Y}_2$). Так как массой блока 3 пренебрегаем, то модули сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$ равны. Направления действия сил и момента показаны на рис. 5.18.

Уравнение вращательного движения барабана относительно оси z: $J_z\varepsilon_2 = \sum M_z(F_k) = M_{вр} - H_1'r$, где момент инерции барабана $J_z = \dfrac{m_2 r^2}{2}$.

Продифференцируем по времени равенство $V_1 = \omega_2 r$ и выразим угловое ускорение барабана через ускорение груза 1. Получим $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$. Подставляя выражение углового ускорения в уравнение вращательного движения барабана с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, напишем уравнения движения барабана и груза в виде системы уравнений:

$$m_1 a_1 = H_1 - P_1, \;\; m_2 a_1 = \frac{2M_{вр}}{r} - 2H_1,$$

откуда находим a_1= 1,82 м/с^2, H_1 = 581,8 Н. Натяжение троса численно равно реакции.

Для определения реакции шарнира составим (формально) уравнение движения центра масс блока 2 в проекциях на оси x, y (см. рис. 5.18):

$$m_2 a_{Cx} = X_2 - H_1'\cos 30^\circ = 0, \; m_2 a_{Cy} = Y_2 + H_1'\cos 60^\circ - P_2 = 0.$$

Отсюда $X_2 = 503{,}84$ Н, $Y_2 = -94{,}7$ Н, $R_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2} = 512{,}66$ Н.

Задача 60. Барабан весом G, радиусом R имеет цилиндрический выступ радиусом r (рис. 5.19). Барабан скатывается по наклонной плоскости с углом наклона 30°, опираясь на неё поверхностью выступа. К барабану приложены постоянные силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Сила $\vec{F}_1$ направлена по касательной к поверхности барабана. Сила $\vec{F}_2$ действует под углом 30° к диаметру барабана, перпендикулярному наклонной плоскости. В начальный момент времени барабан приведён в равновесие парой сил с моментом M.

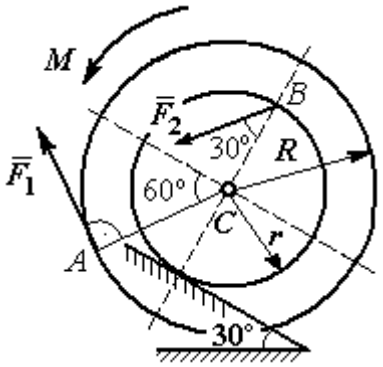


Рис. 5.19. Схема движения барабана по наклонной плоскости

Определить угловое ускорение барабана и закон движения центра масс, если в положении равновесия величину уравновешивающего момента увеличить в 1,2 раза. Исходные данные для решения задачи: R = 0,6 м, r = 0,2 м, G = 100 Н, F_1 = 60 Н, F_2 = 25 Н, радиус инерции барабана i_z = 0,4 м.

Решение

На барабан действуют силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{G}$, пара сил с неизвестным моментом M, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления барабана с поверхностью. Сила сцепления приложена в точке K касания выступа барабана с наклонной плоскостью и направлена вдоль неё (рис. 5.20).

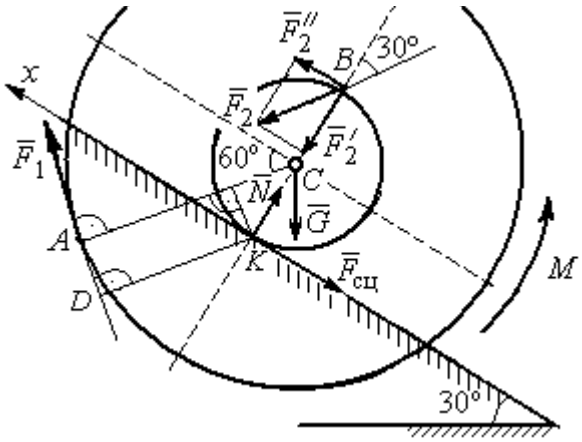


Рис. 5.20. Силы, действующие на барабан, во время движения

Для определения момента M, приводящего барабан в равновесие, запишем уравнение равно-

весия в виде равенства нулю моментов сил $\sum M_K(\vec{F}_k^e) = 0$ относительно точки *K*. Точка *K* выбрана с той целью, что в уравнение не будет входить момент неизвестной силы сцепления.

На рис. 5.20 показано разложение силы $\vec{F}_2$: $\vec{F}_2 = \vec{F}_2' + \vec{F}_2''$. Значения составляющих определяются как проекции: $F_2' = F_2\cos 30°$, $F_2'' = F_2\sin 30°$.

Применяя теорему Вариньона, вычислим момент силы $\vec{F}_2$ относительно точки *K*: $M_K(\vec{F}_2) = M_K(\vec{F}_2') + M_K(\vec{F}_2'') = F_2\sin 30° \cdot 2r$.

Момент силы $\vec{F}_1$ относительно точки *K*:

$$M_K(\vec{F}_1) = -F_1 \cdot KD = -F_1(R - r\cos 30°).$$

В результате уравнение моментов сил при равновесии барабана принимает вид

$$\sum M_K(\vec{F}_k^e) = -F_1(R - r\cos 30°) + F_2\sin 30° \cdot 2r - Gr\sin 30° + M = 0.$$

Подставляя сюда исходные данные задачи, находим величину уравновешивающего момента $M = 30{,}61$ Н·м. Направление момента показано дуговой стрелкой на рис. 5.20.

Увеличим значение момента *M*, удерживающего барабан в равновесии, в 1,2 раза: $M_1 = 1{,}2M$. Возникшее после этого качение барабана вверх по наклонной плоскости представляет собой плоскопараллельное движение, которое описывается с применением теорем о движении центра масс и об изменении кинетического момента.

Уравнение движения центра масс барабана в проекции на ось *x*, направленную вверх по наклонной плоскости, имеет вид:

$$m\ddot{x}_C = F_1\cos 30° + F_2\cos 60° - G\cos 60° - F_{\text{сц}},$$

где x_C – координата центра масс барабана.

Применив теорему об изменении кинетического момента барабана относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости

движения и считая моменты сил положительными, если они создают вращение в сторону движущегося вверх барабана, выразим уравнение вращательного движения барабана вокруг оси z в виде:

$$J_{zC}\ddot{\varphi} = -F_1 R + F_2 r\cos 60° + F_{\text{сц}} r + M_1,$$

где φ – угол поворота барабана; J_{zC} – момент инерции барабана, $J_{zC} = mi_z^2$; i_z – радиус инерции. С учётом соотношения $\ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r}$ получим уравнение:

$$m\ddot{x}_C\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) = -F_1\left(\frac{R}{r} - \cos 30°\right) + 2F_2\cos 60° - G\cos 60° + \frac{M_1}{r}.$$

После подстановки данных задачи находим дифференциальное уравнение движения центра масс: $\ddot{x}_C = 0{,}6$. Дважды интегрируя его с нулевыми начальными условиями (так как движение началось из состояния покоя), находим закон движения центра масс: $x_C = 0{,}3t^2$ м. Из уравнения следует, что барабан движется в сторону положительного направления оси x.

Угловое ускорение барабана $\varepsilon = \ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r} = 3$ рад/с^2.

Задача 61. Механизм (рис. 5.21) включает в себя груз 1, каток 2 и ступенчатый барабан 3, соединённых нерастяжимыми нитями. Движение механизма происходит из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы

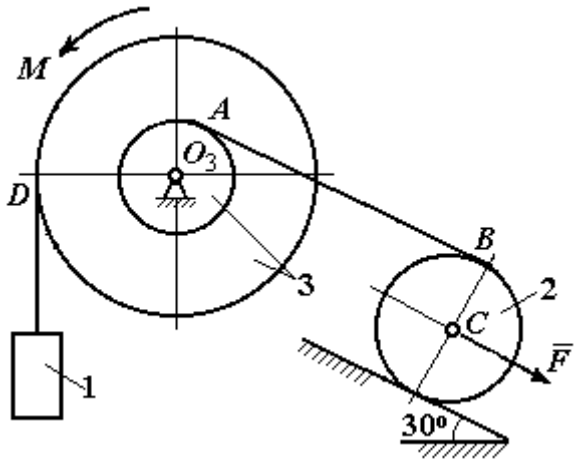


Рис. 5.21. Конструкция механической системы

$\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, и пары сил с моментом M, приложенной к барабану 3. Качение катка 2 по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту 30º происходит без проскальзывания.

Каток 2 считать однородным диском радиуса R_2. Радиусы ступеней барабана 3: R_3, r_3, радиус инерции барабана i_3.

Найти ускорение груза 1, силы натяжения нитей и динамическую реакцию шарнира барабана 3, если $P_1 = P_2 = 2P$; $P_3 = 3P$, $F = 3P$; $M = Pr$, $R_2 = 2r$; $R_3 = 3r$; $r_3 = r$; $i_3 = r\sqrt{3}$.

Решение

Рассмотрим движение каждого тела системы отдельно, предварительно освободив тела от связей и заменив их действие реакциями. На рис. 5.22 изображены силы, действующие на тела системы, после освобождения их от связей и направление движения каждого тела.

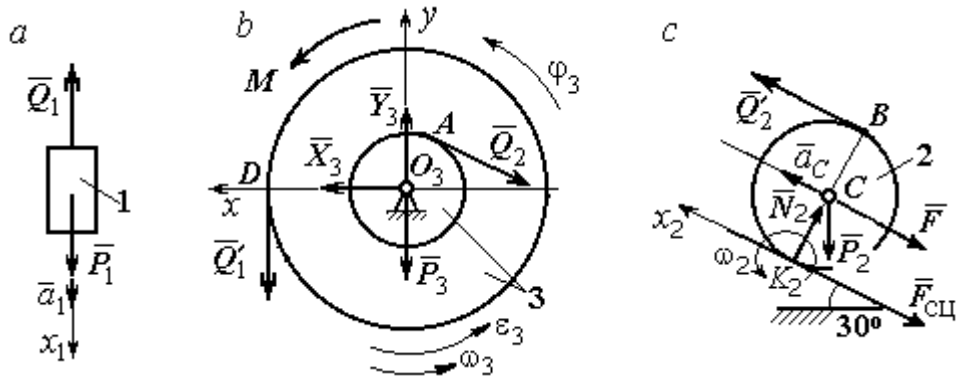


Рис. 5.22. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему

Допустим, груз движется вниз со скоростью V_1, ускорением a_1. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.22, *a*). Направим ось x_1 в сторону движения груза. Уравнение движения груза вдоль оси x_1 имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1 .$$

Барабан 3 вращается вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс O_3. На диск 3 действует сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника $\vec{R}_3$ (на

рис. 5.22, *b* показано разложение реакции на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$), пара сил с моментом *M* и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$.

При составлении уравнения вращательного движения барабана моменты сил относительно оси считаем положительными, если они создают поворот в сторону вращения барабана. Уравнение вращения барабана 3 имеет вид:

$$J_{zO_3}\varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1'R_3 + M - Q_2r_3 = Q_1'3r + Pr - Q_2r,$$

Момент инерции барабана относительно оси *z*: $J_{zO_3} = m_3i_3^2 = \dfrac{9Pr^2}{g}$;

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$, нормальная реакция $\vec{N}_2$ наклонной плоскости и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с поверхностью (рис. 5.22, *c*).

Выберем ось x_2 по направлению движения центра масс катка 2. Плоскопараллельное движение катка описывается уравнениями движения его центра масс в проекции на ось x_2 и вращения вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2\cos 60^\circ = Q_2' - 3P - F_{\text{сц}} - P;$$

$$J_C\varepsilon_2 = Q_2'R_2 + F_{\text{сц}}R_2 = Q_2'2r + F_{\text{сц}}2r,\ \ J_C = \frac{m_2R_2^2}{2}.$$

При составлении второго уравнения момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения катка.

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей между ускорениями точек и угловыми ускорениями тел. Предположим, скорость центра масс катка 2 равна V_C (см. рис. 5.22, *c*). Угловая скорость катка $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK_2} = \dfrac{V_C}{R_2}$, где CK_2 – расстояние от

центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей. Продифференцировав по времени последнее равенство, получим: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \dfrac{\dot{V}_C}{R_2} = \dfrac{a_C}{2r}$.

Скорость точки B катка 2 $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = 2V_C$. Приравняв скорость точки A к скорости точки B (см. рис. 5.21), получим: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \dfrac{2V_C}{r}$. После дифференцирования найдём: $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс катка 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда ускорение груза 1 $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения с учётом равенства модулей сил $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_1$, а также $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ получим систему:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1; \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}; \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

откуда находим: $a_C = 0{,}09g$, $Q_1 = 0{,}92P$, $Q_2 = 2{,}14P$.

Динамические реакции $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, действующие на ось вращающегося барабана 3 (рис. 5.22, *b*), определяются из уравнений, которые можно получить, формально применив к барабану теорему о движении центра масс. Так как центр масс барабана 3 неподвижен, его ускорение равно нулю, $a_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения его центра масс в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0;$$

$$m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0.$$

Подставляя значения $Q_1 = 0{,}92P$ и $Q_2 = 2{,}14P$, находим составляющие реакции оси барабана 3: $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ = 4{,}98P$.

Полная величина реакции оси барабана 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

Задача 62. Подъёмное устройство (рис. 5.23) состоит из однородного диска 1 массой m_1, радиусом r_1, ступенчатого диска 2 массой $m_2 = 3m_1$, радиусом $R_2 = 4r_1$ и радиусом ступеньки $r_2 = r_1$ и груза 3 массой $m_3 = 2m_1$. Система движется из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести и пары сил с моментом $M = m_1 g r_1$, приложенной к диску 1. Определить ускорение груза 3 и натяжение нити груза 3, если радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, походящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска 2, $i_{2C} = 2r_1$.

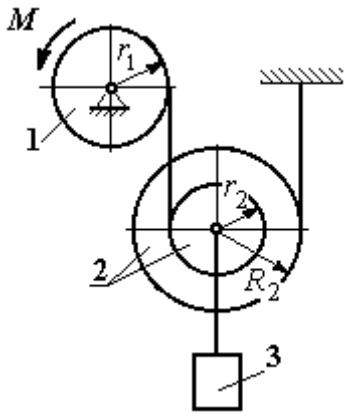


Рис. 5.23. Конструкция подъёмного устройства

Решение задачи осуществить с применением теоремы об изменении кинетической энергии системы и проверить его методом динамического расчёта, составляя уравнения движения тел, входящих в систему.

Решение

1. Для неизменяемой системы (состоящей из абсолютно твёрдых тел, соединённых нерастяжимыми нитями), движущейся из состояния покоя, теорема об изменении кинетической энергии на конечном перемещении имеет вид $T = \sum A(\vec{F}_k^e)$. Схема движения механизма в предположении, что груз 3 опускается, показана на рис. 5.24.

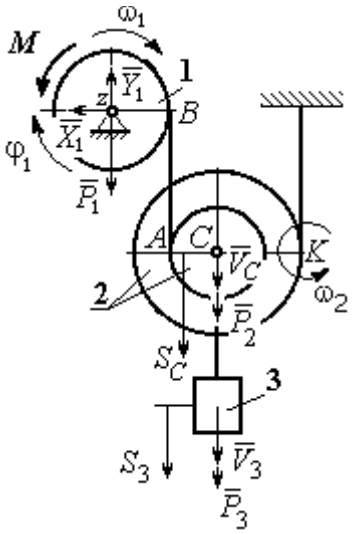


Рис. 5.24. Схема движения механизма

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси z. Кинетическая энергия диска 1: $T_1 = \dfrac{J_{1z}\omega_1^2}{2}$, где момент инерции диска $J_{1z} = \dfrac{m_1 r_1^2}{2}$.

У диска 2 плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия диска 2: $T_2 = \frac{m_2 V_C^2}{2} + \frac{J_{2C}\omega_2^2}{2}$, где V_C – скорость центра масс диска 2. Момент инерции диска 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно движению диска, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$.

Кинетическая энергия груза 3: $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2}$.

Энергия механизма равна сумме энергий тел, входящих в систему:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{J_{1z}\omega_1^2}{2} + \frac{m_2 V_C^2}{2} + \frac{J_{2C}\omega_2^2}{2} + \frac{m_3 V_3^2}{2}.$$

Выразим угловые скорости дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 через скорость груза 3.

Скорость центра масс диска 2 равна скорости груза 3, $V_C = V_3$. Угловая скорость диска 2 $\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_3}{R_2}$, где CK – расстояние от центра диска 2 до его мгновенного центра скоростей.

Скорость точки B нити равна скорости точки A. Из равенства $\omega_1 r_1 = \omega_2 (R_2 + r_2)$ найдём: $\omega_1 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\omega_2 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\frac{V_3}{R_2}$.

Подставляя найденные зависимости в выражение энергии системы, получим кинетическую энергию механизма:

$$T = \frac{V_3^2}{2}\left[\frac{m_1}{2}\left(1 + \frac{r_2}{R_2}\right)^2 + m_2\left(1 + \frac{i_{2C}^2}{R_2^2}\right) + m_3\right] = \frac{209}{64} m_1 V_3^2.$$

Во время движения механизма работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом M. Перемещения S_C и S_3 точек приложения сил $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и угол φ_1 поворота диска 1 показаны на рис. 5.24.

Сумма работ сил $\sum A(\vec{F}_k^e) = P_3S_3 + P_2S_C - M\varphi_1$. Работа момента отрицательная, так как заданное направление момента противоположно выбранному направлению вращения колеса 1.

Выразим перемещение центра масс диска 2 и угол поворота диска 1 через перемещение груза 3. Проинтегрировав равенство скоростей $V_3 = V_C$, получим равенство перемещений: $S_3 = S_C$. Аналогично, из равенства $\omega_1 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\frac{V_3}{R_2}$ следует соотношение $\varphi_1 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\frac{S_3}{R_2}$.

В итоге суммарная работа внешних сил в механизме:

$$\sum A(\vec{F}_k^e) = \left[P_3 + P_2 - M\frac{(r_2 + R_2)}{r_1 R_2} \right] S_3 = \frac{15}{4} m_1 g S_3 .$$

Составляя уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы, получим равенство:

$$\frac{209}{64} m_1 V_3^2 = \frac{15}{4} m_1 g S_3 \text{ или } V_3^2 = \frac{240}{209} g S_3 .$$

Продифференцируем последнее равенство. Получим: $2V_3\frac{dV_3}{dt} = \frac{240}{209} g \frac{dS_3}{dt}$.

Так как $\frac{dS_3}{dt} = V_3$, а $\frac{dV_3}{dt} = a_3$, находим ускорение груза 3: $a_3 = \frac{120}{209} g$ м/с^2.

Для того чтобы найти натяжение нити груза 3, необходимо написать уравнение его движения. Выделим груз 3 из системы, заменив действие нити её реакцией H_3. Выберем ось x по направлению движения груза. Применим к описанию движения груза теорему о движении центра масс, написав её проекцию на ось x: $m_3 a_3 = P_3 - H_3$, где H_3 –реакция нити. При известном ускорении a_3 находим реакцию нити $H_3 = \frac{178}{209} m_1 g$. Натяжение нити численно равно реакции, но направлено в противоположную сторону.

2. Для решения задачи вторым способом – путём составления уравнений движения тел, входящих в состав механизма, освободим тела от связей и заменим их реакциями. На рис. 5.25 изображены силы и реакции, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей, а также направления угловых ускорений тел и ускорения центров масс.

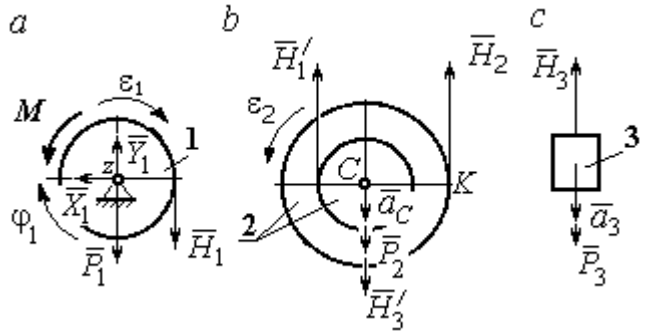


Рис. 5.25. Внешние силы и реакции связей, действующие на тела системы

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси *z*. На диск действует сила тяжести $\vec{P}_1$, реакция подшипника $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$, пара сил с моментом *M* и реакция нити $\vec{H}_1$. Вращение диска описывается уравнением: $J_{1z}\varepsilon_1 = \sum M_z(F_k) = H_1 r_1 - M$. Момент инерции диска 1 относительно оси *z*, $J_{1z} = \dfrac{m_1 r_1^2}{2}$.

Диск 2 (рис. 5.25, *b*) совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$ и реакции нитей $\vec{H}_1'$, $\vec{H}_2$ и $\vec{H}_3'$. Плоскопараллельное движение диска 2 описывается уравнением движения его центра масс в проекции на вертикальную ось и уравнением вращения диска вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2 a_C = P_2 - H_1' - H_2 + H_3'; \;\; J_{2C}\varepsilon_2 = H_2 R_2 - H_1' r_2 .$$

Момент инерции диска 2 $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$. При составлении уравнения вращательного движения диска 2 момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения диска.

Груз 3 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 5.25, *c*). Уравнение движения груза 3 в проекции на вертикальную ось, направленную в сторону его движения, имеет вид:

$$m_3 a_3 = P_3 - H_3 ,$$

Выразим угловые ускорения дисков 1 и 2 и ускорение центра масс диска 2 через ускорение груза 3. Для этого нужно продифференцировать соответствующие кинематические соотношения между скоростями. Так, из найденных ранее выражений: $V_3 = V_C$, $\omega_2 = \dfrac{V_3}{R_2}$, $\omega_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{V_3}{R_2}$ следует: $a_3 = a_C$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_3}{R_2}$, $\varepsilon_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{a_3}{R_2}$.

Подставляя кинематические соотношения между ускорениями в уравнения движения тел с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, а также $\vec{H}_3$ и $\vec{H}_3'$, получим систему уравнений, описывающих движение звеньев механизма:

$$\frac{5}{8}m_1 a_3 = H_1 - m_1 g;\ \ 3m_1 a_3 = 3m_1 g - H_1 - H_2 + H_3;$$

$$3m_1 a_3 = 4H_2 - H_1;\ \ 2m_1 a_3 = 2m_1 g - H_3.$$

Решая систему, найдём $a_3 = \dfrac{120}{209}g$ м/с^2, $H_3 = \dfrac{178}{209}m_1 g$. Выражения ускорения a_3 груза 3 и натяжения нити H_3 совпадают с аналогичными выражениями, полученными в пункте 1 при решении данной задачи с применением теоремы об изменении кинетической энергии.

Упражнения

Упражнение 5.5. Система состоит из двух катков 1 и 2, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.26). Каток 1 весом P, радиуса r. Каток 2 весом $2P$, радиуса $3r$ имеет цилиндрический выступ радиуса r. Невесомый стержень, параллельный плоскости качения катков, закреплён в центре катка 1 и передаёт движение катка 1 катку 2 в верхней точке вертикального диаметра цилиндрического выступа без проскальзывания. Качение катков без скольжения. К катку 1 приложена пара сил с моментом $M = 4Pr$. В центре масс катка 2 приложена сила $F = 2P$. Радиус инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр катка перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = r\sqrt{2}$. Найти ускорение центра масс катка 1 и реакцию стержня.

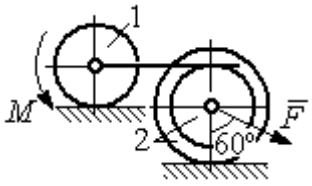


Рис. 5.26. Система катков

Упражнение 5.6. С помощью подъёмного устройства (рис. 5.27) производится подъём груза 1. Нить, закреплённая одним концом на неподвижной поверхности, спускается, охватывает снизу блок 2 массы $m_2 = m$, радиуса r, затем поднимается и проходит параллельно горизонтальной плоскости, где к концу её привязан груз 3 массы $m_3 = m$, передвигающийся по плоскости под действием силы $F = 2{,}5mg$. Нити, удерживающие блок 2, вертикальны. Груз 1 массы $m_1 = 3m$ прикреплён к оси блока 2. Найти ускорение груза 1 и натяжения нитей, удерживающих блок 2.

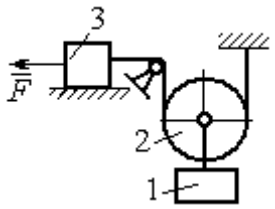


Рис. 5.27. Подъёмное устройство

Упражнение 5.7. Груз 1 массы $m_1 = m$, спускается вниз по наклонной плоскости без трения (рис. 5.28). Нить, прикреплённая к грузу 1, другим своим концом намотана на барабан катка 2 радиуса $R = 2r$ и при движении груза заставляет барабан катиться по горизонтальной поверхности цилиндрическим выступом радиуса r. Качение происходит без проскальзывания. К центру катка привязана другая нить, посредством которой каток тащит за собой груз 3 массы $m_3 = 2m$, скользящий по горизонтальной поверхности без трения. Масса катка $m_2 = 3m$, радиус инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения $i_2 = r\sqrt{3}$. По касательной к ободу катка 2 приложена сила $F = mg$ (точка приложения силы см. рис. 5.28). Определить ускорение груза 1 и натяжения нитей.

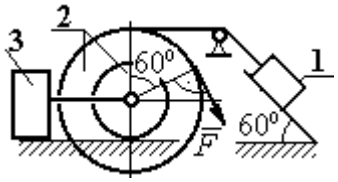


Рис. 5.28. Схема движения механической системы

6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ

6.1. Принцип Даламбера для системы

Силой инерции материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения. Направлен вектор силы инерции точки в сторону, противоположную ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где m – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

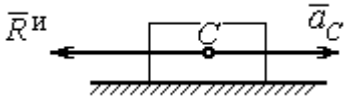


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

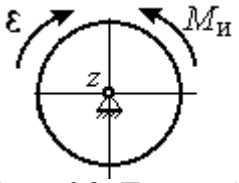


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При вращении тела вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции обращается в нуль. Главный момент $\vec{M}^{\text{и}}$, сил инерции относительно оси вращения равен по величине $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ε – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

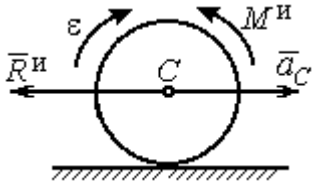


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением ε главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ равен по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению центра масс $\vec{a}_C$ (рис. 6.3). Главный момент сил инерции $\vec{M}^{\text{и}}$ относи-

тельно оси, проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения: $M^{и} = J_C\varepsilon$, где J_C – момент инерции тела относительно оси вращения, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению.

Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной.

Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия (метод кинетостатики):

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{и} = 0,\ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{и} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ –внешние силы, действующие на систему; $\vec{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$, $\vec{M}_O^{и}$ – моменты внешних сил и главный момент сил инерции относительно произвольного центра *O*.

Примеры решения задач на применение принципа Даламбера

Задача 63. Груз 1 массы m_1 = 10 кг спускается вниз по наклонной грани клина, образующей угол 60º с горизонтом, и посредством нити, переброшенной через блок 2, укреплённый в верхней точке клина, приводит в движение груз 3 массы m_3 = 5 кг (рис. 6.4). Клин *ABC* массы m_4 = 15 кг стоит гранью *AC* на горизонтальной гладкой поверхности и упирается в выступ *E*.

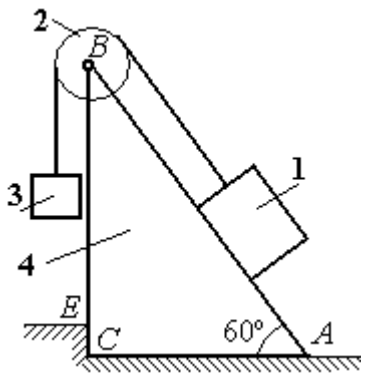


Рис. 6.4. Клин с грузами

Найти давление клина на выступ. Массой блока 2 и нити пренебречь.

Решение

Выберем систему, состоящую из клина *ABC*, блока 2, грузов 1 и 3 и нити, соединяющей грузы. Внешние силы, действующие на систему, – силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ и $\vec{P}_4$ грузов 1, 3 и клина 4, горизонтальная реакция $\vec{R}_x$ упора клина в вы-

ступ и вертикальная реакция $\vec{R}_y$ опоры на горизонтальную поверхность. Реакция нити, реакция опоры груза 1 на наклонную поверхность клина и реакция шарнира *B* блока 2 для данной системы являются внутренними.

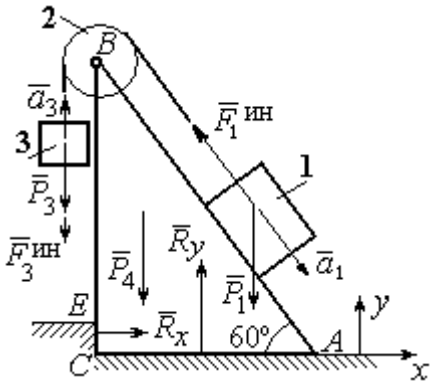


Рис. 6.5. Внешние силы и силы инерции, действующие на систему

Допустим, груз 1 движется вниз, груз 3 – вверх. Приложим силы инерции. Направления ускорений грузов и сил инерции показаны на рис. 6.5.

В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Условие равновесия: $\sum \vec{F}_k^e + \vec{F}_1^{ин} + \vec{F}_3^{ин} = 0$.

Выберем оси *xy,* как показано на рис. 6.5, и спроектируем векторное равенство на ось *x*. Получим: $R_x - F_1^{ин}\cos 60^\circ = 0$, где модуль силы инерции $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

Найдём ускорение груза 1. С этой целью рассмотрим отдельно движение грузов 1 и 3 (рис. 6.6 *a*, *b*).

Рассматривая груз 1 как отдельную систему, изобразим внешние силы: силу тяжести $\vec{P}_1$, реакцию нити $\vec{T}'$ и реакцию опоры $\vec{N}$ (см. рис. 6.6, *b*). Присоединим силу инерции $\vec{F}_1^{ин}$ и составим уравнение равновесия полученной системы сил в проекции на ось *x*, расположенную вдоль наклонной грани клина: $P_1 \sin 60^\circ - T' - F_1^{ин} = 0$, где $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

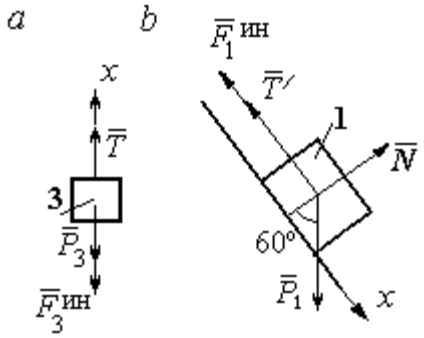


Рис. 6.6. Равновесие грузов

Для груза 3 внешними силами будут сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{T}$. Присоединим к грузу 3 силу инерции $\vec{F}_3^{ин}$ (см. рис. 6.6, *a*) и составим уравне-

ние равновесия системы сил в проекции на ось *x*, выбранную по направлению движения груза 3: $T - P_3 - F_3^{\text{ин}} = 0$, где модуль силы инерции $F_3^{\text{ин}} = m_3 a_3$.

Решая полученную систему с учётом, что модули реакций нити и модули ускорений грузов равны: $T = T'$ и $a_1 = a_3$, находим ускорение грузов. Получим: $a_1 = a_3 = \dfrac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)g}{m_1 + m_3}$. Тогда давление клина на уступ:

$$R_x = F_1^{\text{ин}} \cos 60^\circ = m_1 g \frac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)}{(m_1 + m_3)} \cos 60^\circ .$$

Подставляя данные из условия задачи, найдём R_x = 11,97 Н.

Задача 64. Для подъёма грузов используется лебёдка со ступенчатым воротом, изображённая на рис. 6.7. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота r_1 и r_2, радиус инерции барабана относительно оси вращения i_3. Лебёдка установлена на горизонтальной балке *AB*, которая закреплена в точке *A* на неподвижном цилиндрическом шарнире и опирается на каток в точке *B*. Груз 1 поднимается на верёвке, навитой на большую ступеньку ворота. На малой ступеньке барабана ворота закреплена другая верёвка, удерживающая противовес 2. К барабану лебёдки приложен постоянный вращающий момент $M_{\text{вр}}$.

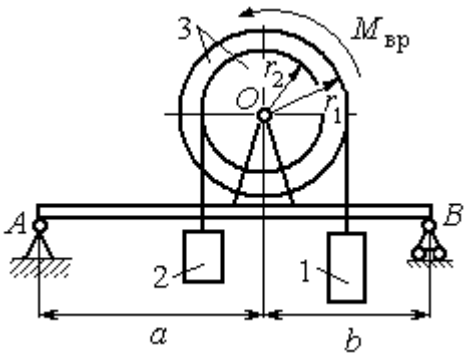


Рис. 6.7. Лебёдка на балке

Найти реакции опор балки во время движения груза, если радиусы ступенек барабана r_1 = 0,8 м, r_2 = 0,2 м, радиус инерции барабана относительно оси вращения i_3 =0,6 м, масса груза 1 m_1 = 100 кг, противовеса 2 m_2 =30 кг, масса барабана m_1 = 50 кг, величина вращающего момента $M_{\text{вр}}$ = 1050 Н·м, расстояния от крайних точек балки *A* и *B* до линии вертикального диаметра барабана *a* = 2 м, *b* = 1 м.

Решение

Выберем систему, включающую только барабан 3, грузы 1 и 2 и нити, связывающие грузы с барабаном (рис. 6.8). Внешние силы, действующие на эту систему, – пара сил, создающая вращающий момент $M_{\text{вр}}$, силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ грузов 1, 2 и барабана 3 и реакция $\vec{R}_O$ опоры барабана на шарнир в точке O. Натяжения нитей для данной системы являются внутренними и на рис. 6.8 не показаны.

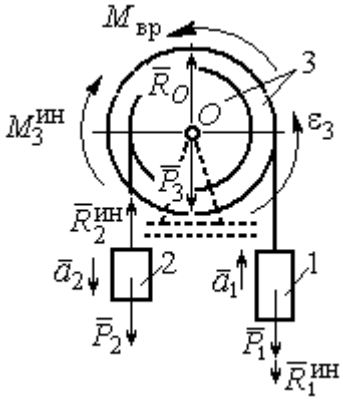


Рис. 6.8. Расчётная схема равновесия барабана

Приложим силы инерции. Направления главных векторов сил инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ и момента сил инерции $M_3^{\text{ин}}$ показаны на рис. 6.8.

Согласно принципу Даламбера, полученная система внешних сил и сил инерции является уравновешенной. Составим уравнения равновесия:

$$R_O + R_2^{\text{ин}} - P_2 - P_3 - P_1 - R_1^{\text{ин}} = 0;\ \ M_{\text{вр}} - M_3^{\text{ин}} - R_2^{\text{ин}} r_2 + P_2 r_2 - P_1 r_1 - R_1^{\text{ин}} r_1 = 0,$$

где $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$, $M_3^{\text{ин}} = J_{3O}\varepsilon_3$, $J_{3O} = m_3 i_3^2$.

Из второго уравнения с учётом кинематических соотношений: $\varepsilon_3 = \dfrac{a_1}{r_1}$ и $a_2 = \dfrac{r_2}{r_1} a_1$, найдём ускорение груза 1: $a_1 = \dfrac{r_1(M_{\text{вр}} + P_2 r_2 - P_1 r_1)}{m_3 i_3^2 + m_2 r_2^2 + m_1 r_1^2}$. Подставляя данные задачи, получим a_1 = 3,49 м/с^2.

Вычислим модули сил инерции $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$=349 Н; $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$ = 26,17 Н.

Подставляя модули сил инерции в первое уравнение условий равновесия, найдём реакцию опоры барабана на шарнир O:

$$R_O = -R_2^{\text{ин}} + P_2 + P_3 + P_1 + R_1^{\text{ин}} = 2088{,}63 \text{ Н}.$$

Для определения реакций опор балки AB выберем объектом равновесия саму балку (рис. 6.9). На балку действуют сила $\vec{R}'_O$ давления со стороны шарнира O, реакция шарнира в точке A (на рис. 6.9 разложенная на составляющие $\vec{R}_{Ax}$, $\vec{R}_{Ay}$) и реакция $\vec{R}_{By}$ опоры балки на шарнир в точке B. Составим уравнения равновесия балки:

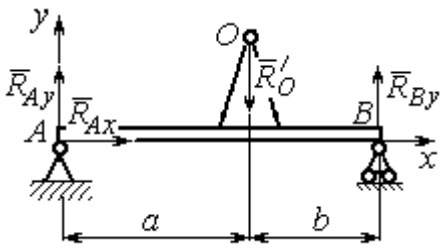


Рис. 6.9. Равновесие балки

$$\sum F_x = R_{Ax} = 0,\ \sum F_y = R_{Ay} - R'_O + R_{By} = 0,$$

$$\sum M_A(F) = R_{By}(a+b) - R'_O a = 0.$$

Решая систему с учётом того, что модули сил $\vec{R}'_O$ и $\vec{R}_O$ равны, найдём реакции опор балки: $R_{By} = R_O \dfrac{a}{a+b} = 1392{,}42$ Н; $R_{Ay} = R_O - R_{By} = 696{,}21$ Н.

Для сравнения реакции опор балки при неподвижном барабане $R_{By} = 1419{,}18$ Н, $R_{Ay} = 346{,}62$ Н.

Упражнение

Упражнение 6.1. Груз 1 соединён с грузом 2 нерастяжимой нитью, переброшенной через неподвижный блок (рис. 6.10). Опускаясь вниз, груз 2 перемещает груз 1 по горизонтальной поверхности призмы 3 без трения. Призма стоит на горизонтальной гладкой поверхности и упирается левым краем в выступ. Определить силу давления призмы на пол, если массы грузов 1, 2 и призмы 3 одинаковы и равны m. Массой нити и блока пренебречь.

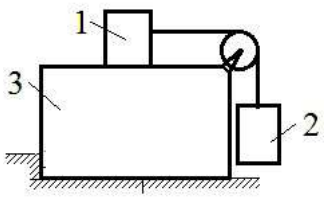


Рис. 6.10. Схема движения грузов в системе

6.2. Принцип возможных перемещений

Возможными перемещениями механической системы называют любую совокупность элементарных (бесконечно малых) перемещений точек системы из занимаемого в данный момент времени положения, которые допускаются всеми наложенными на систему связями.

Идеальными связями в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

Принцип возможных перемещений.

Если все приложенные к точкам системы внешние и внутренние силы разделить на **активные силы** и **реакции связей**, то для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма элементарных работ всех активных сил была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$.

Примеры решения задач на применение принципа возможных перемещений

Задача 65. В талевом механизме барабан 1 состоит из двух соосных жестко связанных валов (рис. 6.11). При поднятии груза верхний трос барабана 1 наматывается на вал большего радиуса R_1, нижний – сматывается с вала меньшего радиуса r_1.

Какой вращающий момент M, постоянный по величине, нужно приложить к барабану, чтобы уравновесить груз весом P, прикреплённый в центре блока 4. Массами блоков и троса пренебречь.

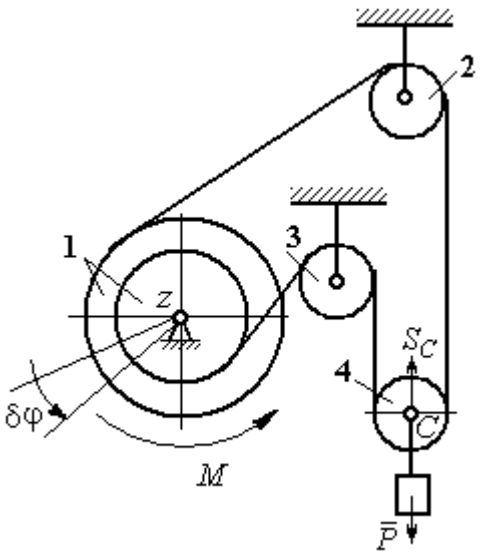


Рис. 6.11. Уравновешивание талевого механизма

Решение

Активными силами в системе являются сила тяжести груза $\vec{P}$ и уравновешивающий момент M. По принципу возможных перемещений для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A(M) + \delta A(\vec{P}) = 0, \text{ или } M\delta\varphi_1 - P\delta S_C = 0.$$

где $\delta\varphi_1$ и δS_C – возможные перемещения барабана и груза.

Найдём связь между перемещениями $\delta\varphi_1$ и δS_C. Предположим, в механизме осуществляется подъём груза. На рис. 6.12 показано построение мгновенного центра скоростей блока 4 – точки *K*. Здесь скорость точки *A* блока 4 (рис. 6.12) равна скорости точек обода малого вала барабана 1, а скорость точки *B* – скорости точек обода большого вала. Составим пропорцию $\frac{V_B}{V_A}=\frac{BK}{AK}=\frac{r_4+CK}{r_4-CK}$, где r_4 – радиус блока 4 (см. рис.6.12). Подставляя выражения для скоростей точек *A* и *B* $V_A=\omega_1 r_1$, $V_B=\omega_1 R_1$, найдём расстояние: $CK=\frac{(R_1-r_1)r_4}{R_1+r_1}$.

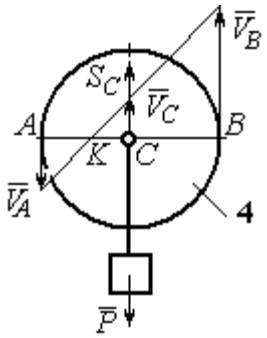


Рис. 6.12. Распределение скоростей точек блока 4

Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_B}{r_4+CK}=\frac{\omega_1(R_1+r_1)}{2r_4}$. Скорость его центра: $V_C=\omega_4\cdot CK=\frac{\omega_1(R_1-r_1)}{2}$. Выразим соотношение между скоростью точки *C* и угловой скоростью барабана 1 в дифференциальной форме: $dS_C=d\varphi_1\frac{(R_1-r_1)}{2}$. Поскольку действительное перемещение является одним из возможных (т. е. $ds=\delta s$, $d\varphi=\delta\varphi$), получим связь между возможными перемещениями барабана 1 и груза: $\delta S_C=\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}$.

Подставляя найденное соотношение в уравнение принципа возможных перемещений, представим его в окончательном виде: $M\delta\varphi_1-P\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}=0$, откуда найдём значение уравновешивающего момента: $M=\frac{P(R_1-r_1)}{2}$.

Задача 66. Брус 1 весом $P_1 = P$ лежит на цилиндрическом катке 2 и на блоке 3 одинаковых радиусов r, и одинакового веса $P_2 = P_3 = 2P$ (рис. 6.13). Каток 2 катится без проскальзывания по наклонной плоскости с углом наклона 30º к горизонту. Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси z и к нему приложена пара сил с моментом $M = Pr$. Каток и блок расположены так, что брус 1 параллелен наклонной плоскости.

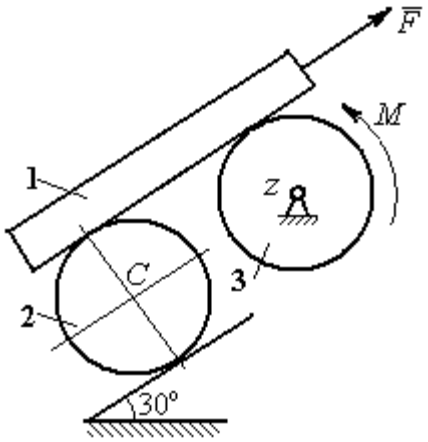


Рис. 6.13. Равновесие механической системы

Какую силу F, параллельную наклонной плоскости, нужно приложить к брусу 1, чтобы удержать его в равновесии. Скольжение между брусом и катком, брусом и блоком отсутствует.

Решение

Рассмотрим механизм, состоящий из бруса 1, катка 2 и блока 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ бруса, катка и блока, пара сил с моментом M, приложенная к блоку 3, и сила $\vec{F}$, приложенная к брусу. Связи в механизме идеальные, так как работа реакции $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на плоскость, работа силы $\vec{F}_{сц}$ сцепления катка с плоскостью и работа реакции шарнира блока 3 при любом перемещении системы равны нулю. Направления векторов сил в системе показаны на рис. 6.14.

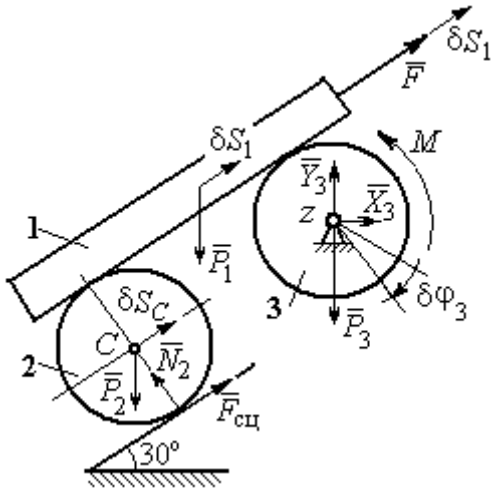


Рис. 6.14. Расчётная схема применения принципа возможных перемещений

Придадим системе возможное перемещение, сдвинув брус 1 на расстояние δS_1 вдоль линии действия силы $\vec{F}$, вверх по наклонной плоскости. Тогда

центр катка 2 переместится на расстояние δS_C, а блок 3 повернётся на элементарный угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.14).

Для определения условий равновесия применим к системе принцип возможных перемещений. Получим уравнение:

$$-P_1\delta S_1\cos 60^\circ - P_2\delta S_C\cos 60^\circ - M\delta\varphi_3 + F\delta S_1 = 0.$$

Выразим все перемещения через перемещение бруса δS_1. Допустим, скорость бруса равна V_1. Тогда $V_C = \frac{V_1}{2}$, и, следовательно, $\delta S_C = \frac{\delta S_1}{2}$.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \frac{V_1}{r}$, отсюда $\delta\varphi_3 = \frac{\delta S_1}{r}$.

Подставляя найденные соотношения в уравнение принципа возможных перемещений с учётом данных задачи, находим $F = 2P$.

Задача 67. Уравновешивание роликового катка 3 с противовесом 1 осуществляется с помощью пары сил с моментом *M*, приложенных к блоку 2. Каток состоит из двух соосных жестко связанных дисков (рис. 6.15) радиусов *r* и *R* = 2*r* с общей массой 3*m*. Масса груза 1 равна *m*. При движении каток катится без скольжения по вертикальной поверхности, касаясь её диском меньшего радиуса. Вертикальная пружина с закреплённым верхним концом своим нижним концом удерживает каток за центр масс. Жесткость пружины $c = mg / r$.

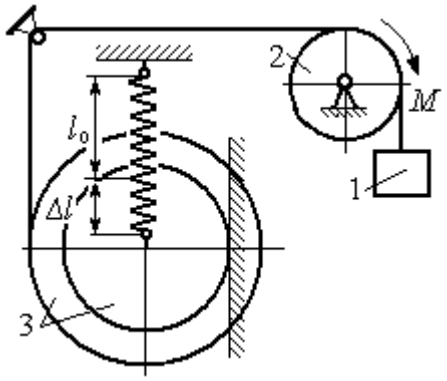


Рис. 6.15. Уравновешивание роликового катка

Какой величины уравновешивающий момент *M* приложен к блоку 2, если при равновесии катка пружина растянулась относительно недеформированного состояния на величину $\Delta l = r$.

Решение

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, блока 2 и катка 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ – груза, блока и катка, пара сил с моментом M, приложенная к блоку 2, и сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости пружины, приложенная к центру катка. Реакциями связей в механизме являются: сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления катка с плоскостью и реакция $\vec{R}_2$ шарнира блока 2. Реакция $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на вертикальную плоскость равна нулю (на рис. 6.16 не показана).

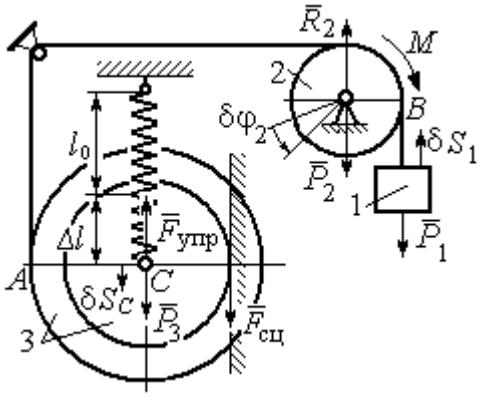


Рис. 6.16. Расчётная схема уравновешивания ролика

Допустим, система находится в равновесии. Дадим центру катка возможное перемещение δS_C, направленное вертикально вниз. При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$, а груз 1 получит бесконечно малое перемещение δS_1. Направления возможных перемещений показаны на рис. 6.16.

Составим уравнение принципа возможных перемещений:

$$P_3\delta S_C - F_{\text{упр}}\delta S_C + M\delta\varphi_2 - P_1\delta S_1 = 0,$$

где сила упругости в положении равновесия системы $F_{\text{упр}} = c\Delta l$.

Выразим перемещения $\delta\varphi_2$, δS_1 блока 2 и груза 1 через перемещение центра катка δS_C. Предположим, при возможном перемещении скорость центра масс катка равна V_C. Скорость груза 1 равна скорости точки A на ободе большого диска катка: $V_1 = V_A = \dfrac{R+r}{r}V_C$. Здесь учтено, что точка касания катка

с вертикальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r} = \dfrac{R+r}{r^2} V_C$.

Представляя кинематические соотношения в дифференциальном виде, получим необходимые связи между возможными перемещениями:

$$\delta S_1 = \frac{R+r}{r}\delta S_C = 3\delta S_C; \quad \delta\varphi_2 = \frac{R+r}{r^2}\delta S_C = \frac{3\delta S_C}{r}.$$

Окончательно уравнение принципа возможных перемещений выражается в виде: $P_3\delta S_C - c\Delta l\delta S_C + M\dfrac{3\delta S_C}{r} - P_1 3\delta S_C = 0$. Величина уравновешивающего момента $M = \dfrac{1}{3}mgr$.

Упражнения

Упражнение 6.2. Штамповка деталей осуществляется при помощи рычажного пресса (рис. 6.17). Найти соотношение между силой F, приложенной к внешнему рычагу, и силой Q, сжимающей деталь A вдоль центральной оси.

Длины рычагов a, b, c, d показаны на рис. 6.17.

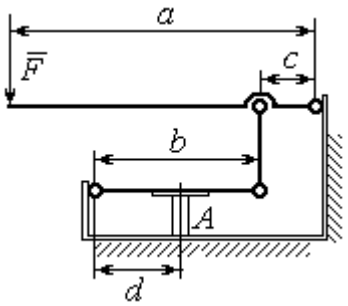


Рис. 6.17. Рычажный пресс

Упражнение 6.3. Конструкция состоит из двух валов, находящихся во внешнем зацеплении, и двух грузов, удерживающихся нитями, намотанными валы (рис. 6.18).

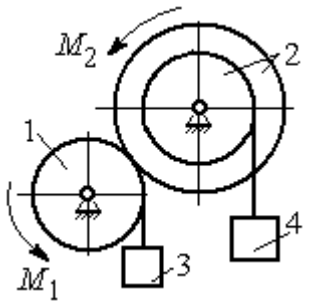


Рис. 6.18. Схема уравновешивания валов

Радиус вала 1 $R_1 = r$. Вал 2 состоит из двух барабанов, жестко скреплённых на одной оси. Радиусы барабанов: $R_2 = 3r$, $r_2 = r$.

Найти величину уравновешивающего момента M_2, приложенного к валу 2, если к валу 1 приложена пара сил с моментом $M_1 = 2Pr$, а грузы 3 и 4 одинакового веса P.

6.3. Общее уравнение динамики

При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0,$$

где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к точкам системы на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения.

Примеры решения задач на применение общего уравнения динамики

Задача 68. Механическая система включает груз 1, ступенчатый диск 2 (каток), катящийся ступенькой по неподвижному рельсу, и однородный диск 3 (блок), вращающийся вокруг неподвижной оси, соединённых нерастяжимыми нитями (рис. 6.19). Качение ступенчатого диска происходит без скольжения. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$ под углом 30° к горизонтальному направлению движения груза. К блоку 3 приложена пара сил с моментом M. Найти закон движения центра масс катка 2 и реакцию шарнира блока 3 в момент времени t = 1 с, если P_1= 10 Н; P_2 = 20 Н; P_3 = 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 3(1+2t)$ Н·м; R_2 = 0,8 м; r_2 = 0,2 м; R_3 = 0,4 м; момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, i_{2C} = 0,6 м.

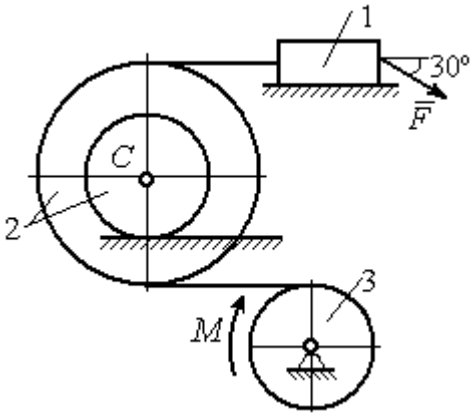


Рис. 6.19. Схема движения механической системы

Решение

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом M (рис. 6.20).

Реакциями связей являются нормальные реакции опор: $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$, сила сцепления катка 2 с неподвижной поверхностью $\vec{F}_{сц}$ и реакция шарнира O блока 3 (на рис. 6.20 реакция показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

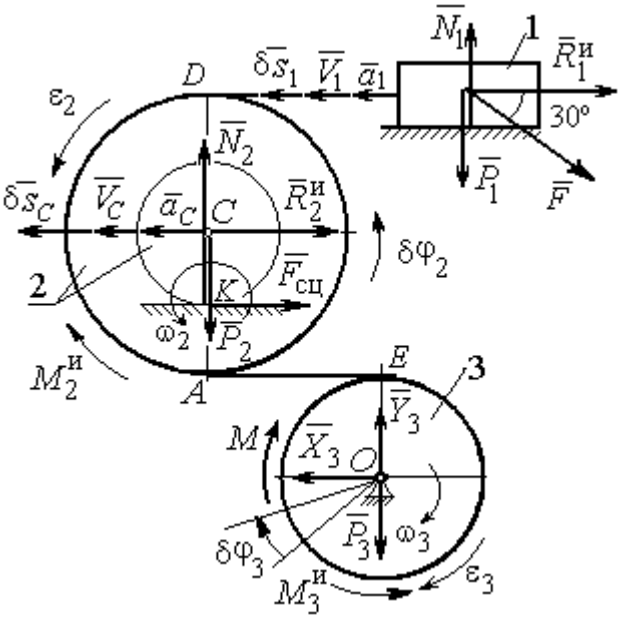


Рис. 6.20. Расчётная схема исследования движения механической системы

Предположим, система движется так, что блок 3 вращается с угловой скоростью ω_3 и угловым ускорением ε_3 в направлении поворота, создаваемого моментом M. Соответствующие направления скорости $\vec{V}_C$ и ускорения $\vec{a}_C$ центра масс катка 2, его угловой скорости ω_2 и ускорения ε_2, а также направление скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ груза 1 показаны на рис. 6.20.

Присоединим к телам системы силы инерции. Главные векторы $\vec{R}_1^{и}$, $\vec{R}_2^{и}$ сил инерции груза 1 и катка 2 приложены в центрах масс груза и катка и направлены в сторону, противоположную ускорениям $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_C$. Главные моменты $\vec{M}_2^{и}$, $\vec{M}_3^{и}$ сил инерции катка 2 и блока 3 направлены в сторону, противоположную угловым ускорениям ε_2 и ε_3.

Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.20.

Для механической системы с идеальными связями общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0 .$$

Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Здесь учтено, что в точке K находится мгновенный центр скоростей катка (см. рис. 6.20). Скорость точки E блока 3 равна скорости точки A катка 2 (см. рис. 6.20):

$$V_E = V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 (R_2 - r_2) = V_C \frac{R_2 - r_2}{r_2} .$$

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \dfrac{V_E}{R_3} = V_C \dfrac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}$.

Скорость груза 1 равна скорости точки D катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2 (R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} .$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} .$$

Если выразить скоростные кинематические соотношения в дифференциальном виде, то, полагая действительное перемещение возможным (т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$), получим соотношения между перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \ \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} .$$

Найдем элементарные работы активных сил.

Работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как перемещения точек приложения сил перпендикулярны векторам сил.

Работа силы тяжести блока 3 также равна нулю, поскольку точка прило-

жения силы тяжести блока 3 не перемещается:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0;\ \ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0;\ \delta A(\vec{P}_3) = 0.$$

Работу совершают только пара сил с моментом M и сила $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2};$$

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ.$$

В результате сумма элементарных работ активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) =$$

$$= M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g}\frac{(R_2 + r_2)}{r_2} a_C,\ \ R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g};$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2};$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{r_2} a_C,$$

где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; i_{2C} – радиус инерции катка; J_{3O} – осевой момент инерции блока 3, $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = -R_1^{\text{и}}\delta s_1 = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = -R_2^{\text{и}}\delta s_C = -\frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}}\delta\varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}}\delta\varphi_3 = -\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1(R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C -$$

$$-\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C = -52{,}75\, a_C \delta s_C, \text{ где } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2.$$

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид: $\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C \delta s_C = 0$, откуда найдём ускорение центра масс катка 2 как функцию времени:

$$a_C(t) = 0{,}02 + 0{,}45t.$$

Представляя ускорение a_C в виде второй производной координаты движения центра масс $a_C = \ddot{s}_C$, получим дифференциальное уравнение $\ddot{s}_C = 0{,}02 + 0{,}45t$. Дважды проинтегрировав это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения центра масс:

$$s_C = 0{,}01t^2 + 0{,}075t^3.$$

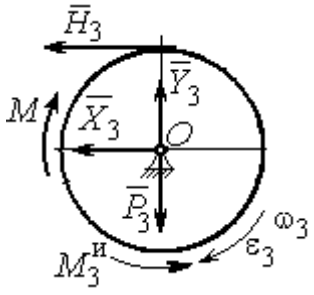


Рис. 6.21. Вращение блока 3

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом M и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 6.21). Присоединим к блоку 3 силы инерции. При вращательном движении блока вокруг оси, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции равен ну-

лю. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{и}}$ направлен в сторону, противоположную угловому ускорению блока 3.

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил относительно оси вращения: $M - H_3 R_3 - M_3^{\text{и}} = 0$, откуда найдём реакцию нити: $H_3 = \dfrac{M}{R_3} - \dfrac{M_3^{\text{и}}}{R_3}$. Подставляя в уравнение величину модуля главного момента сил инерции блока 3 $M_3^{\text{и}}(1) = 0{,}7$ Н·м и значение момента, приложенного к блоку 3, в момент времени $t = 1$ с, $M(1) = 9$ Н·м найдём реакцию нити $H_3(1) = 20{,}75$ Н.

Уравнения равновесия, составленные в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси (см. рис. 6.21), имеют вид:

$$X_3 + H_3 = 0,\ Y_3 - P_3 = 0.$$

Составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени $t = 1$ с: $X_3 = -20{,}75$ Н, $Y_3 = 15$ Н. Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 25{,}6$ Н.

Задача 69. Груз 2 весом P_2, поднимаемый лебёдкой (рис. 6 22), подвешен в центре подвижного блока 3 весом P_3. Нерастяжимая нить одним концом прицеплена к грузу 1 весом P_1, лежащему на наклонной плоскости. Другой конец, переброшенный через невесомый блок B, охватывает снизу подвижный блок 3 радиуса r и закреплён в вертикальном положении. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$, направленная вдоль наклонной плоскости.

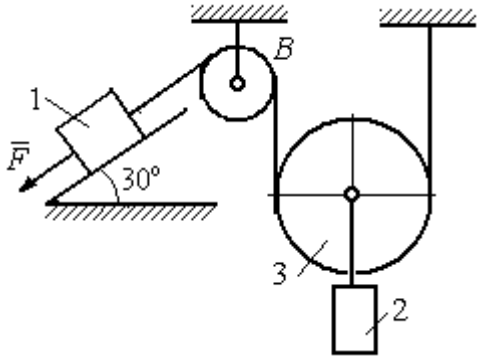


Рис. 6.22. Схема подъёмного устройства

Найти закон движения поднимаемого груза, если $P_1 = P_3 = P$, $P_2 = 3P$, $F = 2P$ и движение началось из состояния покоя.

Решение

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и сила $\vec{F}$ (рис. 6.23). Реакциями связей являются реакция шарнира блока *B* и реакция опоры груза 1 (на рис. 6.23 не показаны). Связи идеальные, так как работа реакций связей равна нулю.

Предположим, груз 1 спускается вниз по наклонной плоскости с ускорением a_1. Приложим к телам системы силы инерции. Главные вектора сил инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$ и $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ грузов 1 и 2, движущихся поступательно, приложены в центрах масс грузов и направлены противоположно векторам ускорений тел. Главный вектор $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ сил инерции блока 3 приложен в центре масс блока 3 и направлен противоположно вектору ускорения его центра масс. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{ин}}$ относительно оси, проходящей через центр масс блока 3 перпендикулярно плоскости движения, направлен в сторону, противоположную направлению углового ускорения блока 3, совпадающего с направлением углового движения. Направления главных векторов и главного момента сил инерции тел показаны на рис. 6.23.

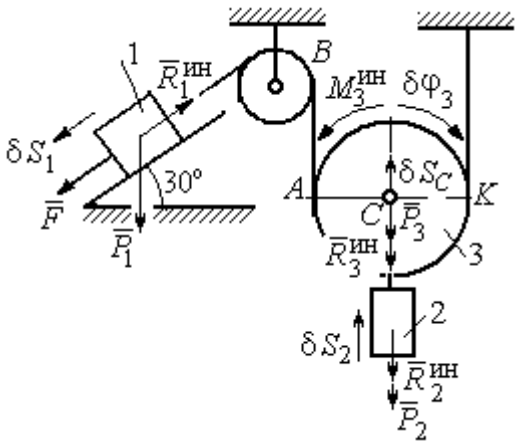


Рис.6.23. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 спустился вниз по наклонной плоскости на расстояние δS_1. В соответствии с приложенными в системе связями центр масс подвижного блока 2 и груз 2 переместились вверх на высоту δS_C, а сам блок повернулся на угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.23).

Составим общее уравнение динамики $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$. Получим

$$F\delta S_1 + P_1 \delta S_1 \cos 60° - P_2 \delta S_2 - P_3 \delta S_C -$$

$$- R_1^{\text{ин}} \delta S_1 - R_2^{\text{ин}} \delta S_C - R_3^{\text{ин}} \delta S_C - M_3^{\text{ин}} \delta \varphi_3 = 0,$$

где модули сил инерции $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$, $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_C$, $M_3^{\text{ин}} = \dfrac{m_3 r^2}{2} \varepsilon_3$.

Выразим перемещение δS_2 и ускорение a_2 груза 2, а также поворот $\delta \varphi_3$ и угловое ускорение ε_3 подвижного блока 3 через перемещение δS_1 и ускорение a_1 груза 1.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \dfrac{V_A}{AK} = \dfrac{V_1}{2r}$. Здесь учтено, что точка K блока 3 является его мгновенным центром скоростей. Тогда, элементарный поворот блока $\delta \varphi_3 = \dfrac{\delta S_1}{2r}$, а его угловое ускорение $\varepsilon_3 = \dfrac{a_1}{2r}$.

Скорость центра масс блока 3 и скорость груза 2: $V_2 = V_C = \dfrac{V_1}{2}$. Из этого равенства следует, что: $\delta S_2 = \delta S_C = \dfrac{\delta S_1}{2}$, $a_2 = a_C = \dfrac{a_1}{2}$.

Подставляя найденные соотношения в общее уравнение динамики с учётом данных задачи, окончательно получим уравнение: $\dfrac{1}{2} P \delta S_1 = \dfrac{17}{8g} P a_1 \delta S_1$. Отсюда $a_1 = \dfrac{4}{17} g = 0{,}23g$. Ускорение груза 2, $a_2 = \dfrac{a_1}{2} = 0{,}12g$.

Представим ускорение груза 2 в виде второй производной координаты его движения. Получим дифференциальное уравнение: $\ddot{S}_2 = 0{,}12g$. Дважды проинтегрировав его с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения груза: $S_2 = 0{,}06gt^2$.

Задача 70. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и $P_2 = 30$ Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки B и D и охватывает снизу подвижный блок 3 весом $P_3 = 40$ Н (рис. 6.24). Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом неподвижных блоков B и D пренебречь.

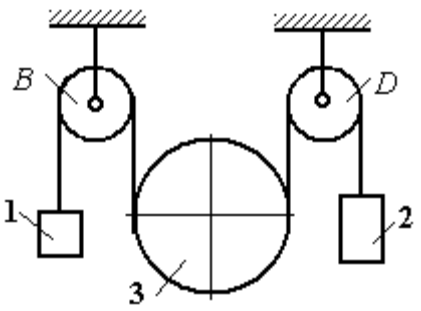


Рис. 6.24. Механическая система с двумя степенями свободы

Решение

В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ (рис. 6.25), а реакциями связей – реакции шарниров блоков B и D. Связи идеальные, так как оси вращения блоков B и D неподвижны.

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. Система имеет две степени свободы. В этом случае общее уравнение динамики необходимо составлять для каждого из независимых перемещений.

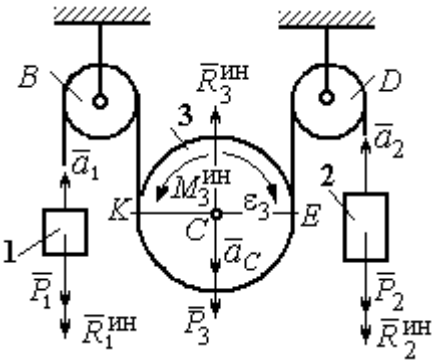


Рис.6.25. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Предположим, система движется так, что оба груза 1 и 2 равноускоренно перемещаются вверх. Скорости грузов $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, ускорения – $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$. Блок 3 опускается вниз с ускорением центра $\vec{a}_C$, вращается и имеет угловое ускорение ε_3, направленное по ходу часовой стрелки (см. рис. 6.25).

Приложим к телам системы силы инерции (см. рис. 6.25). Модули сил инерции: $R_1^{ин} = m_1 a_1$, $R_2^{ин} = m_2 a_2$, $R_3^{ин} = m_3 a_C$. Главный момент сил инерции блока 3 $M_3^{ин} = J_{3C}\varepsilon_3$, где осевой момент инерции $J_{3C} = \dfrac{m_3 r^2}{2}$. Направления векторов сил и моментов сил инерции показаны на рис. 6.25.

Для вычисления углового ускорения блока 3 воспользуемся векторным представлением ускорения точки при плоскопараллельном движении тела. Выберем точку K за полюс. Ускорение точки E определяется равенством $\vec{a}_E = \vec{a}_K + \vec{a}^{\,n}_{EK} + \vec{a}^{\,\tau}_{EK}$, где $\vec{a}_K$ – ускорение полюса K; $\vec{a}^{\,n}_{EK}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{EK}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки E при вращении блока 3 вокруг полюса K (рис. 6.26). Спроектируем векторное равенство на вертикальную ось $E\tau$. Получим: $a_{E\tau} = a_{K\tau} + a^{\tau}_{EK}$, где $a_{E\tau}$ и $a_{K\tau}$ – проекции ускорений точек E и K на вертикальную ось.

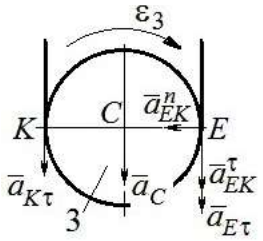


Рис. 6.26. Схема вычисления углового ускорения блока 3

Поскольку модуль ускорения точки K нити равен модулю ускорения груза 1, то $a_{K\tau} = a_1$. Модуль ускорения точки E нити равен модулю ускорения груза 2 и $a_{E\tau} = a_2$. Так как $a^{\tau}_{EK} = \varepsilon_3 AK = \varepsilon_3 2r$, то $\varepsilon_3 = \dfrac{a_{E\tau} - a_{K\tau}}{2r} = \dfrac{a_2 - a_1}{2r}$.

Составляя такое же векторное уравнение для определения ускорения центра масс блока 3 (точки C) и проектируя его на вертикальную ось, найдём:

$$a_C = a_{K\tau} + a^{\tau}_{CK} = a_1 + \varepsilon_3 r = \frac{a_2 + a_1}{2}.$$

Выберем в качестве независимых координат s_1, s_2 – положения грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных осей вращения блоков B и D. Возможные перемещения грузов обозначим δs_1 и δs_2.

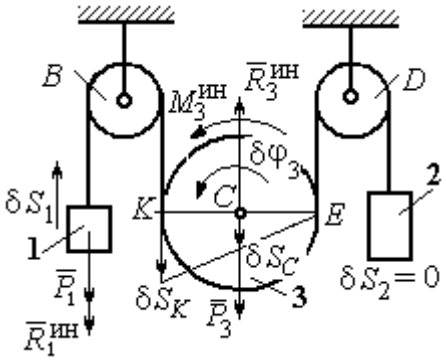


Рис.6.27. Движение системы при перемещении груза 1.

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 поднимается вверх на расстояние δs_1, а груз 2 – неподвижен. При таком движении нить, соединяющая груз 2 с блоком 3, неподвижна вплоть до точки E (рис. 6.27).

Вращение блока 3 происходит против направления хода часовой стрелки. Точка E является мгновенным центром скоростей блока 3, и угловая скорость блока $\omega_3 = \dfrac{V_K}{2r} = \dfrac{V_1}{2r}$. Скорость центра масс блока $V_C = \dfrac{1}{2}V_1$. Тогда элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \dfrac{\delta s_1}{2r}$ и элементарное перемещения центра масс $\delta s_C = \dfrac{1}{2}\delta s_1$.

На данном возможном перемещении работу совершают как активные силы – силы тяжести $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_3$ груза 1 и блока 3, так и силы инерции – $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ и пара сил инерции с моментом $M_3^{\text{ин}}$.

Составим общее уравнение динамики:

$$\sum \delta A\left(\vec{F}_k^{\text{акт}}\right) + \sum \delta A\left(\vec{R}_k^{\text{ин}}\right) = -P_1\delta s_1 + P_3\delta s_C - R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_C + M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = 0.$$

Здесь работа сил инерции

$$R_1^{\text{ин}}\delta s_1 = m_1 a_1 \delta s_1, \quad R_3^{\text{ин}}\delta s_C = m_3 a_C \delta s_C = \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1;$$

$$M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = J_{3C}\varepsilon_3\delta\varphi_3 = \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r}.$$

В результате общее уравнение динамики представляется выражением

$$-P_1\delta s_1 + \frac{1}{2}P_3\delta s_1 - \frac{P_1}{g}a_1\delta s_1 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1 + \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r} = 0,$$

которое преобразуется к виду:

$$(3P_3 + 8P_1)a_1 + P_3 a_2 = (4P_3 - 8P_1)g.$$

Дадим системе другое независимое возможное перемещение, при котором груз 2 движется вверх ($\delta s_2 \neq 0$), а груз 1 неподвижен ($\delta s_1 = 0$).

При этом перемещении нить, соединяющая груз 1 и блок 3 неподвижна вплоть до точки K (рис. 6.28). Вращение блока 3 происходит по направлению хода часовой стрелки. Точка K является мгновенным центром скоростей бло-

ка 3. Тогда $\omega_3 = \frac{V_E}{2r} = \frac{V_2}{2r}$ и скорость центра масс блока $V_C = \frac{1}{2}V_2$. Элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \frac{\delta s_2}{2r}$ и перемещение центра масс $\delta s_C = \delta s_E = \frac{1}{2}\delta s_2$.

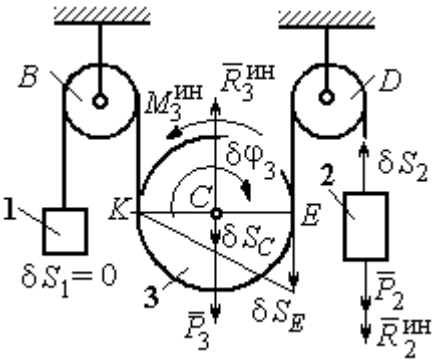


Рис. 6.28. Движение системы при перемещении груза 2

При таком движении работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$, силы инерции $\vec{R}_2^{ин}$, $\vec{R}_3^{ин}$ и пара сил с моментом $M_3^{ин}$.

Составим общее уравнение динамики на возможном перемещении δs_2 (см. рис. 6.28):

$$-P_2\delta s_2 - R_2^{ин}\delta s_2 + P_3\delta s_C - R_3^{ин}\delta s_C - M_3^{ин}\delta\varphi_3 = 0,$$

которое преобразуется к виду

$$-P_2\delta s_2 - \frac{P_2}{g}a_2\delta s_2 + \frac{1}{2}P_3\delta s_2 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1+a_2}{2}\right)\frac{1}{2}\delta s_2 - \frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{a_2-a_1}{2r}\right)\frac{\delta s_2}{2r} = 0$$

или к виду

$$(8P_2 + 3P_3)a_2 + P_3 a_1 = (4P_3 - 8P_2)g.$$

Подставляя данные задачи в оба уравнения динамики, соответствующие независимым перемещениям δs_1 и δs_2, получим систему уравнений:

$$7a_1 + a_2 = 0, \quad 2g + 9a_2 + a_1 = 0.$$

Решение системы: $a_1 = \frac{1}{31}g$, $a_2 = -\frac{7}{31}g$ представляет ускорения грузов 1 и 2. Ускорение центра масс блока 3 находится по формуле $a_C = \frac{a_1 + a_2}{2} = -\frac{3}{31}g$.

Знаки ускорений определяют направления движений тел: груз 1 движется в выбранном направлении – вверх, груз 2 – вниз, центр блока 3 – вверх.

Упражнения

Упражнение 6.4. В механической системе (рис. 6.29) блок 1 радиуса *r* и каток 2 соединены горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и катками отсутствует. Каток 2 состоит из двух шкивов радиусов *r* и *R* = 2*r*, скреплённых на одной оси. Каток катится, опираясь малым шкивом на горизонтальную поверхность, без проскальзывания. Груз 3 представляет собой поршень, двигающийся по горизонтальной поверхности без трения и прикреплённый к центру масс катка 2. К блоку 1 приложена пара сил с переменным моментом $M_{\text{вр}} = mgr\sin\omega t$.

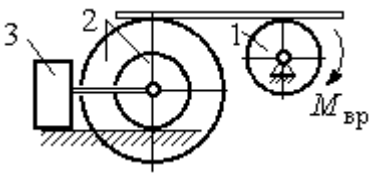


Рис. 6.29. Схема движения механической системы

Найти закон движения поршня 3, если массы грузов $m_1 = m_3 = m$, общая масса катка 2 $m_2 = 2m$, момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = 1{,}5r$. Движение началось из состояния покоя.

Упражнение 6.5. Груз 1, двигаясь горизонтально, приводит в движение ступенчатый барабан 2 посредством нерастяжимой нити, намотанной на его малую ступень (рис. 6.30). К барабану на нитях, намотанных на большую и малую ступеньки, подвешены два груза 3 и 4. На груз 1 действует сила $F = P(t+1)$. Определить закон движения груза 3, если веса грузов одинаковы и равны *P*, вес барабана 2 равен 2*P*, радиусы ступенек барабана *r* и 2*r*, радиус инерции барабана $i_2 = r\sqrt{2}$, и движение началось из состояния покоя.

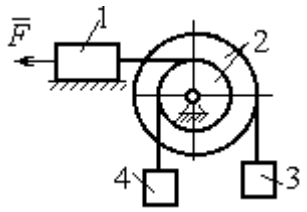


Рис. 6.30. Схема подъёмника

6.4. Уравнения Лагранжа II рода

Обобщенными координатами называется совокупность любых *s* независимых параметров $q_1, q_2, \ldots, q_S$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменятся на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_S$, называемые **вариациями обобщенных координат**, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде: $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_S$.

Величина Q_k, $k = 1, 2, \ldots, s$, равная коэффициенту при вариации δq_k обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k$, $k = 1,2,...,s$, где s – число степеней свободы системы; T – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, \ldots, q_s$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots, \dot{q}_s$ – обобщенные скорости.

Примеры решения задач на составление уравнений Лагранжа

Задача 71. В механизме домкрата (рис. 6.31) движение зубчатого колеса 1 передаётся шестерне 2, к которой соосно прикреплено зубчатое колесо 3, имеющее зацепление с зубчатой рейкой 4, на которой поднимается груз 5 массы m_5 = 50 кг.

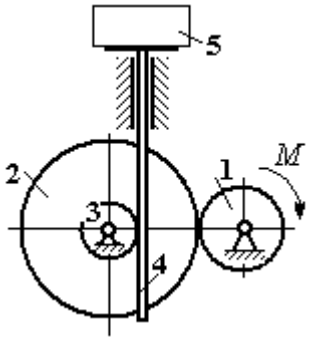


Рис. 6.31. Схема механизма домкрата

Радиусы зубчатых колёс r_1 = 5 см, r_2 = 12 см, r_3 = 6 см. Зубчатые колёса считать сплошными однородными дисками. Массы колёс m_1 = 0,8 кг, m_2 = 1,6 кг, m_3 = 0,6 кг, масса зубчатой рейки m_4 = 1 кг.

Какой величины постоянный вращающий момент нужно приложить к колесу 1 для того, чтобы в момент времени $t = 2$ с груз 5 имел скорость V_5 = 1 м/с, если движение системы начинается из состояния покоя.

Решение

Домкрат является механической системой с одной степенью свободы. Выберем в качестве обобщённой координаты координату *x*, отмечающую положение груза 5 (рис. 6.32).

Уравнение Лагранжа для обобщённой координаты *x* имеет вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где T – кинетическая энергия системы; $\dot{x}$ – обобщённая скорость; Q_x – обобщённая сила.

Кинетическая энергия колеса 1: $T_1=\frac{J_1\omega_1^2}{2}$, где ω_1 – угловая скорость колеса 1; J_1 – момент инерции колеса, $J_1=\frac{m_1 r_1^2}{2}$.

Кинетические энергии шестерни 2 и зубчатого колеса 3, у которых угловые скорости одинаковы, соответственно: $T_2=\frac{J_2\omega_2^2}{2}$, $T_3=\frac{J_3\omega_2^2}{2}$, где ω_2 – угловая скорость шестерни 2; J_2, J_3 – моменты инерции шестерни 2 и зубчатого колеса 3 относительно оси, проходящей через общий центр масс, $J_2=\frac{m_2 r_2^2}{2}$, $J_3=\frac{m_3 r_3^2}{2}$. Скорость груза 5 равна скорости зубчатой линейки $V_5=V_4$. Кинетическая энергия зубчатой линейки 4 и груза 5: $T_4=\frac{m_4 V_4^2}{2}$, $T_5=\frac{m_5 V_4^2}{2}$.

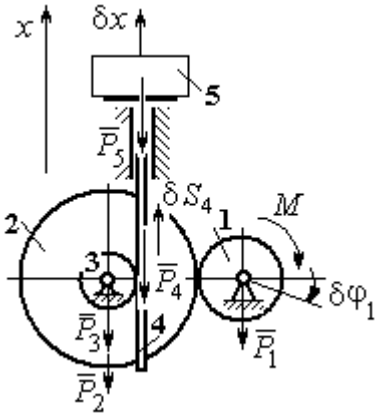


Рис. 6.32. Возможные перемещения звеньев механизма

Выразим угловые скорости колёс через скорость груза (зубчатой линейки).

Имеем: $\omega_2 = \omega_3 = \dfrac{V_4}{r_3}$ (см. рис. 6.32). Кроме того, из равенства $\omega_2 r_2 = \omega_1 r_1$ следует $\omega_1 = \dfrac{\omega_2 r_2}{r_1} = \dfrac{V_4 r_2}{r_1 r_3}$.

Подставляя полученные соотношения в выражения кинетических энергий тел и с учётом данных задачи, получим кинетическую энергию системы:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 =$$

$$= \frac{m_1 r_1^2}{4}\left(\frac{V_4 r_2}{r_1 r_3}\right)^2 + \frac{m_2 r_2^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3 r_3^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_4 V_4^2}{2} + \frac{m_5 V_4^2}{2} =$$

$$= \left[\frac{m_1 + m_2}{2}\left(\frac{r_2}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3}{2} + m_4 + m_5\right]\frac{V_4^2}{2} = 28{,}05\, V_4^2 = 28{,}05\, \dot{x}^2 .$$

Вычислим обобщённую силу.

Дадим возможное перемещение δx грузу 5. При этом линейка 4 переместится на расстояние δs_4, а зубчатое колесо 1 повернётся на угол $\delta\varphi_1$. Найдём сумму работ всех сил, приложенных к системе, на этом возможном перемещении. Получим: $\delta A = -P_5 \delta x - P_4 \delta s_4 + M \delta\varphi_1$. Работа сил тяжести зубчатых колёс $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ равна нулю, так как точки приложения этих сил неподвижны.

Из ранее полученных скоростных соотношений следуют равенства перемещений: $\delta s_4 = \delta x$, $\delta\varphi_1 = \dfrac{r_2}{r_1 r_3}\delta x$. В результате сумма работ сил на возможном перемещении системы выражается в виде $\delta A = \left(-m_5 g - m_4 g + M\dfrac{r_2}{r_1 r_3}\right)\delta x$. Отсюда обобщённая сила Q_x, соответствующая координате x: $Q_x = -(m_5 + m_4)g + M\dfrac{r_2}{r_1 r_3} = -500{,}31 + 40M$.

Составим уравнение Лагранжа.

С учётом, что $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 56{,}1\,\ddot{x}$ и $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$, дифференциальное уравнение движения имеет вид: $56{,}1\,\ddot{x} = -500{,}31+40M$ или $\ddot{x} = -8{,}92+0{,}71M$.

Интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон изменения скорости груза 5: $V_5 = \dot{x} = (-8{,}92+0{,}71M)t$.

По условию задачи при $t = 2$ с $V_5 = 1$ м/с. Подставляя эти данные в уравнение, получим: $M = 13{,}27$ Н·м.

Задача 72. Механическая система состоит из ступенчатого блока 2, катка 3, соединённых невесомым брусом 1, и невесомой пружины жесткостью c. Радиусы ступеней блока r и $R = 1{,}5r$, радиус катка 3 равен r. Брус, лежащий на катке 3 и блоке 2, во время движения остаётся параллельным линии качения катка 3 (рис. 6.33). В центре катка 3 приложена сила $\vec{F}$, направленная вверх параллельно наклонной плоскости, а к блоку 2 – пара сил с моментом M. Качение катка по неподвижной поверхности без скольжения. Проскальзывание между брусом 1 и дисками отсутствует. Передача движения пружины блоку 2 производится посредством невесомого жесткого вертикального стержня, прижатого к малой ступеньке блока без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси вращения $i_z = r\sqrt{2}$. Веса тел: $P_3 = P$, $P_2 = 2P$, приложенная сила $F = 2P$, момент $M = Pr$, жесткость пружины $c = P/r$.

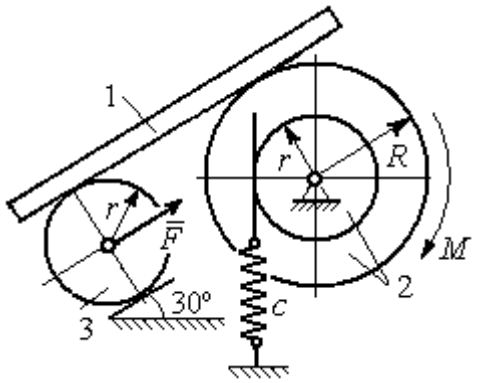


Рис. 6.33. Механическая система с одной степенью свободы

Определить закон угловых колебаний блока 2 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0 = 0{,}5$ рад/с в сторону вращения, создаваемого заданным моментом.

Решение

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.34) имеет одну степень свободы. В качестве обобщённой координаты q выберем перемещение x верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня недеформируемой пружины (см. рис. 6.34). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы, имеет вид $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где T – кинетическая энергия системы; Q_x – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате x.

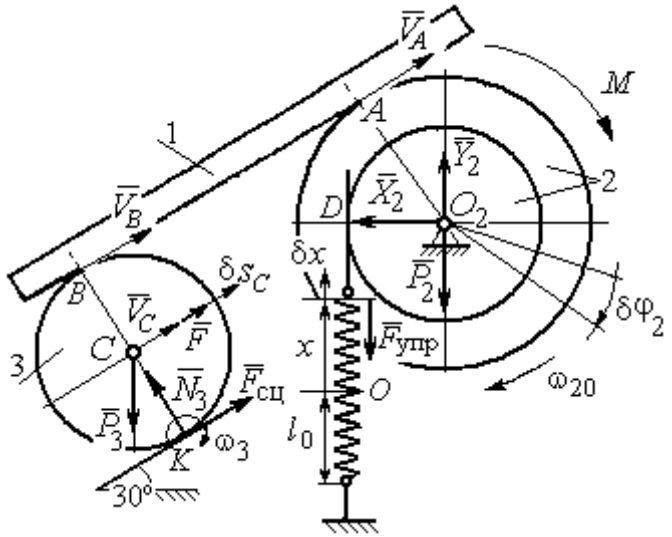


Рис. 6.34 Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Вычислим кинетическую энергию системы. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где ω_2 – угловая скорость блока; J_{2z} – момент инерции блока 2 относительно оси z, $J_{2z} = m_2 i_z^2$. Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где V_C, ω_3 – скорость центра масс катка 3 и его угловая скорость; J_{zC} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; r – радиус катка.

Выразим угловые скорости ω_2, ω_3, а также скорость V_C через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки D блока 2 равна скорости движения верхнего края пружины: $V_D = \dot{x}$ (см. рис. 6.34). Угловая скорость блока 2: $\omega_2 = \dfrac{V_D}{r} = \dfrac{\dot{x}}{r}$. Скорость точки A блока 2: $V_A = \omega_2 R = \dfrac{\dot{x}R}{r}$.

Так как брус совершает поступательное движение, то скорости точек A и B равны: $V_B = V_A$. Угловая скорость катка 3 (точка K касания катка 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей): $\omega_3 = \dfrac{V_B}{2r} = \dfrac{V_A}{2r} = \dfrac{\dot{x}R}{2r^2}$. Скорость центра катка 3: $V_C = \dfrac{V_B}{2} = \dfrac{\dot{x}R}{2r}$.

Подставляя найденные кинематические соотношения с учётом исходных данных задачи, получим кинетическую энергию тел системы:

$$T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} \left(r\sqrt{2}\right)^2 \left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2 = \frac{2P}{g} \dot{x}^2;$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2} \frac{Pr^2}{2g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r^2}\right)^2 = \frac{3P}{4g} \left(\frac{R}{2r}\right)^2 \dot{x}^2.$$

Полная кинетическая энергия системы:

$$T = T_2 + T_3 = \frac{P}{g} \left(2 + \frac{3}{4} \left(\frac{R}{2r}\right)^2\right) \dot{x}^2.$$

Найдём обобщённую силу. Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой x, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине в произвольном положении возможное (бесконечно малое) перемещение δx в положительном направлении оси x (см. рис. 6.34). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta x}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние $\delta s_C = \dfrac{R}{2r} \delta x$. На заданном перемещении системы работу совершают сила тяжести катка 3, пара сил с моментом M, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины.

Элементарная работа вращающего момента M: $\delta A(M) = M\delta\varphi_2 = M\dfrac{\delta x}{r}$.

Работа силы тяжести катка 3: $\delta A(\vec{P}_3) = P_3\delta s_C\cos 120^\circ = -P_3\dfrac{R}{4r}\delta x$.

Работа силы F: $\delta A(\vec{F}) = F\delta s_C = F\dfrac{R}{2r}\delta x$.

Модуль силы упругости пружины, растянутой из недеформированного положения на расстояние x: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.34). Её работа при перемещении δx вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}}\delta x\cos 180° = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи:

$$\delta A = M\frac{\delta x}{r} - P_3\frac{R}{4r}\delta x + F\frac{R}{2r}\delta x - cx\delta x = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P\left(\dfrac{17}{8} - \dfrac{x}{r}\right)$.

Вычислим необходимые производные кинетической энергии: $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = \dfrac{2P}{g}\left(2 + \dfrac{3}{4}\left(\dfrac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x}$, $\dfrac{\partial T}{\partial x} = 0$ и, подставляя их в общий вид уравнений Лагранжа, получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$\frac{2P}{g}\left(2 + \frac{3}{4}\left(\frac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x} = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right), \text{ или } \ddot{x} + 10{,}2x = 4{,}34 \text{ (здесь } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2\text{)}.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные; k – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{10{,}2}$ = 3,19 рад/с. Частное ре-

шение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим: $b = 0{,}42$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1 \sin 3{,}19t + C_2 \cos 3{,}19t + 0{,}42$.

Произвольные постоянные C_1, C_2 находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}42$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки D блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость $\omega_{20} = 0{,}5$ рад/с, то при $r = 0{,}2$ м $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Вычисляем скорость движения края пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 3{,}19 C_1 \cos 3{,}19t - 3{,}19 C_2 \sin 3{,}19t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}03$.

Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}03 \sin 3{,}19t - 0{,}42 \cos 3{,}19t + 0{,}42$ м. Уравнение колебательного движения блока 2: $\varphi_2 = \dfrac{x}{r} = 0{,}15 \sin 3{,}19t - 2{,}1 \cos 3{,}19t + 2{,}1$ рад.

Задача 73. Прямоугольная призма 3 весом $2P$ лежит на катке 1 радиуса r и веса P и опирается на невесомый блок 2 (рис. 6.35). Каток 1 катится по неподвижной горизонтальной поверхности без скольжения. По наклонной поверхности призмы скатывается без скольжения каток 4 весом P и радиуса r. Угол наклона поверхности призмы к горизонту составляет

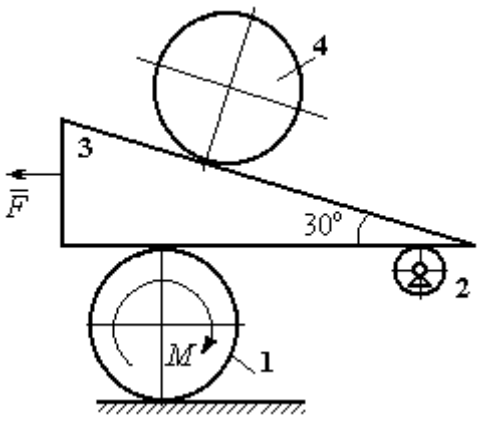


Рис. 6.35. Механическая система с двумя степенями свободы

30º. На каток 1 действует пара сил с постоянным моментом $M = 3Pr$, а на призму 3 – горизонтальная сила $\vec{F}$ с модулем $F = P$. Катки считать однородными дисками. Проскальзывание между катками 1, 4 и призмой отсутствует. В начальный момент система находилась в покое.

Определить закон движения призмы 3 и закон движения катка 4 относительно призмы.

Решение

Рассматриваемая механическая система – катки и призма имеет две степени свободы, так как перемещение катка 4 относительно призмы 3 не зависит от перемещения самой призмы и катка 1. За обобщенные координаты выберем перемещение x_4 центра масс катка 4 относительно края призмы и перемещение x_3 края призмы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.36). Обобщенные скорости: $\dot{x}_4$, $\dot{x}_3$.

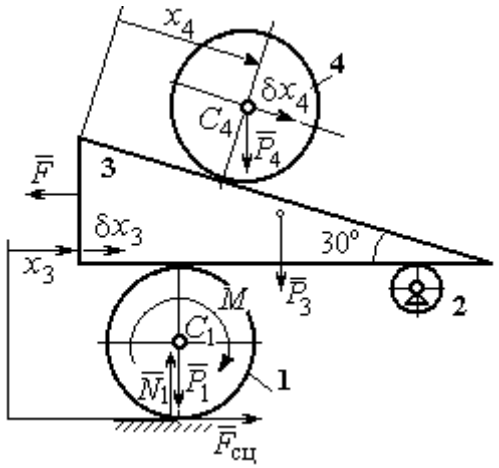


Рис. 6.36. Возможные перемещения механической системы

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы в обобщённых координатах:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_4} = Q_{x_4};$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_3} = Q_{x_3},$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_{x_4}, Q_{x_3} – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

Вычислим кинетическую энергию тел в системе.

Каток 1 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_{C_1}^2 + \frac{1}{2} J_{C_1} \omega_1^2$, где V_{C_1} – скорость центра масс катка, $V_{C_1} = \frac{1}{2}\dot{x}_3$; J_{C_1} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через центр масс

перпендикулярно плоскости движения, $J_{C_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; ω_1 – угловая скорость катка 1, $\omega_1 = \frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Призма 3 совершает поступательное движение со скоростью $V_3 = \dot{x}_3$. Её кинетическая энергия $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2} = \frac{m_3 \dot{x}_3^2}{2}$.

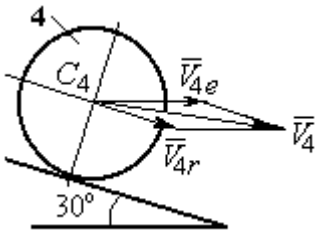


Рис. 6.37. Скорость центра масс катка 4

При расчёте кинетической энергии катка 4 по формуле $T_4 = \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2$ необходимо учитывать, что каток 4 совершает сложное движение. Здесь относительное движение катка – его качение по наклонной поверхности призмы, переносное – поступательное перемещение вместе с призмой.

Вектор абсолютной скорости центра масс катка 4 $\vec{V}_4$ представляется в виде суммы $\vec{V}_4 = \vec{V}_{4e} + \vec{V}_{4r}$ (рис. 6.37), где $\vec{V}_{4e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости призмы: $V_{4e} = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{4r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине $V_{4r} = \dot{x}_4$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 4 (по теореме косинусов):

$$V_4^2 = V_{4e}^2 + V_{4r}^2 - 2V_{4e}V_{4r}\cos 150^\circ = \dot{x}_3^2 + \dot{x}_4^2 + 2\dot{x}_3\dot{x}_4\cos 30^\circ .$$

Поскольку переносное движение катка 4 поступательное, угловая скорость катка ω_4 равна его угловой скорости в относительном движении $\omega_4 = \frac{V_{4r}}{r} = \frac{\dot{x}_4}{r}$.

В результате выражение кинетической энергии системы, в обобщённых скоростях имеет вид:

$$T = \frac{1}{2} m_1 V_{C_1}^2 + \frac{1}{2} J_{C_1} \omega_1^2 + \frac{1}{2} m_3 V_3^2 + \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2 =$$

$$= \frac{P}{2g}\left(\frac{27}{8}\dot{x}_3^2 + \frac{3}{2}\dot{x}_4^2 + \dot{x}_3\dot{x}_4\sqrt{3}\right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_3, оставляя координату x_4 без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_4 = 0$. При таком движении системы каток 4 не скатывается по призме, а движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести катков 1, 4 и призмы равна нулю, так как нет вертикального перемещения точек приложения этих сил. Работу на этом перемещении будет производить только сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом M, приложенная к катку 1. Суммарная элементарная работа

$$\delta A = -F\delta x_3 + M\delta\varphi_1 = \left(-F + \frac{M}{2r}\right)\delta x_3 .$$

Здесь учтено, что элементарный угол поворота катка 1 связан с перемещением призмы соотношением: $\delta\varphi_1 = \frac{\delta x_3}{2r}$. Отсюда обобщённая сила, соответствующая координате x_3: $Q_{x_3} = -F + \frac{M}{2r} = \frac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате x_4, оставляя координату x_3 без изменения: $\delta x_4 > 0, \delta x_3 = 0$. При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 4, который скатывается по наклонной поверхности призмы. При таком движении системы работу совершает только сила тяжести катка 4. Выражая элементарную работу $\delta A = P_4\delta x_4\cos 60^\circ = \frac{1}{2}P\delta x_4$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате x_4: $Q_{x_4} = \frac{1}{2}P$.

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим необходимые производные кинетической энергии

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{27P}{8g}\ddot{x}_3 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4;\ \ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right) = \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3;\ \ \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0,\ \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$$

Подставляя результаты расчётов в общий вид уравнений Лагранжа, получим систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{27P}{8g}\ddot{x}_3 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4 = \frac{1}{2}P, \quad \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3 = \frac{1}{2}P$$

или

$$6{,}75\ddot{x}_3 + 1{,}73\ddot{x}_4 = g; \quad 3\ddot{x}_4 + 1{,}73\ddot{x}_3 = g.$$

Решаем данную систему как алгебраическую относительно ускорений $\ddot{x}_3$, $\ddot{x}_4$. Получим: $\ddot{x}_3 = 0{,}07g$, $\ddot{x}_4 = 0{,}29g$.

Интегрируя дважды эти уравнения с нулевыми начальными условиями, получим закон движения призмы ($x_3 = 0{,}035gt^2$) и центра масс катка 4 относительно призмы ($x_4 = 0{,}145gt^2$). Движение призмы и катка 4 относительно призмы происходит в положительном направлении осей.

Задача 74. Механическая система состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3 (рис. 6.38). Невесомый стержень, соединяющий каток 2 с блоком 3, параллелен горизонтальной плоскости качения катка 2. К центру катка 2 прикреплена горизонтальная пружина, другой конец которой соединён с грузом 1. Коэффициент жесткости пружины *c*. Груз 1 весом P_1 движется без трения по горизонтальной поверхности. Каток 2 весом P_2 катится по горизонтальной поверхности без скольжения. Радиус катка 2 равен *r*. Блок 3 считать однородным диском весом P_3 радиуса *R*. К блоку 3 приложена пара сил с моментом *M*. Движение катка 2 блоку 3 передаётся горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует. В начальный момент система находилась в покое. При этом груз 1 находился в положении, при котором

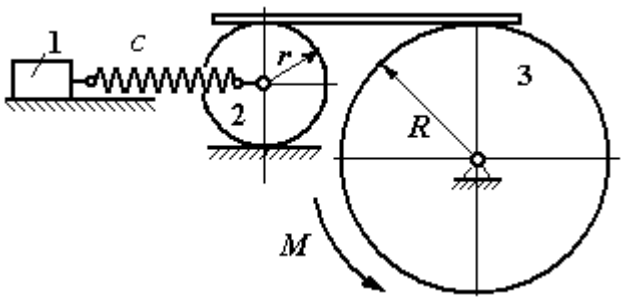


Рис. 6.38. Колебания механической системы с двумя степенями свободы

пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на величину Δl_0.

Найти закон абсолютного движения груза 1, если известно P_1 = 10 Н, P_2 = 20 Н, P_3 = 30 Н, M = 5 Н·м, R = 24 см, c = 207 Н/м, Δl_0 = 5 см.

Решение

Рассматриваемая механическая система имеет две степени свободы. В качестве обобщенных координат выберем удлинение пружины x_1 относительно недеформированного состояния и угол φ_3 поворота блока 3 (рис. 6.39). При этом x_1 является относительной координатой движения груза, а φ_3 – абсолютной координатой вращения блока 3.

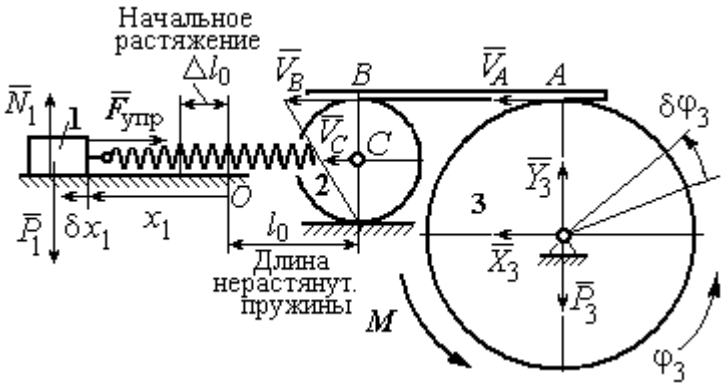


Рис. 6.39. Расчётная схема колебаний механической системы

Рассмотрим сложное движение груза 1. Относительное движение груза – это его движение на пружине в предположении, что точка крепления пружины неподвижна. Относительная скорость $V_{1r} = \dot{x}_1$. Переносное движение – это перемещение груза вместе с фиксированной длиной пружины (иначе, заменяя пружину жестким стержнем). Переносная скорость груза 1 $V_{1e} = V_C$, где V_C – скорость центра масс катка 2.

На рис. 6.39 показано распределение скоростей точек катка 2, откуда следует: $V_C = \frac{1}{2} V_B$. Имеем: $V_B = V_A = \omega_3 R = \dot{\varphi}_3 R$ и $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Для того чтобы найти модуль абсолютной скорости груза 1, спроектируем векторное равенство теоремы сложения скоростей $\vec{V}_1 = \vec{V}_{1r} + \vec{V}_{1e}$ на горизон-

тальную ось. Полагая, что движение системы происходит в положительном направлении отсчета обобщённых координат, получим: $V_1 = \dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_1} = Q_x, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = Q_\varphi,$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_x, Q_φ – обобщенные силы, соответствующие обобщенным координатам x_1 и φ_3.

Вычислим кинетическую энергию системы и выразим её через обобщённые скорости.

Кинетическая энергия поступательного движения груза 1 определяется выражением $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где V_1 следует рассматривать как абсолютную скорость груза. Тогда $T_1 = \frac{1}{2} m_1 \left(\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R\right)^2$. Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3}{4} m_2 V_C^2$, причём $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$. Тогда $T_2 = \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2$. Кинетическая энергия вращающегося блока 3: $T_3 = \frac{1}{2} J_{3z} \omega_3^2$, где J_{3z} – осевой момент инерции блока 3, $J_{3z} = \frac{m_3 R^2}{2}$. Окончательно $T_3 = \frac{1}{4} m_3 \dot{\varphi}_3^2 R^2$.

Кинетическая энергия системы имеет вид:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{1}{2} m_1 (\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R)^2 + \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2 + \frac{m_3 R^2}{4} \dot{\varphi}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1 \dot{\varphi}_3 R + \left(\frac{1}{8} m_1 + \frac{3}{16} m_2 + \frac{1}{4} m_3\right) \dot{\varphi}_3^2 R^2.$$

Дадим системе возможное перемещение, при котором изменяется координата груза x_1 ($\delta x_1 > 0$), а другая координата – угол поворота блока 3 φ_3 остаётся постоянной ($\delta\varphi_3 = 0$). В этом случае груз 1 движется горизонтально, блок 3 и каток 2 – неподвижны. При таком движении работу будет производить только упругая сила пружины.

Модуль силы упругости пружины пропорционален её растяжению и в произвольном положении груза равен: $F_{\text{упр}} = c\Delta\ell = cx_1$. Направление силы упругости противоположно растяжению (см. рис. 6.39).

Сумма элементарных работ сил на заданном перемещении системы δx_1: $\delta A = -F_{\text{упр}}\delta x_1 = -cx_1\delta x_1$. Отсюда обобщенная сила Q_x, соответствующая координате x_1: $Q_x = -cx_1 = -207x_1$ Н.

Дадим системе другое возможное перемещение, при котором пружина не растягивается: $\delta x_1 = 0$, а блок 3 повернулся на угол $\delta\varphi_3$: $\delta\varphi_3 > 0$. В этом случае пружина рассматривается как жёсткий стержень, связывающий груз 1 с центром масс катка 2. В результате при повороте блока 3 груз 1 и точка *C* движутся одинаково в горизонтальном направлении. На этом перемещении системы работу совершает только пара сил с моментом *M*, приложенная к блоку 3. Имеем $\delta A = M\delta\varphi_3$, и, следовательно, обобщённая сила $Q_\varphi = M = 5$ Н·м.

Составим уравнения Лагранжа, для чего вычислим производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям и координатам:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = m_1\dot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\dot{\varphi}_3;\ \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} = \frac{1}{2}m_1R\dot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\dot{\varphi}_3R^2;$$

$$\frac{\partial T}{\partial x_1} = 0,\ \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = 0.$$

Полные производные по времени:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) = m_1\ddot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\ddot{\varphi}_3;\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) = \frac{1}{2}m_1R\ddot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\ddot{\varphi}_3R^2.$$

Приравнивая полные производные обобщённым силам, получим уравнения Лагранжа окончательно в виде системы алгебраических уравнений относительно ускорений $\ddot{x}_1$ и $\ddot{\varphi}_3$:

$$1{,}02\ddot{x}_1 + 0{,}12\ddot{\varphi}_3 = -207x_1;\ \ 0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5.$$

Разрешая систему относительно ускорения $\ddot{x}_1$, получим уравнение относительных колебаний груза:

$$\ddot{x}_1 + 225x_1 = -4{,}35\,.$$

Решение линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x_1 = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$.

Общее решение однородного уравнения $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные; k – круговая частота собственных колебаний груза 1, $k = \sqrt{225} = 15$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим: $b = -0{,}02$.

Таким образом, общее решение неоднородного уравнения

$$x_1(t) = C_1\sin 15t + C_2\cos 15t - 0{,}02\,.$$

Начальная координата x_{01} груза 1 определяется из условия, что в начальный момент времени при $t = 0$ груз находился в положении, при котором пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на расстояние $\Delta l_0 = 0{,}05$ м. Следовательно, $x_{01} = 0{,}05$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим: $C_2 = 0{,}07$.

Относительная скорость груза 1 в любой момент времени: $\dot{x}_1(t) = C_1 15\cos 15t - C_2 15\sin 15t$. По условию задачи начальная скорость груза 1

$\dot{x}_1(0) = 0$. После подстановки начального условия в выражение для скорости груза 1 получим: $C_1 = 0$.

Окончательно уравнение относительного движения груза 1:

$$x_1(t) = 0{,}07\cos 15t - 0{,}02 \text{ м}.$$

Найдём уравнение вращательного движения блока 3. Для этого в дифференциальное уравнение $0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5$ подставим значение второй производной решения относительных колебаний груза 1. Получим: $\ddot{\varphi}_3 = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$. Полагая $\ddot{\varphi}_3 = \dfrac{d\omega_3}{dt}$, получим дифференциальное уравнение первого порядка: $\dfrac{d\omega_3}{dt} = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$, откуда найдём угловую скорость блока 3: $\omega_3 = 33{,}33t + 0{,}84\sin 15t + C_3$.

Аналогично, положив $\omega_3 = \dfrac{d\varphi_3}{dt}$, найдём закон вращательного движения блока 3: $\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + C_3 t + C_4$.

Начальные условия движения блока: при $t = 0$, $\varphi_3(0) = 0$, $\omega_3(0) = 0$. Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_4 = 0{,}056$, $C_3 = 0$.

Окончательно уравнение вращательного движения блока 3:

$$\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + 0{,}056.$$

Абсолютное движение s_1 груза 1 представляется суммой относительного и переносного движений:

$$s_1 = x_1 + S_C = x_1 + \frac{1}{2}R\varphi_3 = 2t^2 - 0{,}06\cos 15t - 0{,}01.$$

Упражнения

Упражнение 6.6. Каток весом $P_1 = 2P$, радиуса r, движущийся без проскальзывания по вертикальной стене, удерживается вертикальной пружиной жесткостью $C = 4P / r$, прикреплённой одним концом к центру катка, другим – к неподвижной поверхности (рис. 6.40). К нити, намотанной на барабан катка, подвешен груз 2 весом $P_2 = P$. На груз действует сила $F = P$, к катку приложена пара сил с моментом $M = Pr$.

Найти закон движения груза 2 и максимальное растяжение пружины, если движение системы началось из состояния покоя при недеформированной пружине.

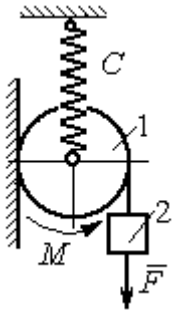


Рис. 6.40. Схема движения катка

Упражнение 6.7. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и $P_2 = 30$ Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки B и D и охватывает снизу подвижный блок 3 весом $P_3 = 40$ Н (рис. 6.41).

Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом нити и неподвижных блоков B и D пренебречь.

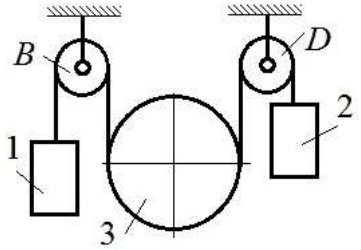


Рис. 6.41. Механическая система с двумя степенями свободы

Упражнение 6.8. Каток 1, радиуса r весом P катится по горизонтальной поверхности. К катку приложена пара сил с моментом $M = 2Pr$. Каток передаёт движение невесомой тележке (см. рис. 6.42). В кузове тележки находится каток 2 такого же радиуса r и веса P, который движется по горизонтальной поверхности кузова под действием силы $F = P$, приложенной в центре катка. Найти закон движения центра катка 2 относительно тележки, если движение системы началось из состояния покоя.

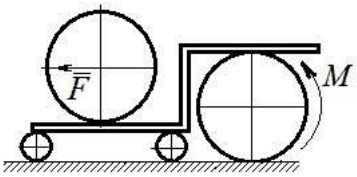


Рис. 6 42. Движение катка в кузове тележки

7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

7.1. Ответы к упражнениям главы 1

1.1

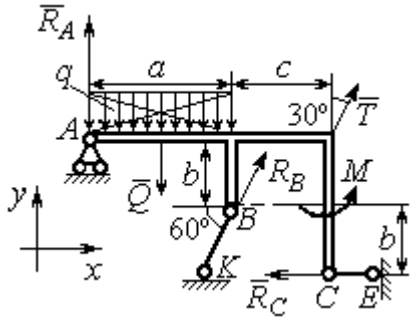


Рис. 7.1. Расчётная схема к упражнению 1.1

$$T = 15 \text{ кН}, \quad Q = 15 \text{ кН}.$$

$$R_B\cos 60^\circ + T\cos 60^\circ - R_C = 0;$$

$$R_A - Q + R_B\cos 30^\circ + T\cos 30^\circ = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{a}{2} + R_B\cos 30^\circ\cdot a + R_B\cos 60^\circ\cdot b + T\cos 30^\circ\cdot(a+c) +$$

$$+ M - R_C\cdot 2b = 0.$$

$$R_B = -3{,}8 \text{ кН}, \quad R_C = 5{,}6 \text{ кН}, \quad R_A = 5{,}3 \text{ кН}.$$

1.2

$Q = 9$ кН. $T = 2$ кН.

$$X_A + T\cos 30^\circ + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60^\circ + R_B - T\cos 60^\circ - F = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{c}{2} + R_B(b + c\cos 60^\circ) - Fc\cos 60^\circ + M -$$

$$-T\cos 60^\circ(b + c\cos 60^\circ) - T\cos 30^\circ(a + c\sin 60^\circ) = 0.$$

$R_B = 10{,}02$ кН, $X_A = -9{,}53$ кН, $Y_A = -0{,}52$ кН.

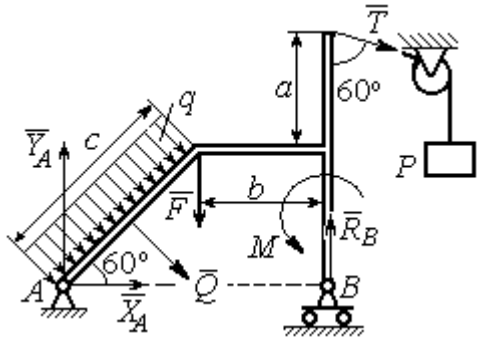


Рис. 7.2. Расчётная схема к упражнению 1.2

1.3

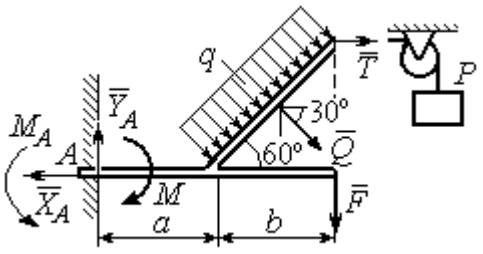


Рис. 7.3. Расчётная схема к упражнению 1.3

$Q = 8$ кН. $T = 3$ кН.

$$-X_A + T + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60° - F = 0;$$

$$-T2b\cos 30° - F(a+b) + M_A - M -$$

$$-Q\cos 60°\left(a + \frac{b}{2}\right) - Q\cos 30^\circ\left(b\cos 30^\circ\right) = 0.$$

$M_A = 18{,}61$ кН·м, $X_A = 9{,}93$ кН, $Y_A = 6$ кН.

1.4

$Q = 6{,}93$ кН, $T = 2$ кН.

$$-X_B - T + Q\cos 30^\circ + F\cos 60^\circ = 0;$$

$$R_A - Q\cos 60^\circ + Y_B - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$-\frac{Qa}{2\cos 30^\circ} + Y_B\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + Ta - Fa\cos 60^\circ -$$

$$-F\cos 30^\circ\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + M = 0.$$

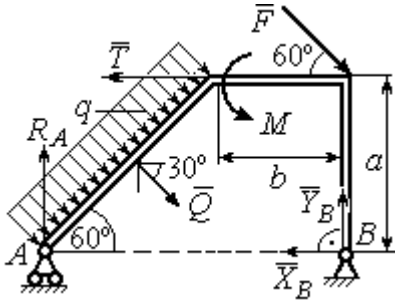


Рис.7.4. Расчётная схема к упражнению 1.4

$R_A = 0{,}72$ кН, $X_B = -5{,}5$ кН, $Y_B = 5{,}34$ кН.

1.5

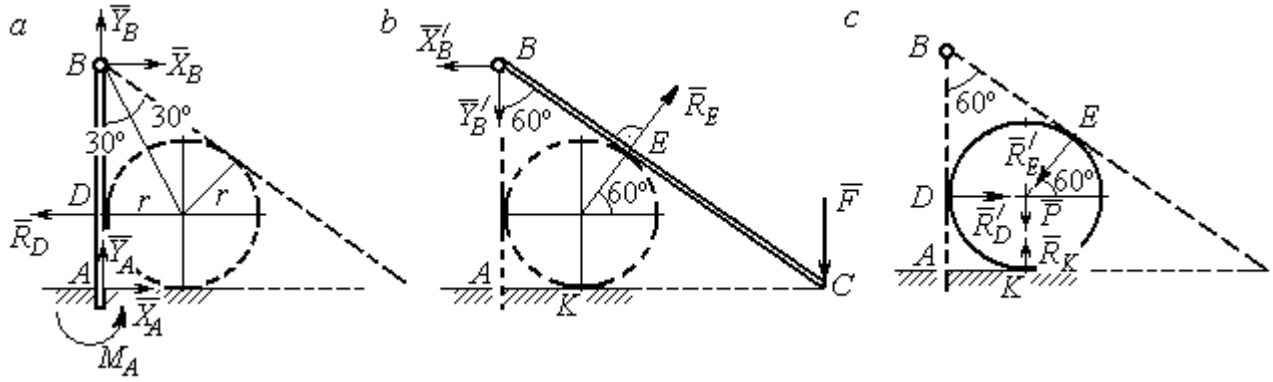


Рис. 7.5. Расчётные схемы к упражнению 1.5:
a – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BC*; *c* – равновесие шара

$X_B = X'_B$, $Y_B = Y'_B$, $R_D = R'_D$, $R_E = R'_E$.

Балка *AB*. $AB = r + BD = r + r\operatorname{ctg}30^\circ = 2{,}73$ м.

$$X_A - R_D + X_B = 0, \quad Y_A + Y_B = 0, \quad M_A + R_D \cdot r - X_B \cdot AB = 0.$$

Балка *BC*. $BE = BD = 1{,}73$ м. $AC = BC\cos 30^\circ = 2AB\cos 30^\circ = 4{,}73$ м.

$$R_E\cos 60^\circ - X'_B = 0, \quad RE\sin 60\circ - Y'B - F = 0, \quad R_E \cdot BE - F \cdot AC = 0.$$

Шар.

$$R'_D - R'_E\cos 60^\circ = 0, \quad R_K - P - R'_E\cos 30^\circ = 0.$$

$R_E = 21{,}87$ кН, $Y_B = 10{,}94$ кН, $X_B = 10{,}94$ кН, $R_D = 10{,}94$ кН;

$R_K = 20{,}94$ кН, $X_A = 0$, $Y_A = -10{,}94$ кН, $M_A = 18{,}93$ кН·м.

1.6

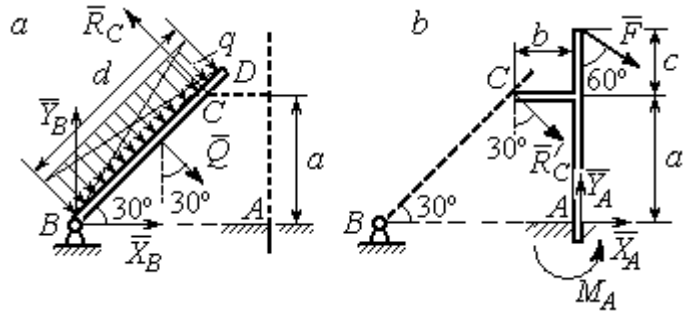


Рис. 7.6. Расчётные схемы к упражнению № 1.6:
a – равновесие балки *BD*; *b* – равновесие балки *AC*

Балка *BD*. $Q = 15$ кН.

$$X_B + Q\cos 60^\circ - R_C\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_B - Q\cos 30^\circ + R_C\cos 60^\circ = 0;$$

$$-Q\frac{d}{2} + R_C\, 2a = 0.$$

Балка *AC*. $R_C = R'_C$.

$$X_A + R'_C\cos 60^\circ + F\cos 30^\circ = 0,\ Y_A - R'_C\cos 30^\circ - F\cos 60^\circ = 0;$$

$$M_A - R'_C\cos 60^\circ \cdot a + R'_C\cos 30^\circ \cdot b - F\cos 30^\circ (a + c) = 0.$$

$$X_B = 0{,}61 \text{ кН},\ \ Y_B = 8{,}3 \text{ кН},\ R_C = 9{,}37 \text{ кН};$$

$$X_A = -8{,}15 \text{ кН},\ \ Y_A = 10{,}11 \text{ кН},\ \ M_A = 11{,}65 \text{ кН·м}.$$

1.7

Балка *AB*. $Q_1 = 6$ кН.

$T = P = 3$ кН.

$$X_A + R_B - T\cos 60^\circ + F = 0;$$

$$Y_A - Q_1 - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$M_A - R_B(b + c)\cos 30^\circ + Q_1\frac{a}{2} +$$

$$+ T\cos 30^\circ a + T\cos 60^\circ c\cos 30^\circ -$$

$$- F\left[c + (b + c)\cos 30^\circ\right] = 0.$$

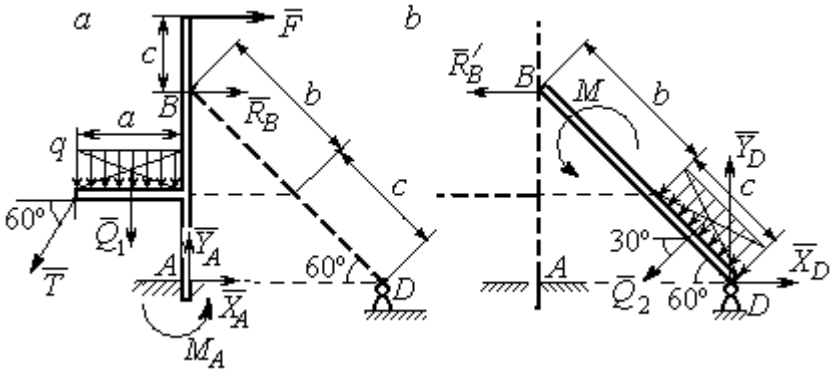


Рис. 7.7. Расчётные схемы к упражнению 1.7:
a – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BD*

Балка *DB*. $Q_2 = 3$ кН. $R'_B = R_B$.

$$X_D - R'_B - Q_2\cos 30^\circ = 0,\ \ Y_D - Q_2\cos 60^\circ = 0,\ M + R'_B(b + c)\cos 30^\circ + Q_2\frac{c}{2} = 0.$$

$$X_A = -1{,}49 \text{ кН},\ Y_A = 8{,}6 \text{ кН},\ M_A = 8{,}86 \text{ кН},\ R_B = -1{,}01 \text{ кН};$$

$$X_D = 1{,}59 \text{ кН},\ \ Y_D = 1{,}5 \text{ кН}.$$

1.8

Шар.

$$R_B\cos60^\circ - R_D\cos60^\circ = 0;$$

$$R_B\cos30^\circ + R_D\cos30^\circ - P = 0.$$

Балка AC. $R'_B = R_B$.

$$X_A - R'_B\cos60^\circ = 0;$$

$$Y_A - R'_B\cos30^\circ + F = 0;$$

$$M_A - R'_B AB + F \cdot AC\cos30^\circ = 0.$$

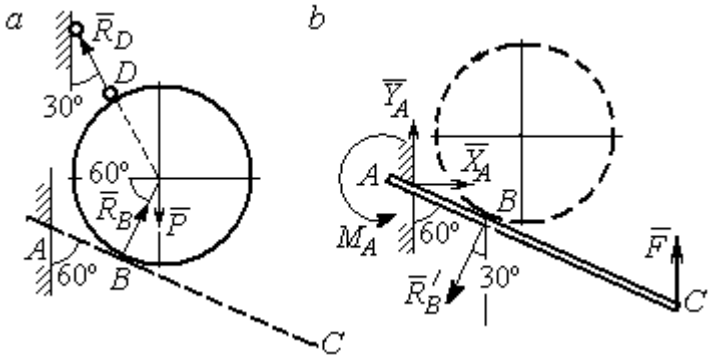


Рис. 7.8. Расчётные схемы к упражнению 1.8:
a – равновесие шара; *b* – равновесие балки *AC*

$X_A = 2{,}89$ кН, $Y_A = 0$ кН, $M_A = -11{,}55$ кН·м, $R_B = 5{,}77$ кН, $R_D = 5{,}77$ кН.

1.9

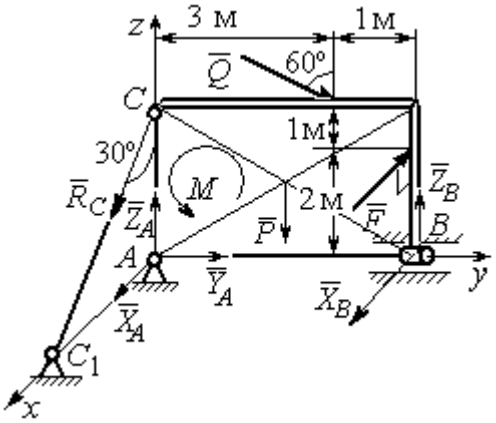


Рис. 7.9. Расчётная схема
к упражнению 1.9

$$X_A + R_C\cos60^\circ + X_B - F = 0;$$

$$Y_A + Q\cos30^\circ = 0;$$

$$Z_A - R_C\cos30^\circ - Q\cos60^\circ + Z_B - P = 0;$$

$$M - Q\cos60^\circ \cdot 3 - Q\cos30^\circ \cdot 3 + Z_B \cdot 4 - P \cdot 2 = 0;$$

$$R_C\cos60^\circ \cdot 3 - F \cdot 2 = 0,\ -X_B \cdot 4 + F \cdot 4 = 0.$$

$X_A = 5{,}34$ кН, $Y_A = 2{,}6$ кН;

$Z_A = 8{,}92$ кН, $R_C = 10{,}67$ кН;

$X_B = 8$ кН, $Z_B = 3{,}82$ кН.

1.10

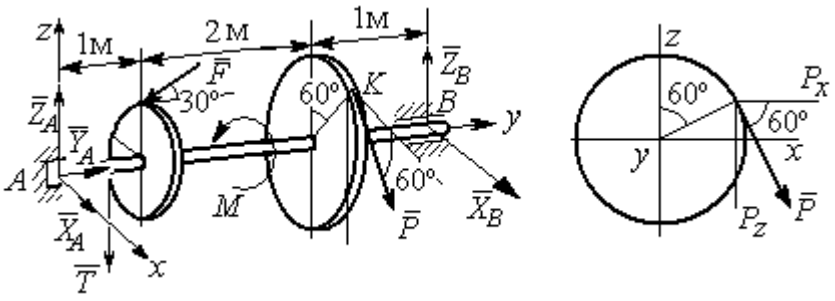


Рис. 7.10. Расчётные схемы к упражнению 1.10

$T = Q = 3$ кН.

$$X_A + P\cos 60^\circ + X_B = 0,\ \ Y_A - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A - F\cos 60^\circ - P\cos 30^\circ - T + Z_B = 0.$$

$$-T\cdot 1 - F\cos 60^\circ \cdot 1 + F\cos 30^\circ \cdot r - P\cos 30^\circ \cdot 3 + Z_B \cdot 4 = 0;$$

$$-Tr + PR - M = 0,\ \ -P\cos 60^\circ \cdot 3 + X_B \cdot 4 = 0.$$

$X_A = 5{,}6$ кН, $Y_A = 3{,}46$ кН, $Z_A = 5{,}48$ кН, $P = 6{,}4$ кН, $X_B = 2{,}4$ кН, $Z_B = 5{,}06$ кН.

1.11

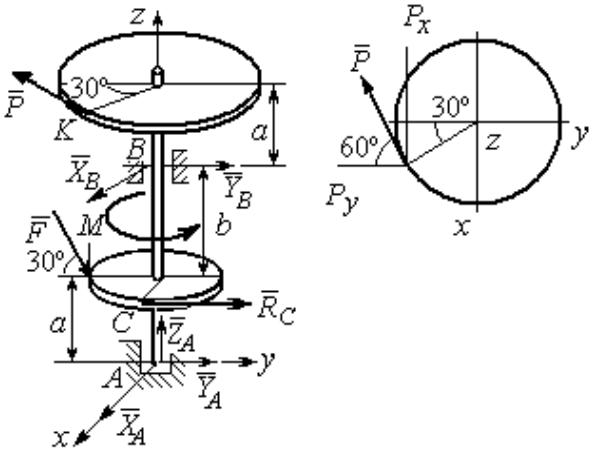


Рис. 7.11. Расчётные схемы к упражнению 1.11

$R_C = Q = 3$ кН.

$$X_A + X_B - P\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A + Y_B - P\cos 60^\circ + R_C + F\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A - F\cos 60^\circ = 0;$$

$$-Y_B(a+b) + P\cos 60^\circ(2a+b) - R_C a - -$$

$$F\cos 30^\circ \cdot a + F\cos 60^\circ \cdot r = 0;$$

$$X_B(a+b) - P\cos 30^\circ(2a+b) = 0;$$

$$-PR + R_C r + M = 0.$$

$X_A = -1{,}85$ кН, $Y_A = -5{,}64$ кН, $Z_A = 2$ кН, $P = 6{,}4$ кН, $X_B = 7{,}39$ кН, $Y_B = 2{,}38$кН.

1.12

$$T = Q = 3 \text{ кН}.$$

$$X_A + T + X_D = 0;\ Y_A - F + P\cos 60^\circ = 0,$$

$$Z_A + Z_D + P\cos 30^\circ = 0;$$

$$Fa\sin 30^\circ + Z_D(b+2a) + P(2b+2a)\cos 30^\circ = 0;$$

$$Ta\sin 30^\circ - Pa\cos 30^\circ + M = 0;$$

$$-Ta - X_D(b+2a) + Pa\cos 60^\circ + Fa\cos 30^\circ = 0.$$

$$X_A = 0{,}8 \text{ кН},\quad Y_A = 2{,}56 \text{ кН},\ \ Z_A = 1{,}3 \text{ кН};$$

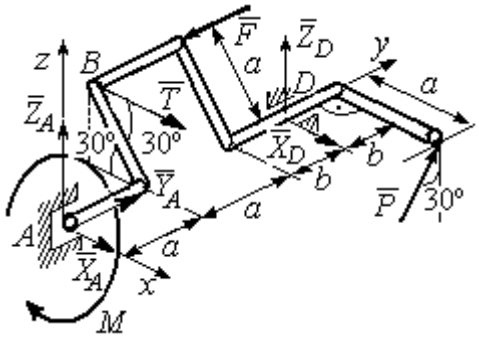


Рис. 7.12. Расчётная схема к упражнению 1.12

$$P = 2{,}89 \text{ кН},\ X_D = 0{,}76 \text{ кН},\ Z_D = -3{,}80 \text{ кН}.$$

1.13

Минимальный вес груза P:

$$T_{\min} + F_{\text{тр}\,A} - N_B = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,B} + N_A - Q = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,B} \cdot AB\sin 30° + N_B \cdot AB\cos 30° - Q \cdot AC\sin 30° = 0$$

Максимальный вес груза P:

$$T_{\max} - F_{\text{тр}\,A} - N_B = 0;$$

$$-F_{\text{тр}\,B} + N_A - Q = 0;$$

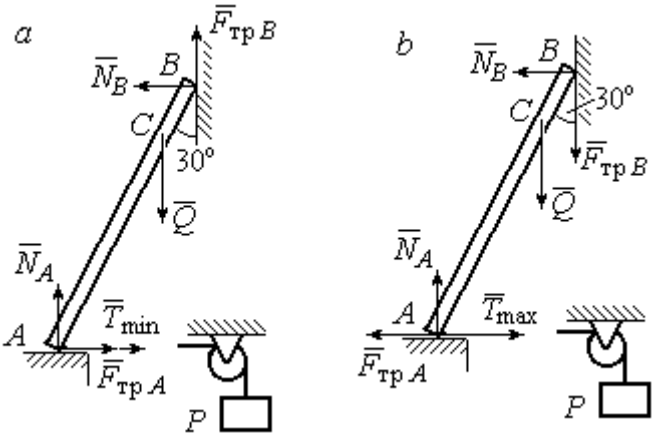


Рис. 7.13. Расчётные схемы к упражнению 1.13:
a – расчёт минимального веса груза;
b – расчёт максимального веса груза

$$-F_{\text{тр}\,B} \cdot AB\sin 30° + N_B \cdot AB\cos 30° - Q \cdot AC\sin 30° = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,A} = f N_A,\ F_{\text{тр}\,B} = f N_B.$$

$$T_{\min} = 31.77 \text{ Н} < P < T_{\max} = 130{,}51 \text{ Н}.$$

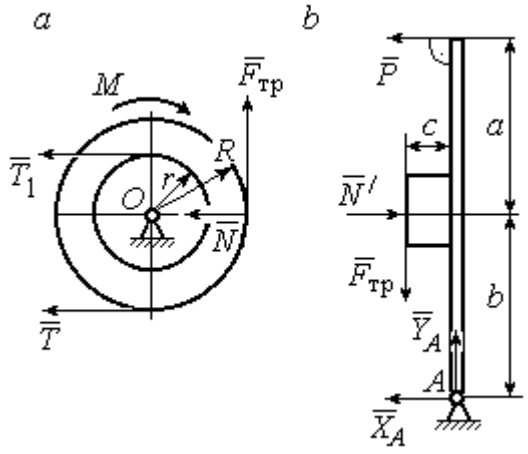


Рис. 7.14. Расчётные схемы
к упражнению 1.14:
a – равновесие шкива; *b* – равновесие рычага

1.14

Шкив. $T = T_1 = Q$.

$$T \cdot R - T_1 r + M - F_{\text{тр}} R = 0.$$

$$F_{\text{тр}} = 266{,}67 \text{ Н};$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{f} = 666{,}67 \text{ Н}.$$

Рычаг. $N = N'$. $F_{\text{тр}} = F'_{\text{тр}}$.

$$P(a+b) - N' \cdot b + F'_{\text{тр}} c = 0.$$

$$P = 320 \text{ Н}.$$

$$-X_A - P + N' = 0;$$

$$Y_A - F'_{\text{тр}} = 0.$$

$$X_A = 346{,}67 \text{ Н},\ Y_A = 266{,}67 \text{ Н}.$$

7.2. Ответы к упражнениям главы 2

2.1

$$\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2},\ \omega_1(1) = |\omega_{1z}(1)| = 3 \text{ рад/с}.$$

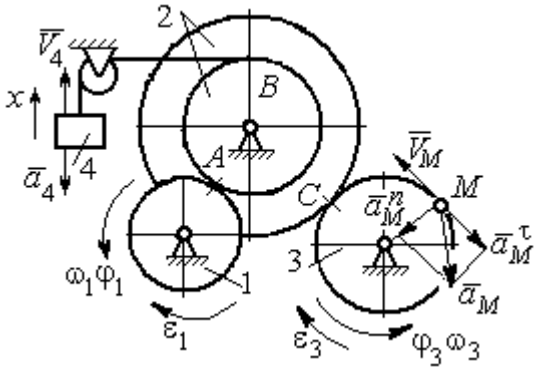


Рис. 7.15. Расчётная схема к упражнению 2.1

$$\omega_{3z} = \omega_{1z}\frac{R_1}{r_2}\frac{R_2}{R_3} = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)\frac{4}{3};$$

$$\omega_3(1) = |\omega_{3z}(1)| = 4 \text{ рад/с}.$$

$$V_M(1) = \omega_3(1)R_3 = 40 \text{ см/с}.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{2\pi^2}{3}\sin\frac{\pi t}{2},\quad \varepsilon_{3z}(1) = -\frac{2\pi^2}{3};$$

$$\varepsilon_3(1) = |\varepsilon_{3z}(1)| = \frac{2\pi^2}{3} = 6{,}58 \text{ рад/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_M^n + \bar{a}_M^\tau,\ a_M^n(1) = \omega_3^2(1)R_3 = 160 \text{ см/с}^2,\ a_M^\tau(1) = \varepsilon_3(1)R_3 = 65{,}8 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M(1) = 173 \text{ см/с}^2.$$

$$V_{4x} = V_A = \omega_{1z}R_1 = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)8;\ V_4(1) = |V_{4x}(1)| = 24 \text{ см/с}.$$

$$\dot{V}_{4x} = -4\pi^2\sin\frac{\pi t}{2},\ \dot{V}_{4x}(1) = -4\pi^2;\ a_4(1) = |\dot{V}_{4x}(1)| = 39{,}48 \text{ см/с}^2.$$

2.2

$$V_{4x} = \dot{x}_4 = 1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3};$$

$$V_{4x}(3) = 2{,}05 \text{ м/с},\ V_4 = |V_{4x}(3)|$$

$$\omega_{3z} = \frac{V_{4x}}{r_3} = \frac{1}{r_3}\left(1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3}\right);$$

$$\omega_{3z}(3) = 6{,}83 \text{ рад/с};\ \omega_3 = |\omega_{3z}(3)|.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = \frac{1}{r_3}\left(\frac{\pi^2}{9}\sin\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi^2}{9}\cos\frac{\pi t}{3}\right).$$

$$\varepsilon_{3z}(3) = 3{,}65 \text{ рад/с}^2;\ \varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}(3)|.$$

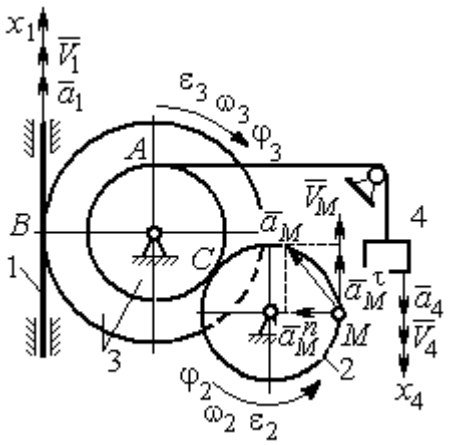


Рис. 7.16. Расчётная схема к упражнению 2.2

$$\frac{\omega_3}{\omega_2}=\frac{R_2}{r_3};\ \ \omega_2=\omega_3\frac{r_3}{R_2}=10{,}25\ \text{рад/с};\ V_M=\omega_2 R_2=2{,}05\ \text{м/с}.$$

$$\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2}=\frac{R_2}{r_3};\ \ \varepsilon_2=\varepsilon_3\frac{r_3}{R_2}=5{,}47\ \text{рад/с}^2.$$

$$a_M^n=\omega_2^2 R_2=20{,}4\ \text{м/с}^2;\ \ a_M^\tau=\varepsilon_2 R_2=1{,}09\ \text{м/с}^2.$$

$$a_M=\sqrt{\left(a_M^n\right)^2+\left(a_M^\tau\right)^2}=20{,}43\ \text{м/с}^2.$$

$$V_1=\omega_3 R_3=2{,}73\ \text{м/с};\ a_1=\dot V_1=\dot\omega_3 R_3=\varepsilon_3 R_3=2{,}19\ \text{м/с}^2.$$

2.3

$$BP_2=BC\cos30^\circ=4{,}33\ \text{см};\ CP_2=2{,}5\ \text{см}.$$

$$\omega_{BC}=\frac{V_B}{BP_2}=1{,}15\ \text{рад/с};\ \ V_C=\omega_{BC}CP_2=2{,}87\ \text{см/с};$$

$$\omega_1=\frac{V_C}{CP_1}=0{,}72\ \text{рад/с};\ EP_1=2R_1\cos30^\circ=3{,}46\ \text{см};$$

$$V_E=\omega_1 EP_1=2{,}49\ \text{см/с};\ EP_3=2AE\cos30^\circ=10{,}39\ \text{см};$$

$$\omega_{AE}=\frac{V_E}{EP_3}=0{,}24\ \text{рад/с};\ EA=AP_3;$$

$$V_A=\omega_{AE}AP_3=1{,}44\ \text{см/с},\ \ \omega_{AO}=\frac{V_A}{AO}=0{,}24\ \text{рад/с}.$$

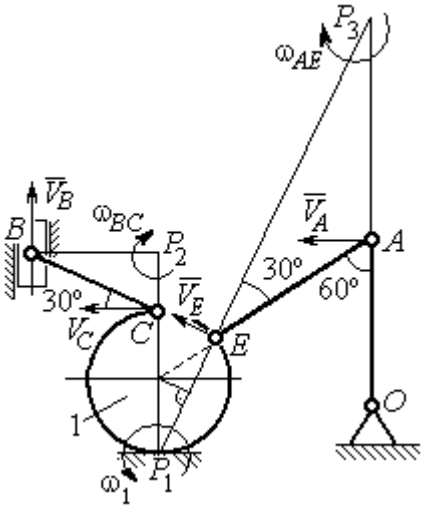


Рис. 7.17. Расчётная схема к упражнению 2.3

2.4

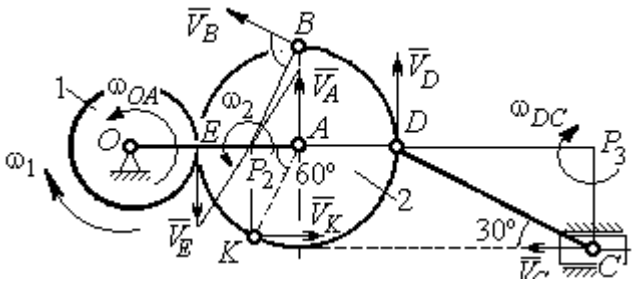


Рис. 7.18. Расчётная схема к упражнению 2.4

E – точка касания дисков.

$$V_E=\omega_1 r_1=18\ \text{см/с}.$$

$$V_A=\omega_{OA}\left(r_1+r_2\right)=18\ \text{см/с}.$$

$$EP_2=P_2A=3\ \text{см},\ \omega_2=\frac{V_E}{EP_2}=6\ \text{рад/с}.$$

$$V_K=\omega_2 P_2K=31{,}18\ \text{см/с}.$$

$$V_B=\omega_2 P_2B=40{,}25\ \text{см/с};\ V_D=\omega_2 P_2D=54\ \text{см/с}.$$

$DC = 2r_2$, $\omega_{DC} = \dfrac{V_D}{DP_3} = 5{,}197$ рад/с; $V_C \cos 30^\circ = V_D \cos 60^\circ$, $V_C = 31{,}18$ см/с.

2.5

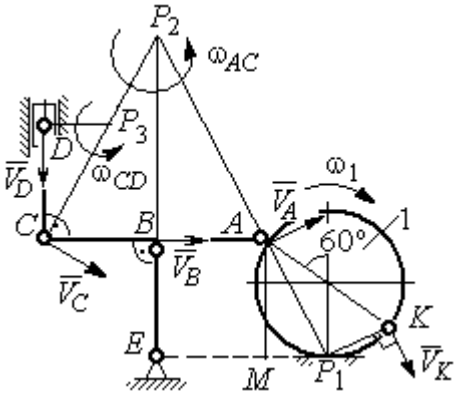


Рис. 7. 19. Расчётная схема к упражнению 2.5.

$BE = 1{,}5R_1$; $R_1 = 2{,}67$ см.

$KP_1 = R_1$; $\omega_1 = \dfrac{V_K}{KP_1} = 0{,}75$ рад/с.

$AP_1 = \dfrac{AM}{\cos 30^\circ} = 4{,}62$ см; $V_A = \omega_1 P_1 A = 3{,}46$ см/с.

$AP_2 = 2AB = 8$ см; $\omega_{AC} = \dfrac{V_A}{AP_2} = 0{,}43$ рад/с.

$V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ$; $V_B = 2{,}99$ см/с.

$\omega_{BE} = \dfrac{V_B}{BE} = 0{,}75$ рад/с; $V_C = V_A = 3{,}46$ см/с; $CP_3 = \dfrac{DC}{\cos 30^\circ} = 4{,}62$ см;

$\omega_{CD} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}75$ рад/с; $V_D \cos 0^\circ = V_C \cos 60^\circ$; $V_D = 1{,}73$ см/с.

2.6

$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 12$ см/с; $\omega_{AD} = 0$, $V_D = V_A$.

$\omega_{O_1C} = \dfrac{V_D}{DO_1} = 3$ рад/с;

$V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 48$ см/с.

$CB = CP = 16$ см; $\omega_{CB} = \omega_{CL} = \dfrac{V_C}{CP} = 3$ рад/с.

$PL = \dfrac{CP}{\cos 30^\circ} = 18{,}48$ см; $PB = 2BC \cos 30^\circ$.

$V_L = \omega_{CL} \cdot PL = 55{,}44$ см/с;

$V_B = \omega_{CB} \cdot PB = 83{,}13$ см/с.

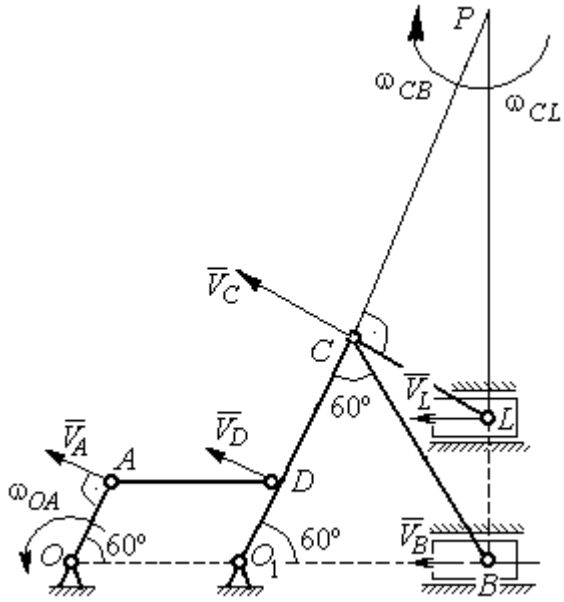


Рис. 7.20. Расчётная схема к упражнению 2.6.

2.7

$V_D = \omega_1 R_1 = 30$ см/с; $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 15$ см/с.

$$\omega_2 = \frac{V_A}{AP_2} = 3 \text{ рад/с.}$$

$$V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = 21{,}21 \text{ см/с.}$$

$V_C \cos 0^\circ = V_B \cos 45^\circ$; $V_C = 15$ см/с.

$CP_3 = CB$; $\omega_{BC} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 1{,}87$ рад/с.

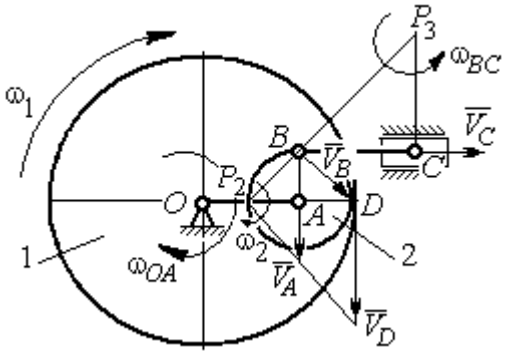


Рис. 7.21. Расчётная схема к упражнению 2.7

2.8

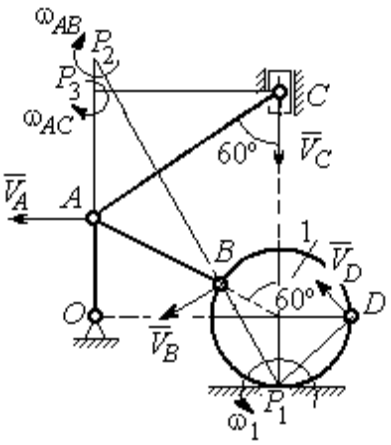


Рис. 7.22. Расчётная схема к упражнению 2.8

$AC = AB + R_1 = 12$ см; $CP_3 = AC \cos 30^\circ = 10{,}39$ см.

$\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}48$ рад/с; $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_3 = 2{,}89$ см/с.

$$AB = AP_2; \quad \omega_{AB} = \frac{V_A}{AP_2} = 0{,}29 \text{ рад/с.}$$

$$BP_2 = 2AB \cos 30^\circ = 17{,}32 \text{ см.}$$

$$V_B = \omega_{AB} BP_2 = 5{,}02 \text{ см/с.}$$

$OA = (AB + R_1)\sin 30° = 6$ см; $\omega_{OA} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}48$ рад/с.

$$BP_1 = 2R_1 \cos 30^\circ = 3{,}46 \text{ см;} \quad \omega_1 = \frac{V_B}{BP_1} = 1{,}45 \text{ рад/с.}$$

$$DP_1 = R_1\sqrt{2} = 2{,}82 \text{ см;} \; V_D = \omega_1 DP_1 = 4{,}09 \text{ см/с.}$$

2.9

$$V_A = \omega_{OA} OA = 12 \text{ см/с;} \quad AP = 2AB = 2BC \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 27{,}71 \text{ см.}$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{AP} = 0{,}43 \text{ рад/с;} \; V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ; \; V_B = 10{,}38 \text{ см/с.}$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{BC} = 1{,}29 \text{ рад/с.}$$

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}; \quad \bar{a}_B = \bar{a}_C + \bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC}, \; a_C = 0.$$

$$\bar{a}_A = \bar{a}_O + \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO},\ a_O = 0.$$

$$\bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC} = \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO} + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ Найти a^τ_{BC}

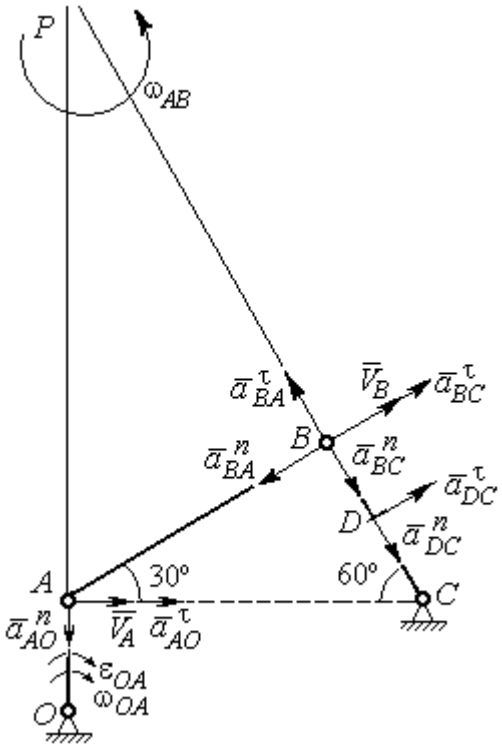


Рис. 7.23. Расчётная схема к упражнению 2.9

$$a^n_{AO} = \omega^2_{AO} \cdot AO = 36 \text{ см/с}^2;$$

$$a^\tau_{AO} = \varepsilon_{AO} \cdot AO = 8 \text{ см/с}^2;$$

$$AB = BC \cdot \text{tg}60^\circ = 13{,}86 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{AB} \cdot AB = 2{,}56 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{AB} = \varepsilon_{AB} AB.$$

$$a^n_{BC} = \omega^2_{BC} \cdot BC = 13{,}31 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{BC} = \varepsilon_{BC} BC.$$

Проекция на AB:

$$a^\tau_{BC} = -a^n_{AO}\cos 60^\circ +$$

$$+ a^\tau_{AO}\cos 30^\circ - a^n_{BA} = 13{,}63 \text{ см/с}^2.$$

$$\varepsilon_{BC} = \frac{\left|a^\tau_{BC}\right|}{BC} = 1{,}7 \text{ рад/с}^2.$$

$$\bar{a}_D = \bar{a}^n_{DC} + \bar{a}^\tau_{DC}.$$

$$a^n_{DC} = \omega^2_{BC} \cdot DC = 6{,}65 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{DC} = \varepsilon_{BC} \cdot DC = 6{,}8 \text{ см/с}^2.$$

$$a_D = \sqrt{\left(a^n_{DC}\right)^2 + \left(a^\tau_{DC}\right)^2} = 9{,}51 \text{ см/с}^2.$$

2.10

$$V_A = \omega_1 r_1 = 12 \text{ см/с};\ P_2 A = \frac{1}{2} BC = 5 \text{ см}.$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{P_2 A} = 2{,}4 \text{ рад/с}.$$

$$V_B \cos 30^\circ = V_A \cos 60^\circ;\ V_B = 6{,}93 \text{ см/с}.$$

$$P_3 B = BC\cos 30^\circ = 8{,}66 \text{ см};$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{P_3 B} = 0{,}8 \text{ рад/с}.$$

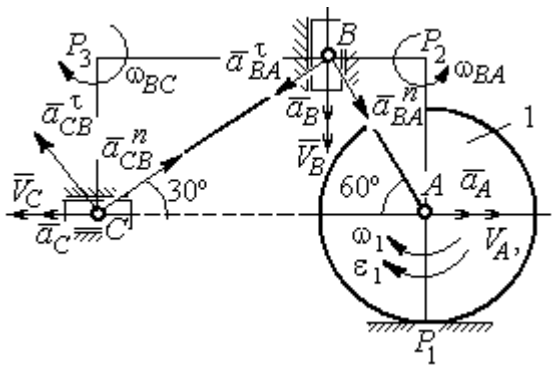


Рис. 7.24. Расчётная схема к упражнению 2.10

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ Найти a_B.

Проекция на BA: $a_B\cos30° = a_A\cos60° + a^n_{BA}$.

$$a_A = a^\tau_A = \varepsilon_1 r_1 = 8 \text{ см/с}^2;\ AB = BC\operatorname{tg}30° = 5{,}77 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{BA}\cdot BA = 33{,}23 \text{ см/с}^2;\ \ a_B = 43{,}03 \text{ см/с}^2.$$

$$\bar a_C = \bar a_B + \bar a^n_{CB} + \bar a^\tau_{CB}.$$

Проекция на BC: $a_C\cos60° = a_B\cos60° - a^n_{CB}$,

$$a^n_{CB} = \omega^2_{CB}\cdot CB = 6{,}4 \text{ см/с}^2;\ \ a_C = a_B - 2a^n_{CB} = 30{,}23 \text{ см/с}^2.$$

7.3. Ответы к упражнениям главы 3

3.1

$$CM_1 = S_r(1) = \frac{40}{3}\sin\frac{\pi}{3} = 11{,}55 \text{ см}.$$

Так как $CM_1\cos30° = 10$ см $= R$, то точка M_1 лежит на вертикальном диаметре.

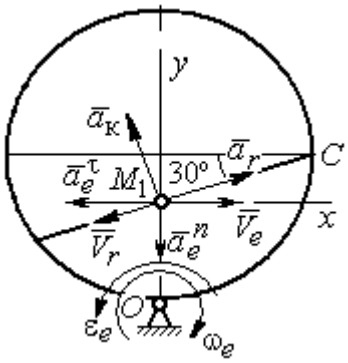


Рис. 7.25. Расчётная схема к упражнению 3.1

$$V_r = \dot S_r = \frac{40\pi}{9}\cos\frac{\pi t}{3};\ V_r(1) = 6{,}98 \text{ см/с}.$$

$$\omega_e(1) = 0{,}5 \text{ рад/с};\ OM_1 = R - \frac{1}{2}CM_1 = 4{,}23 \text{ см}.$$

$$V_e = \omega_e OM_1;\ \ V_e(1) = 2{,}12 \text{ см/с}.$$

$$\bar V_M = \bar V_e + \bar V_r.$$

$$V_{Mx} = V_e - V_r\cos30° = -3{,}93 \text{ м/с};\ V_{My} = -V_r\cos60° = -3{,}49 \text{ м/с};$$

$$V_M = \sqrt{(V_{Mx})^2 + (V_{My})^2} = 5{,}26 \text{ см/с}.$$

$$\bar a_M = \bar a_e + \bar a_r + \bar a_к.$$

$$\bar a_e = \bar a^n_e + \bar a^\tau_e,\ \ a^n_e = \omega^2_e OM_1;\ \ a^n_e(1) = 1{,}06 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot\omega_e = -\frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3},\ \ \dot\omega_e(1) = -0{,}91 \text{ рад/с}^2;\ \ \varepsilon_e = |\dot\omega_e(1)| = 0{,}91 \text{ рад/с}^2,$$

$$a^\tau_e(1) = \varepsilon_e\cdot OM_1 = 3{,}85 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot{V}_r = -\frac{40\pi^2}{27}\sin\frac{\pi t}{3},\ \dot{V}_r(1) = -12{,}66;\ a_r = \left|\dot{V}_r(1)\right| = 12{,}66 \text{ см/с}^2$$

$$a_к = 2\left|\omega_e\right| \cdot \left|V_r\right|;\ \ a_к(1) = 6{,}98 \text{ см/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r + \bar{a}_к.$$

$$a_{Mx} = -a_e^\tau + a_r\cos 30° - a_к\cos 60° = 3{,}62 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = -a_e^n + a_r\cos 60° + a_к\cos 30° = 11{,}31 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 11{,}87 \text{ см/с}^2.$$

3.2

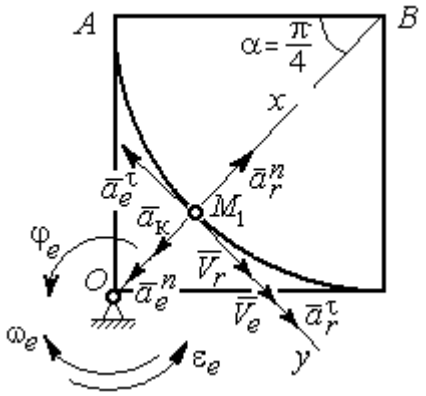


Рис. 7.26. Расчётная схема к упражнению 3.2

Положение M_1:

$$\alpha = \frac{S_r(1)}{R} = \frac{\pi}{4};\ \ OM_1 = 8{,}28 \text{ см}.$$

$$\dot{S}_r = 10\pi t;\ \ V_r = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 31{,}42 \text{ см/с}.$$

$$\dot{\varphi}_e = 2t - 5,$$

$$\dot{\varphi}_e(1) = -3 \text{ рад/с},\ \ \omega_e = \left|\dot{\varphi}_e(1)\right| = 3 \text{ рад/с}.$$

$$V_e = \omega_e \cdot OM_1 = 24{,}6 \text{ см/с}.$$

$$\bar{V}_M = \bar{V}_e + \bar{V}_r \cdot\ V_{Mx} = V_e + V_r = 56{,}02 \text{ см/с};$$

$$V_{My} = 0;\ V_M = 56{,}02 \text{ см/с}.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_к = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_к.$$

$$\bar{a}_e = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau\ \cdot\ a_e^n = \omega_e^2 \cdot OM_1 = 74{,}52 \text{ см/с}^2;$$

$$\dot{\omega}_e = 2 \text{ рад/с}^2;\ \varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|;\ \ a_e^\tau(1) = \varepsilon_e OM_1 = 16{,}56 \text{ см/с}^2;$$

$$\bar{a}_r = \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau \cdot \dot{V}_r = 10\pi;\ a_r^\tau = \left|\dot{V}_r\right| = 10\pi = 31{,}42 \text{ см/с}^2;$$

$$a_r^n(1) = \frac{V_r^2}{R} = 49{,}36 \text{ см/с}^2;\ \ a_к = 2\left|\omega_e\right| \cdot \left|V_r\right|;\ \ a_к(1) = 62{,}84 \text{ см/с}^2.$$

$$a_{Mx} = -a_e^n + a_r^n - a_к = -88 \text{ см/с}^2;\ a_{My} = -a_e^\tau + a_r^\tau = 14{,}86 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 89{,}24 \text{ см/с}^2.$$

7.4. Ответы к упражнениям главы 4

4.1

$$m\ddot{x} = F - P\cos 60° - F_{\text{тр}}, \quad m\ddot{y} = N - P\cos 30° = 0.$$

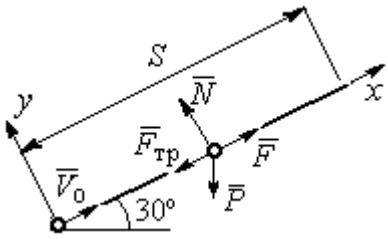


Рис. 7.27. Расчётная схема к упражнению 4.1

$$F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 30°;$$

$$\ddot{x} = \frac{1}{2}kt - 3{,}4, \quad \dot{x} = \frac{1}{4}kt^2 - 3{,}4t + V_0;$$

$$x = \frac{1}{12}kt^3 - 1{,}7t^2 + V_0 t.$$

Конечные условия: $t = 2$ с; $x = S = 2$ м; $V = 2V_0$.

$$V_0 = k - 6{,}8; \quad 1 = \frac{1}{3}k - 3{,}4 + V_0.$$

$$k = 8{,}4; \; V_0 = 1{,}6 \text{ м/с}.$$

4.2

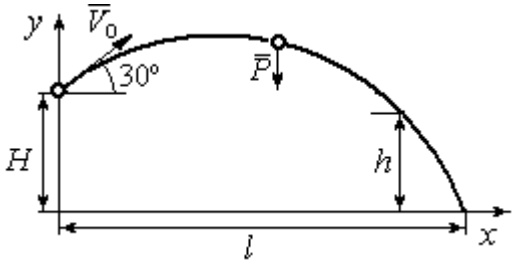


Рис. 7.28. Расчётная схема к упражнению 4.2

Уравнения движения точки:

$$m\ddot{x} = 0; \; \dot{x} = V_0\cos 30°; \; x = V_0 t\cos 30°.$$

$$m\ddot{y} = -P; \dot{y} = -gt + V_0\cos 60°;$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 t\cos 60° + H.$$

Краевое условие пролёта высоты h:

$$t = 1 \text{ с}; \; y = h = 7 \text{ м}.$$

Подставляя краевые условия в уравнение движения, находим: $V_0 = 3{,}81$ м/с.

Краевое условие падения точки:

$$t = t_{\text{пад}}; \; x = l; \; y = 0.$$

Подстановка в уравнения движения условия приводит к системе:

$$l = V_0 t_{\text{пад}}\cos 30°; \; 0 = -\frac{1}{2}gt_{\text{пад}}^2 + V_0 t_{\text{пад}}\cos 60° + H.$$

Находим: $t_{\text{пад}} = 1{,}64$ с; $l = 5{,}41$ м.

4.3

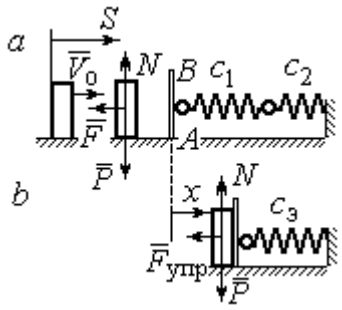


Рис. 7.29. Расчётная схема к упражнению 4.3: *a* – движение груза до начала колебаний; *b* – колебания груза

Уравнение движения груза (рис. 7.29, *a*):

$$m\ddot{S} = -F = -k\dot{S}.$$

Начальные условия: $t = 0;\ S = 0;\ \dot{S} = V_0$.

Решение: $S = \dfrac{mV_0}{k}\left(1 - e^{-\frac{k}{m}t}\right) = 6\left(1 - e^{-t}\right)$ м.

Скорость груза: $\dot{S} = 6e^{-t}$.

Скорость груза в момент соединения с площадкой AB: $V_1 = \dot{S}(1) = 0{,}21$ м/с.

Уравнение колебаний груза на эквивалентной пружине (рис. 7.29, *b*):

$$m\ddot{x} = -F_{упр} = -c_э x;\ c_э = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} = 30 \text{ Н/м}.$$

Начальные условия движения: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = V_1$.

Общий вид решения: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 7{,}75$ рад/с,

где константы: $C_1 = 0;\ C_2 = \dfrac{V_1}{\omega} = 0{,}28$ м. Закон движения груза $x = 0{,}28\sin 7{,}75t$.

Максимальное сжатие 0,28 м.

4.4

Жесткость эквивалентной пружины

$$c_э = \frac{c \cdot 2c}{c + 2c} = \frac{2}{3}c.$$

Уравнение колебаний:

$$m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э(\lambda_{ст} + x) = -c_э x.$$

Общее решение:

$$x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\frac{c_э}{m}} = 10{,}33 \text{ рад/с}.$$

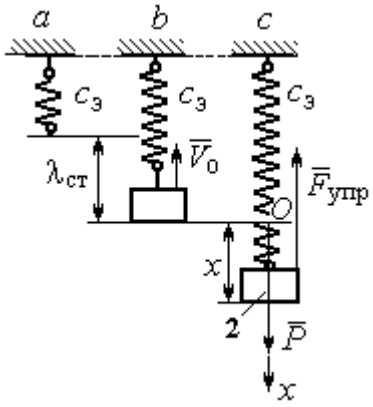


Рис. 7.30. Расчётная схема к упражнению 4.4: *a* – нерастянутая пружина; *b* – положение статического равновесия; *c* – произвольное положение груза

Начальные условия: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = -V_0$.

Находим константы интегрирования: $C_1 = 0;\ C_2 = \dfrac{V_0}{\omega} = 0{,}39$ м.

Закон движения груза: $x = 0{,}39\sin 10{,}33t$.

Амплитуда $A = 0{,}39$ м, частота $\omega = 10{,}33$ рад/с.

4.5

Скорость человека, находящегося в самолёте, в нижней точке траектории (точка C):

$$\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = mg\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right].$$

Откуда $V_C^2 = V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right]$.

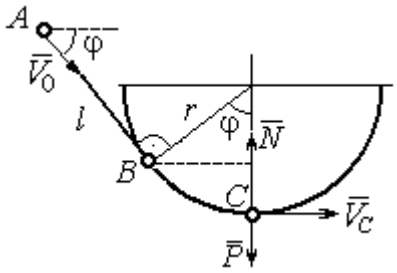


Рис. 7.31. Расчётная схема к упражнению 4.5

Уравнение движения человека, двигающегося вместе с самолётом, в проекции на нормаль в точке C: $\dfrac{mV_C^2}{r} = N - P$, где N – реакция корпуса самолёта. Сила давления человека на корпус самолёта по величине равна реакции, но направлена в противоположную сторону.

Из условия $N \le 3P$ следует неравенство: $V_C^2 \le 2gr$, или

$V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right] \le 2gr$. Откуда $r \ge \dfrac{V_0^2 + 2gl\sin\varphi}{2g\cos\varphi}$.

4.6

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии шарика в точке B с учётом, что $V_A = 0$, найдём:

$$\frac{mV_B^2}{2} = \frac{ca^2}{2} + mg\left[R + R\cos 60° - a\cos 30°\right].$$

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки на участке BD:

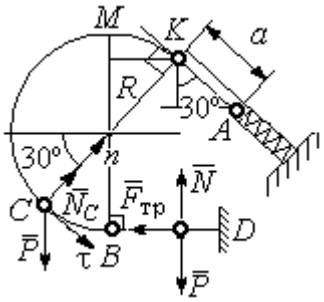


Рис. 7.32. Расчётная схема к упражнению 4.6

$-\frac{mV_B^2}{2} = -fNs$, где s – путь точки до остановки. С учётом данных задачи, получим: s = 5,39 м.

Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось в точке C

$$\frac{mV_C^2}{R} = N_C - P\cos 60°.$$

Для вычисления реакции опоры шарика на трубу имеем равенство $N_C = \frac{mV_C^2}{R} + P\cos 60° = \frac{1}{R}\left[mV_B^2 - 2mgR(1-\cos 60°)\right] + mg\cos 60°$, где кинетическая энергия шарика в точке B: $mV_B^2 = ca^2 + 2mgR\left[(1+\cos 60°) - \frac{a}{R}\cos 30°\right]$. Получим: $N_C = 18{,}71$ Н. Давление шарика на трубку равно реакции опоры и направлено в противоположную сторону.

7.5. Ответы к упражнениям главы 5

5.1

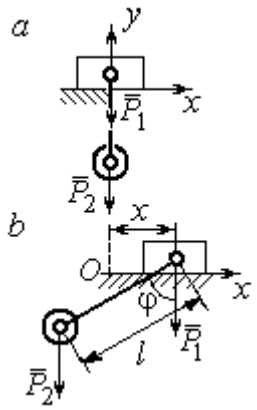


Рис. 7.33. Расчётная схема к упражнению 5.1:
a – начальное положение системы;
b – произвольное положение

x_0 – координата центра тяжести системы в начальном положении, x_0 = 0 (см. рис.7.33); x – текущая координата центра тележки; x_1 – координата центра тяжести системы в её произвольном положении: $x_1 = \frac{m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x)}{m_1 + m_2}$.

Уравнение закона сохранения движения центра масс системы: $x_1 = x_0$, или

$$m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x) = 0.$$

Отсюда зависимость координаты движения тележки от положения груза 2: $x = \frac{m_2 l}{m_1 + m_2}\sin\varphi$.

5.2

Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси z: $\dfrac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

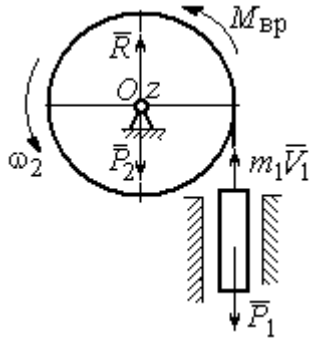


Рис. 7.34. Расчётная схема к упражнению 5.2

Кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{\text{бар}} + L_z^{\text{гр}} = \frac{m_2 r^2}{2}\omega + m_1 V_1 r = \left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right)\omega r^2.$$

Суммарный момент внешних сил относительно оси z: $\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{\text{вр}} - P_1 r = kt - m_1 g r$.

Дифференциальное уравнение вращения барабана:

$$\left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right) r^2 \frac{d\omega}{dt} = kt - m_1 g r.$$

При нулевых начальных условиях $\omega = \dfrac{kt^2 - 2m_1 grt}{(2m_1 + m_2)r^2}$.

5.3

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии для неизменяемых систем на конечном перемещении: $T - T_0 = \sum A(F_k)$, $T_0 = 0$.

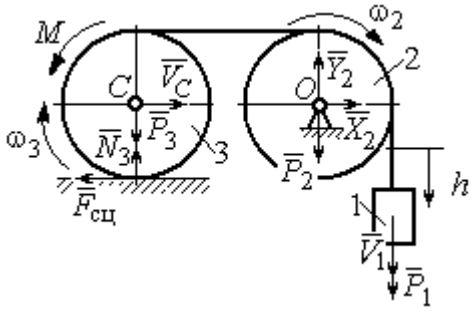


Рис. 7.35. Расчётная схема к упражнению 5.3

Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \dfrac{m_1 V_1^2}{2}$. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \dfrac{1}{2} J_O \omega_2^2$, где осевой момент инерции блока: $J_O = \dfrac{m_2 r^2}{2}$, угловая скорость блока $\omega_2 = \dfrac{V_1}{r}$. Кинетическая энергия катка 3: $T_3 = \dfrac{1}{2} m_3 V_C^2 + \dfrac{1}{2} J_C \omega_3^2$, где момент инерции катка относительно оси, проходя-

щей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_3 r^2}{2}$, угловая скорость катка и скорость его центра масс $\omega_3 = \frac{V_1}{2r}$, $V_C = \frac{V_1}{2}$.

Энергия системы: $T = T_1 + T_2 + T_3 = (8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16}$.

Суммарная работа вешних сил на перемещении h: $\sum A(F_k) = P_1 h - M\frac{h}{2r}$.

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии:

$$(8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16} = \left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h.$$

Скорость груза на высоте h: $V_1 = 4\sqrt{\frac{\left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h}{8m_1 + 4m_2 + 3m_3}}$.

5.4

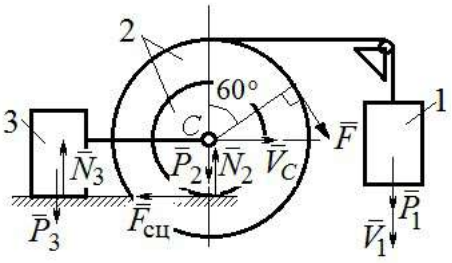


Рис. 7.36. Расчётная схема к упражнению 5.4

Для решения задачи используется теорема об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Допустим, груз 1 движется вниз со скоростью V_1. Скорость центра масс катка V_C.

Кинетическая энергия катка 2: $T_2 = \frac{1}{2}m_2 V_C^2 + \frac{1}{2}J_{zC}\omega_2^2$. Здесь $m_2 = \frac{2P}{g}$, $J_{zC} = m_2 i_z^2$, $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. В результате кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 3 $V_3 = V_C$. Кинетическая энергия груза 3 $T_3 = \frac{P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 1 $V_1 = \omega_2 3r = 3V_C$. Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \dfrac{9P}{2g}V_C^2$.

Суммарная кинетическая энергия (энергия системы): $T = T_1 + T_2 + T_3 = \dfrac{17P}{2g}V_C^2$. Производная $\dfrac{dT}{dt} = \dfrac{17P}{g}V_C\dfrac{dV_C}{dt} = \dfrac{17}{g}V_C a_C$.

Мощности сил $\vec{P}_2$, $\vec{N}_2$, $\vec{F}_{\text{сц}}$, $\vec{P}_3$, $\vec{N}_3$ равны нулю.

Мощность силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, определяется по формуле: $N(\vec{F}) = \vec{F}\cdot\vec{V}_C + \vec{M}_C(\vec{F})\cdot\vec{\omega}_2 = FV_C\cos 60° + FR\omega_2$. Мощность силы $\vec{P}_1$ $N(\vec{P}_1) = P_1V_1$. Суммарная мощность внешних сил: $\sum N(F^e) = 7PV_C$.

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы: $\dfrac{17P}{g}V_C a_C = 7PV_C$, откуда $a_C = \dfrac{7}{17}g$ м/с^2.

5.5

Рассмотрим движение катков отдельно, заменив невесомый стержень реакцией. Предположим, катки движутся направо (см. рис. 7.37). Уравнения движения катков:

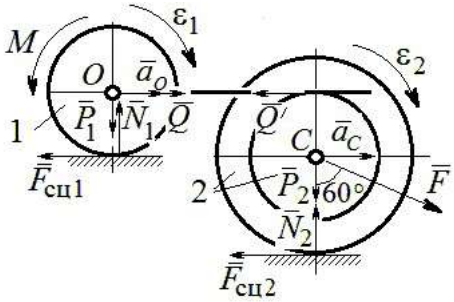


Рис. 7.37. Расчётная схема к упражнению 5.5

$$m_1 a_O = Q - F_{\text{сц1}},\ J_{1O}\varepsilon_1 = F_{\text{сц1}}r - M;$$

$$m_2 a_C = -Q' - F_{\text{сц2}} + F\cos 30°;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = F_{\text{сц2}}3r - Q'r.$$

Здесь $\vec{Q}$ – реакция невесомого стержня, $|\vec{Q}| = |\vec{Q}'|$; $\vec{F}_{\text{сц1}}$, $\vec{F}_{\text{сц2}}$ – силы сцепления катков с поверхностями качения; моменты инерции катков $J_{1O} = \dfrac{m_1 r^2}{2}$, $J_{2C} = m_2 i_2^2$. Подставляя кинематические соотношения $\varepsilon_2 = \dfrac{a_C}{3r}$; $a_O = \dfrac{4}{3}a_C$; $\varepsilon_1 = \dfrac{4a_C}{3r}$, с учётом данных задачи, получим систему уравнений:

$$\frac{4P}{3g}a_C = Q - F_{\text{сц}1};\ \ \frac{2P}{3g}a_C = F_{\text{сц}1} - 4P;$$

$$\frac{2P}{g}a_C = -Q - F_{\text{сц}2} + P\sqrt{3};\ \ \frac{4P}{3g}a_C = 3F_{\text{сц}2} - Q.$$

Находим ускорение центра катка 2: $a_C = \dfrac{3\left(3\sqrt{3}-16\right)g}{46} \approx -\ 0{,}7g$. Каток движется в противоположную сторону. Реакция стержня $Q = 2{,}6P$.

5.6

Выделяем звенья механизма, заменяя действия нитей их реакциями. Допустим, направления движений тел в системе соответствуют подъёму груза 1.

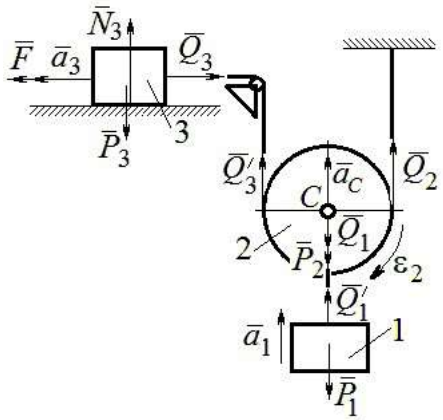


Рис. 7.38. Расчётная схема к упражнению 5.6

Уравнения движения тел:

$$m_3a_3 = F - Q_3,\ m_2a_C = Q_3' + Q_2 - P_2 - Q_1;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = Q_3'r - Q_2r,\ m_1a_1 = Q_1' - P_1.$$

С учётом, что $\left|\vec{Q}_3\right| = \left|\vec{Q}_3'\right|$, $\left|\vec{Q}_1\right| = \left|\vec{Q}_1'\right|$ и $a_C = a_1$, $a_3 = 2a_1$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$, $J_{2C} = \dfrac{m_2r^2}{2}$, подставляя данные задачи, получим систему уравнений:

$$2ma_1 = 2{,}5mg - Q_3;\ \ ma_1 = Q_3 + Q_2 - mg - Q_1;$$

$$\frac{ma_1}{2} = Q_3 - Q_2;\ m_1a_1 = Q_1 - P_1.$$

Решая систему, находим: $a_1 = \dfrac{2}{17}g \approx 0{,}12g$; $Q_3 = 2{,}26mg$; $Q_2 = 2{,}15mg$.

5.7

Заменяем действия нитей реакциями. Предположим, груз 1 спускается по наклонной плоскости. Уравнения движения тел:

$$m_1a_1 = P_1\cos 30° - Q_1;\ \ m_3a_3 = Q_3;$$

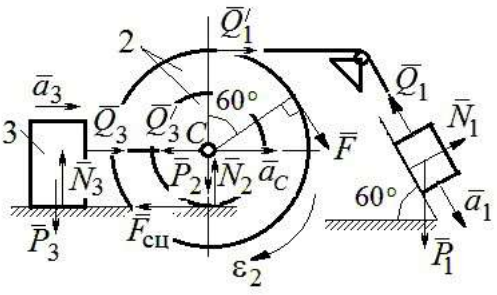


Рис. 7.39. Расчётная схема к упражнению 5.7

$$m_2 a_C = Q_1' - Q_3' - F_{\text{сц}} + F\cos 60^\circ;\ J_{2C}\varepsilon_2 = Q_1' R + FR + F_{\text{сц}} r,\ J_{2C} = m_2 i_2^2.$$

Соотношения ускорений: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{R+r}$, $a_C = \dfrac{a_1 r}{R+r}$, $a_3 = a_C$. Подставляя данные задачи, с учётом, что модули сил $Q_1' = Q_1$ и $Q_3' = Q_3$, получим систему уравнений:

$$ma_1 = mg\frac{\sqrt{3}}{2} - Q_1;\ \frac{2}{3}ma_1 = Q_3;$$

$$ma_1 = Q_1 - Q_3 - F_{\text{сц}} + \frac{1}{2}mg;\ 3ma_1 = 2Q_1 + 2mg + F_{\text{сц}}.$$

Находим $a_1 = \dfrac{3}{46}\left(5+3\sqrt{3}\right)g \approx 0{,}44g;\ Q_1 = 0{,}21mg;\ Q_3 = 0{,}44mg$.

7.6. Ответы к упражнениям главы 6

6.1

Внешние силы, действующие на систему: силы тяжести – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и реакции опор $\vec{N}_3$, $\vec{R}_3$ Приложим к телам системы, силы инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ (рис. 7.40, *a*). В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Составляем условие равновесия системы сил в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:

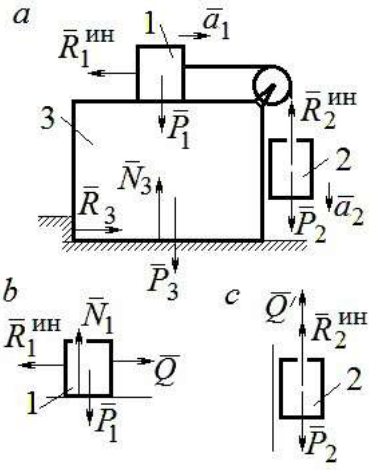


Рис. 7.40. Расчётная схема к упражнению 6.1

$$R_3 - R_1^{\text{ин}} = 0,\ N_3 - P_3 - P_1 - P_2 + R_2^{\text{ин}} = 0.$$

Для вычисления сил инерции рассмотрим отдельно грузы 1 и 2, заменяя действие соединяющей их нити реакцией (рис. 7.40, *b*, *c*). Присоединим к грузам силы инерции и, применив принцип Даламбера, составим уравнения равновесия систем сил - для груза 1 в проекции на горизонтальную ось, для груза 2 – на вертикальную:

$$Q - R_1^{\text{ин}} = 0;\ P_2 - Q' - R_2^{\text{ин}} = 0,$$

где $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$.

Решая полученную систему с учётом равенства модулей сил $Q = Q'$ и ускорений грузов $a_1 = a_2$, находим ускорение грузов: $a_1 = a_2 = 0{,}5g$. Тогда давление призмы на горизонтальную поверхность: $N_3 = 2{,}5mg$.

6.2

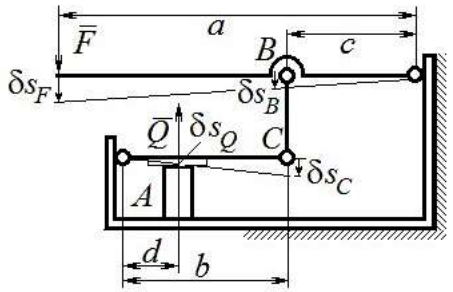


Рис. 7.41. Расчётная схема к упражнению 6.2

Активными силами в системе являются силы $\vec{F}$ и $\vec{Q}$. Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия: $\delta A\left(\vec{F}\right) + \delta A\left(\vec{Q}\right) = 0$ или $F\delta s_F - Q\delta s_Q = 0$, где δs_F и δs_Q – возможные перемещения точек приложения сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$.

Имеем соотношения: $\dfrac{\delta s_F}{\delta s_B} = \dfrac{a}{c}$, $\dfrac{\delta s_C}{\delta s_Q} = \dfrac{b}{d}$, где δs_B и δs_C – возможные перемещения точек B и C, причём $\delta s_B = \delta s_C$. Тогда $\delta s_Q = \dfrac{cd}{ab}\delta s_F$ и сила, сжимающая деталь A под прессом, равна $Q = \dfrac{ab}{cd}F$.

6.3

Активными силами, совершающими работу при движении системы, являются силы тяжести $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$ и пары сил с моментами M_1 и M_2. Связи идеальные.

Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A\left(\vec{P}_3\right) + \delta A\left(\vec{P}_4\right) + \delta A(M_1) + \delta A(M_2) = 0 \text{ или}$$

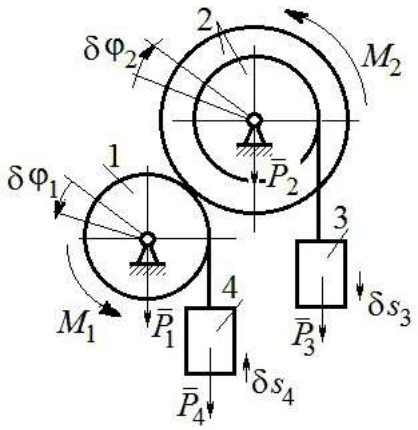


Рис. 7.42. Расчётная схема к упражнению 6.3

$$P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4 + M_1\delta\varphi_1 - M_2\delta\varphi_2 = 0,$$

где $\delta s_3, \delta s_4$ – элементарные перемещения грузов 3, 4; $\delta\varphi_1, \delta\varphi_2$ – элементарные повороты валов 1 и 2. Выразим все перемещения через угол поворота вала 2: $\delta s_3 = \delta\varphi_2 r$, $\delta\varphi_1 = 3\delta\varphi_2$, $\delta s_4 = 3r\delta\varphi_2$ и подставим в уравнение равновесия. Получим: $M_2 = 4Pr$.

6.4

Система с идеальными связями. Активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом $M_{\text{вр}}$ (рис. 7.43).

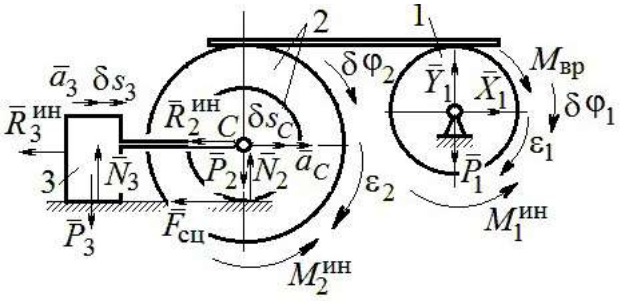


Рис. 7.43. Расчётная схема к упражнению 6.4

Направления поворотов дисков и их угловые ускорения показаны на рис. 7.43 дуговыми стрелками $\delta\varphi_1, \varepsilon_1$ и $\delta\varphi_2, \varepsilon_2$. Направления движения центра масс катка 2, груза 3 и их ускорения обозначены: $\delta s_C, a_C$ и $\delta s_3, a_3$.

Кинематические соотношения между перемещениями и ускорениями:

$$\delta s_C = \delta s_3,\ a_C = a_3,\ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_3}{r},\ \varepsilon_2 = \frac{a_3}{r},\ \delta\varphi_1 = \frac{3\delta s_3}{r},\ \varepsilon_1 = \frac{3a_3}{r}.$$

Присоединим к телам системы силы инерции.

Модули главных векторов сил инерции: $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_3 = ma_3$;

$$R_2^{\text{ин}} = m_2 a_C = 2ma_3;\ M_2^{\text{ин}} = m_2 i_2^2 \varepsilon_2 = 4{,}5mra_3;\ M_1^{\text{ин}} = \frac{m_1 R_1^2}{2}\varepsilon_1 = 1{,}5mra_3.$$

Элементарные работы активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = M_{\text{вр}}\delta\varphi_1 = (mg\sin\omega t)3\delta s_3.$$

Элементарные работы сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_2^{\text{ин}}\delta s_C - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2 - M_1^{\text{ин}}\delta\varphi_1 =$$

$$= -ma_3\delta s_3 - 2ma_3\delta s_3 - 4{,}5ma_3\delta s_3 - 1{,}5ma_3 3\delta s_3 = -12ma_3\delta s_3.$$

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = m(3g\sin\omega t - 12a_3)\delta s_3 = 0.$$

Ускорение груза 3: $a_3 = 0{,}25g\sin\omega t$, или $\ddot{s}_3 = 0{,}25g\sin\omega t$. Интегрируя дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза: $s_3 = \dfrac{0{,}25g}{\omega}\left(t - \dfrac{1}{\omega}\sin\omega t\right)$.

6.5

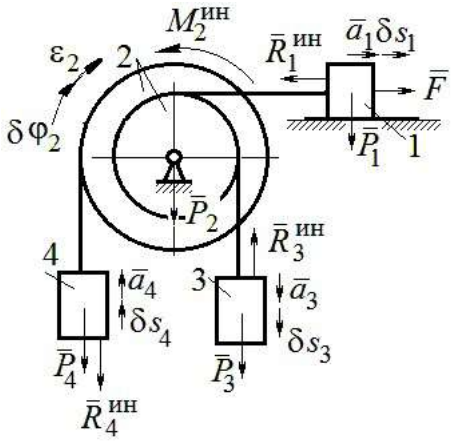


Рис. 7.44. Расчётная схема к упражнению 6.5

Система с идеальными связями. Активные силы и главные вектора сил инерции показаны на рис. 7.44.

Элементарные работы активных сил: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = F\delta s_1 + P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4$ и сил инерции $\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_4^{\text{ин}}\delta s_4 - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2$, где модули сил инерции: $R_1^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_1$, $R_3^{\text{ин}} = \dfrac{P_3}{g}a_3$, $R_4^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_4$, $M_2^{\text{ин}} = \dfrac{P_2}{g}i_2^2\varepsilon_2$.

Кинематические соотношения: $\delta s_3 = \delta s_1$, $a_3 = a_1$, $\delta s_4 = 2\delta s_1$, $a_4 = 2a_1$, $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta s_1}{r}$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$. Общее уравнение динамики:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = P(t+1)\delta s_1 + P\delta s_1 - 2P\delta s_1 -$$

$$-\left(\frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{2P}{g}2a_1 2\delta s_1 + \frac{2P}{g}2r^2\frac{a_1}{r}\frac{\delta s_1}{r}\right) = P\left(t - \frac{14a_1}{g}\right)\delta s_1 = 0.$$

Находим уравнение движения груза 3: $a_3 = a_1 = \dfrac{1}{14}gt$, или $\ddot{x}_3 = \dfrac{1}{14}gt$.

Проинтегрировав дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза 3: $x_3 = \dfrac{1}{84}gt^3 \approx 0{,}012gt^3$.

6.6

Рассматриваемая механическая система (рис. 7.45) имеет одну степень свободы. Уравнение Лагранжа: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где T – кинетическая энергия системы: Q_x – обобщенная сила.

В качестве обобщённой координаты x выберем положение точки C относительно недеформированной пружины, отмеченной на рис. 7.45 величиной l_0. Обобщённая скорость $\dot{x}$.

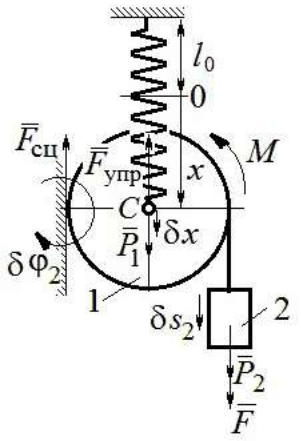


Рис. 7.45. Расчётная схема к упражнению 6.6

Кинетическая энергия катка: $T_1=\frac{1}{2}m_1V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_1^2$, где ω_1, V_C – угловая скорость катка и скорость его центра масс, $V_C=\dot{x}$, $\omega_1=\frac{V_C}{r}=\frac{\dot{x}}{r}$; момент инерции $J_{zC}=\frac{1}{2}m_1r^2$. Кинетическая энергия груза 2: $T_2=\frac{1}{2}m_2V_2^2$, где V_2 – скорость груза 2, $V_2=2V_C=2\dot{x}$. Кинетическая энергия системы, выраженная через обобщённую скорость: $T=T_1+T_2=\frac{7P}{2g}\dot{x}^2$.

В произвольном положении системы, определяемом координатой x, дадим центру масс катка возможное перемещение δx (см. рис. 7.45). Элементарная работа активных сил $\sum\delta A(F_{\text{к}})=P_1\delta x-F_{\text{упр}}\delta x+(P_2+F)\delta s_2-M\delta\varphi_1$. Полагая перемещения $\delta s_2=2\delta x$, $\delta\varphi_1=\frac{\delta x}{r}$, модуль силы упругости $F_{\text{упр}}=cx$ и с учётом данных задачи, получим $\sum\delta A(F_{\text{к}})=(3P-cx)\delta x$. Обобщённая сила $Q_x=3P-cx$.

Уравнение Лагранжа $\frac{7P}{g}\ddot{x}=3P-cx$, или $\ddot{x}+\frac{4g}{7r}x=\frac{3g}{7}$.

Решение уравнения (с нулевыми начальными условиями): $x = \frac{3}{4} r\left(1 - \cos\omega t\right)$. Закон движения груза: $s_2 = 2x = \frac{3}{2} r\left(1 - \cos\omega t\right)$.

6.7

Рассматриваемая система имеет две степени свободы. Обобщённые координаты – расстояния x_1, x_2 соответственно до грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных центров блоков *B* и *D* (рис. 7.46, *a*). Обобщённые скорости $\dot{x}_1$, $\dot{x}_2$. Кинетическая энергия грузов и блока 3:

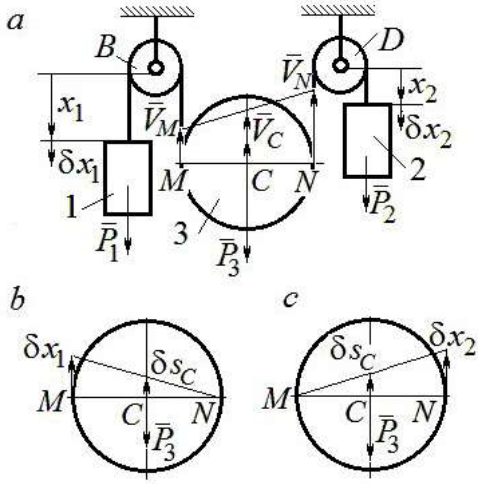


Рис. 7.46. Расчётная схема к упражнению 6.7: *a* – кинематика механизма; *b*, *c* – возможные перемещения блока 3 при вычислении обобщённых сил

$$T_1 = \frac{P_1 \dot{x}_1^2}{2g},\ T_2 = \frac{P_2 \dot{x}_2^2}{2g};$$

$$T_3 = \frac{P_3}{2g}\left(\frac{\dot{x}_1 + \dot{x}_2}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}\right)^2.$$

Здесь учтено (см. рис. 7.46, *a*): что

$$V_C = \frac{V_N + V_M}{2} = \frac{\dot{x}_2 + \dot{x}_1}{2};$$

$$\omega_2 = \frac{V_N - V_M}{2r} = \frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_1, оставляя координату x_2 постоянной: $\delta x_1 \neq 0$, $\delta x_2 = 0$. На этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *b*):

$$\sum \delta A(F_к) = P_1 \delta x_1 - P_3 \delta s_C = \left(P_1 - \frac{1}{2} P_3\right)\delta x_1.$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = P_1 - \frac{1}{2} P_3$.

Дадим системе другое независимое возможное перемещение – по координате x_2, так, что $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$. При этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *c*):

$$\sum \delta A(F_{\text{к}}) = P_2 \delta x_2 - P_3 \delta s_C = \left(P_2 - \frac{1}{2} P_3 \right) \delta x_2 .$$

Обобщённая сила $Q_{x_2} = P_2 - \frac{1}{2} P_3$.

Уравнения Лагранжа

$$\left(P_1 + \frac{3}{8} P_3 \right) \frac{\ddot{x}_1}{g} + \frac{1}{8} P_3 \frac{\ddot{x}_2}{g} = P_1 - \frac{1}{2} P_3 , \quad \frac{1}{8} P_3 \frac{\ddot{x}_1}{g} + \left(P_2 + \frac{3}{8} P_3 \right) \frac{\ddot{x}_2}{g} = P_2 - \frac{1}{2} P_3 \text{ или}$$

$$7\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2 = 0 , \; \ddot{x}_1 + 9\ddot{x}_2 = 2g .$$

Ускорения грузов: $\ddot{x}_1 = -\frac{1}{31} g$, $\ddot{x}_2 = \frac{7}{31} g$. Ускорение центра масс блока $\ddot{x}_C = \frac{\ddot{x}_2 + \ddot{x}_1}{2} = \frac{6}{31} g$. Груз 1 и центр блока 3 движутся вверх, груз 2 – вниз. (Сравнить с задачей 70.)

6.8

Система с двумя степенями свободы. Обобщённые координаты: x_1 – положение центра масс катка 1 (точки C_1) относительно неподвижной вертикальной стены; x_2 – положение центра масс катка 2 (точки C_2) относительно подвижного края платформы.

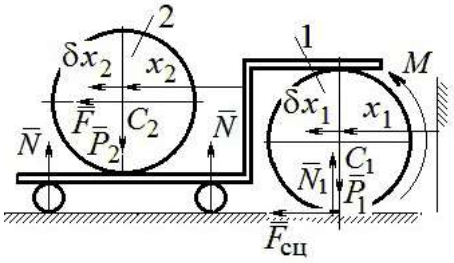


Рис. 7.47. Расчётная схема к упражнению 6.8

Кинетическая энергия системы

$$T = \frac{3}{4} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} \left[m_2 \left(\dot{x}_2 + 2\dot{x}_1 \right)^2 + \frac{m_2 r^2}{2} \left(\frac{\dot{x}_2}{r} \right)^2 \right] = \frac{P}{g} \left(\frac{11}{4} \dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2 + 2\dot{x}_1 \dot{x}_2 \right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_1 $\left(\delta x_1 \neq 0 \right)$, оставляя другую координату x_2 неизменной $\left(\delta x_2 = 0 \right)$. Работу совершают момент M и сила $\overline{F}$. Суммарная работа

$$\sum \delta A(F_{\text{к}}) = M \delta \varphi_1 + F \delta s_{C_2} = M \frac{\delta x_1}{r} + F 2 \delta x_1 = 4 P \delta x_1 .$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = 4P$.

При другом независимом возможном перемещении $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$ суммарная работа внешних сил $\sum \delta A(F_к) = F\delta x_2$ и обобщённая сила, соответствующая координате x_2, равна $Q_{x_2} = P$.

Уравнения Лагранжа

$$\frac{P}{g}\left(\frac{11}{2}\ddot{x}_1 + 2\ddot{x}_2\right) = 4P,\ \frac{P}{g}\left(2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1\right) = P, \text{ или}$$

$$11\ddot{x}_1 + 4\ddot{x}_2 = 8g,\ 2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1 = g$$

Ускорение центра катка 1 $\ddot{x}_1 = \frac{6}{7}g$. Тележка катится в направлении оси x_1. Ускорение центра катка 2 относительно тележки $\ddot{x}_2 = -\frac{5}{14}g$. Закон относительного движения центра катка 2 при нулевых начальных условиях: $x_2 = -\frac{5}{28}gt^2$. Каток катится к правому борту тележки.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бать М. И., *Джанелидзе Г. Ю.*, *Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах: Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

Бутенин Н. В., *Лунц Я. Л.*, *Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: В 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

Вебер Г. Э., *Ляпцев*, *С. А*. Лекции по теоретической механике. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебник для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Валерий Григорьевич Брагин
Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Редактор *Л.В. Устьянцева*

Компьютерная версия

Подписано в печать 26.10.2018 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 15,625. Уч. изд. л. 10,5. Тираж экз. Заказ №
Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов

Екатеринбург
2017

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«15» декабря 2017 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

В 67

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от 19.12.2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета.

Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

В67 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов. / Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков, Уральский государственный горный университет. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 156 с.

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов содержит краткие методические указания, контрольные задания и примеры выполнения заданий по темам: «Статика твердого тела. Равновесие произвольной плоской и пространственной систем сил», «Кинематика вращательного и плоскопараллельного движений твердого тела. Определение скоростей и ускорений точек твёрдого тела», «Сложное движение точки», «Динамика точки. Дифференциальные уравнения движения точки. Гармонические и вынужденные колебания точки. Применение теоремы об изменении кинетической энергии при исследовании движения точки», «Применение общих теорем динамики к исследованию движения механической системы», «Принципы механики. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы», «Уравнения Лагранжа II рода».

Учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей очной формы обучения.

© Волков Е. Б., Казаков Ю. М., 2017
©Уральский государственный горный университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА 4
1.1. Основные виды связей и их реакции 4
1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары 5
1.3. Условия равновесия систем сил 7
1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел 8
1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил 17
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА 26
2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки 26
2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси 28
2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела 29
2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях 32
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении 38
2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении 46
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ 57
3.1. Основные понятия сложного движения точки 57
3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении 60
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ 73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки. 73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки ... 73
4.3. Колебания материальной точки 80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки 84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки. 95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии 96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы. 103
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы 104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. 112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии 114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА 124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики 124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики 126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода 136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа 137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы 145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 155

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Статика представляет раздел теоретической механики, в котором изучаются условия равновесия твердых тел под действием системы сил.

1.1. Основные виды связей и их реакции

Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения. Реакция приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей. При опоре углом, или на угол (рис. 1.1, *a*), реакция направлена по нормали к одной из поверхностей. **Гибкая связь**. Если на тело наложена связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса), то реакция связи $\vec{T}$, равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити (рис. 1.1, *b*).

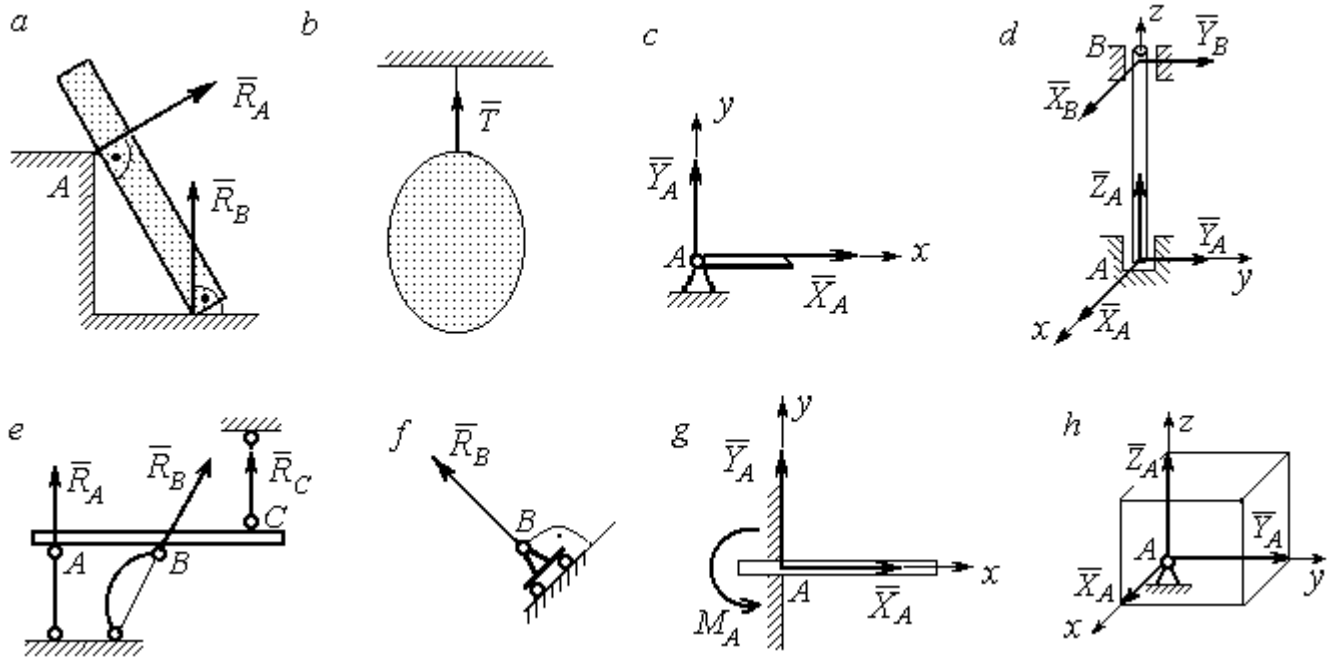


Рис. 1.1. Виды связей и их реакции:
a – реакция опоры тела на гладкую поверхность без трения; *b* – реакция связи гибкой нерастяжимой нити; *c* – реакция цилиндрического шарнира; *d* – реакция подшипника и подпятника; *e* – реакция невесомого стержня; *f* – реакция подвижной опоры; *g* – реакция жесткой заделки; *h* – реакция пространственного шарнира

Цилиндрический шарнир (подшипник) создает соединение, при котором одно тело может вращаться по отношению к другому. Реакция цилиндрического шарнира лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач реакцию цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей (рис. 1.1, *c*). Реакция подшипника $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *d*) также изображается своими составляющими $\vec{X}_B$ и $\vec{Y}_B$, взятыми по направлениям координатных осей в плоскости, перпендикулярной оси вращения подшипника. Величина реакции определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. **Реакция прямолинейного невесомого стержня с шарнирными соединениями на краях** направлена вдоль самого стержня, а криволинейного – вдоль линии, соединяющей точки крепления стержня (рис. 1.1, *e*). **Реакция подвижной опоры** $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *f*) направлена по нормали к поверхности, на которую опираются катки опоры. **Жесткая заделка** (рис. 1.1, *g*) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция заделки состоит из силы реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом M_A. При решении задач силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей. Модуль реакции определяется по формуле $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. Виды связей и их реакции показаны на рис. 1.1.

1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары

Алгебраическим моментом силы *F* относительно центра *O* $M_O(\vec{F})$, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра *O*, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ на кратчайшее расстояние *h* от центра *O* до линии действия силы: $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$ (рис. 1.2, *a*).

Величину h называют **плечом силы**. Момент силы относительно центра считается положительным, если сила стремится повернуть тело вокруг центра против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

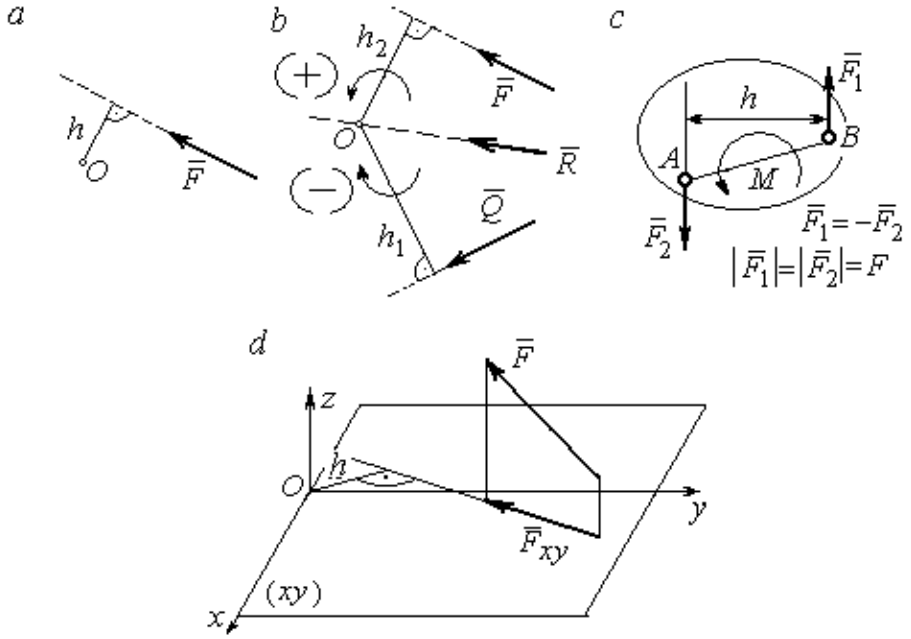


Рис. 1.2. Схемы для вычисления моментов сил:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил;
d – момент силы относительно оси

На рис. 1.2, *b* показано, что момент силы $\vec{F}$ относительно центра O положительный, а момент силы $\vec{Q}$ относительно того же центра – отрицательный. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра O равен нулю, так как линия действия этой силы проходит через центр O и плечо силы равно нулю.

Парой сил, или просто парой (рис.1.2, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары на плечо пары – кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Правило знаков такое же, как и для момента силы. На рисунках пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. M на рис. 1.2, *c*).

Моментом силы относительно оси называют момент проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с этой плоскостью. На рис. 1.2, *d* показано вычисление момента силы F относительно оси *z*: $M_z(\vec{F}) = F_{xy}h$, где F_{xy} – проекция силы $\vec{F}$ на плоскость *xy*, перпендикулярную оси *z*, *h* – плечо проекции F_{xy} относительно центра *O* – точки пересечения оси *z* и плоскости *xOy*.

1.3. Условия равновесия систем сил

Плоской системой сил называется система сил, расположенных в одной плоскости.

Основная форма условий равновесия плоской системы сил. Для равновесия плоской системы сил, приложенных к твердому телу, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, также была равна нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра A.

Пространственной системой сил называется система сил, расположенных произвольно в пространстве.

Для **равновесия пространственной системы сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси x, y, z; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей.

Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называют **внутренними,** в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию. Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию с внутренними связями, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. При этом в уравнения равновесия должны входить только силы, непосредственно приложенные к тому телу, равновесие которого рассматривается.

1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел

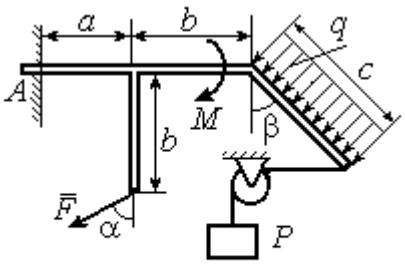
Каждый вариант задания включает две задачи по темам: «Равновесие произвольной плоской системы сил» и «Равновесие системы тел».

В задачах требуется определить реакции связей конструкции исходя из условия равновесия произвольной плоской системы сил. Весом стержневых подпорок, поддерживающих балочные конструкции, и блоков, через которые перекинуты невесомые нити, пренебречь.

Варианты заданий даны на рис. 1.3 – 1.6. Исходные данные приведены в табл. 1.1. Из таблицы исходных данных выбираются значения тех параметров, которые указаны на схемах.

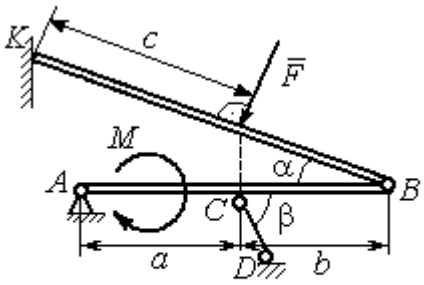
Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

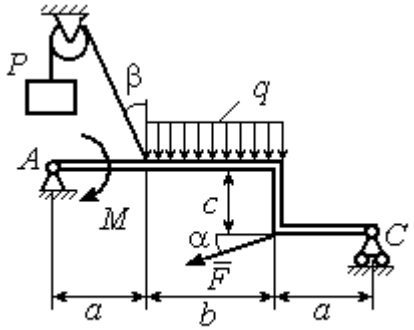
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

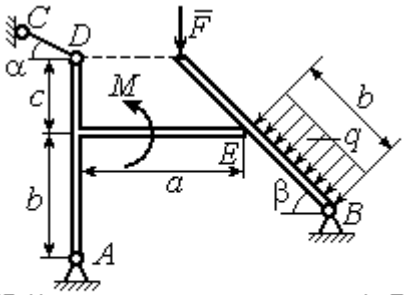
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

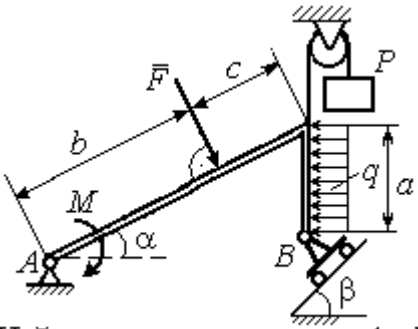
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию опоры в точке E и реакцию стержня CD

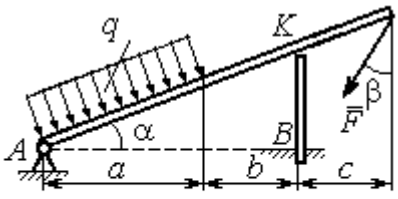
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Найти реакцию шарниров A и B

Задача 2

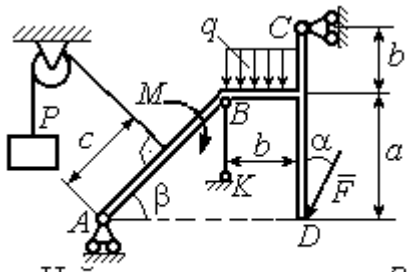


Найти реакцию шарнира A, реакцию опоры в точке K и реакцию жесткой заделки в точке B

Рис. 1.3. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

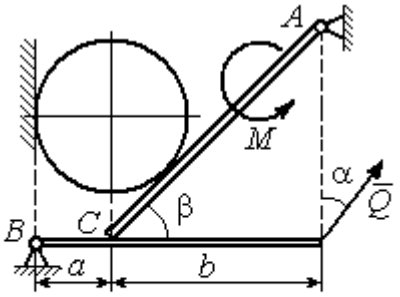
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



Найти усилие в стержне BK и реакцию шарниров A, C

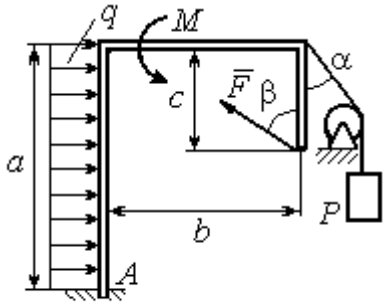
Задача 2



Вес шара P. Найти реакцию шарниров A, B, давление шара на балку и стенку, реакцию опоры балки в точке C и уравновешивающую силу Q

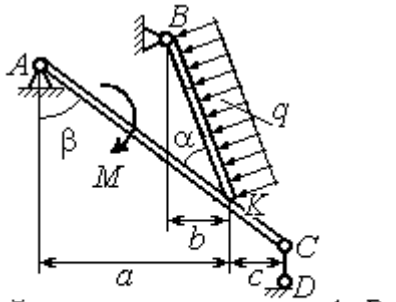
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

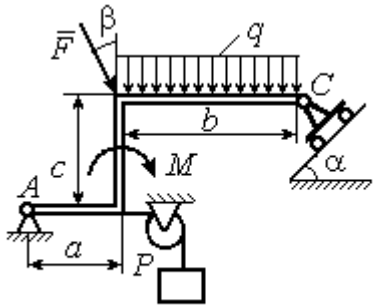
Задача 2



Найти реакцию шарнирв A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

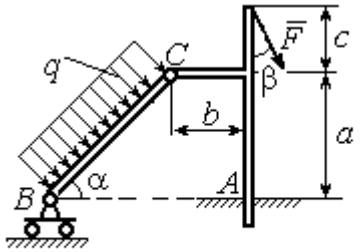
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

Задача 2

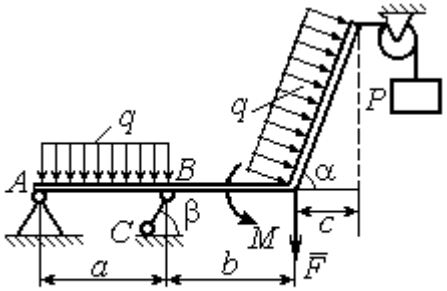


Найти реакцию жесткой заделки в точке A и реакции шарниров B и C

Рис. 1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 –26

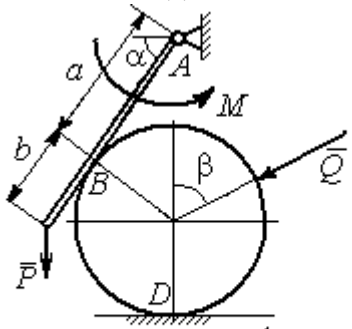
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

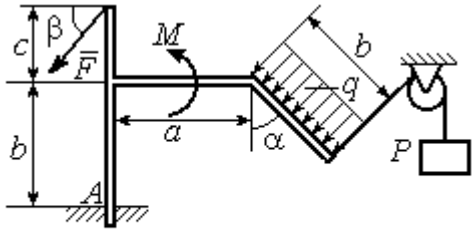
Задача 2



Найти реакцию шарнира A, давление балки на шар, реакцию опоры шара в точке D и уравновешивающую силу Q

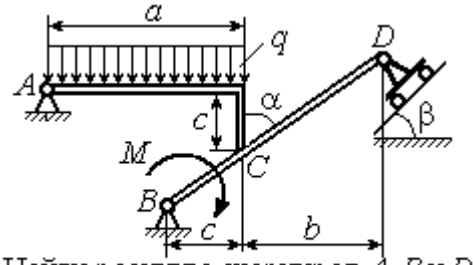
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

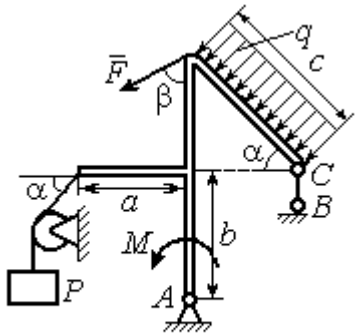
Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B и D и реакцию опоры в точке C

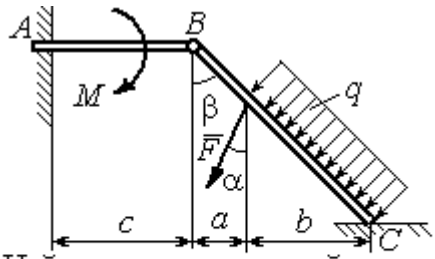
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

Задача 2



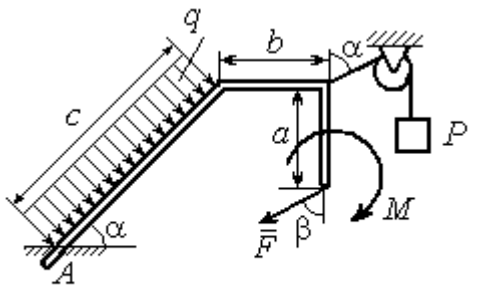
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

Рис. 1.5. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Окончание вариантов задания С1

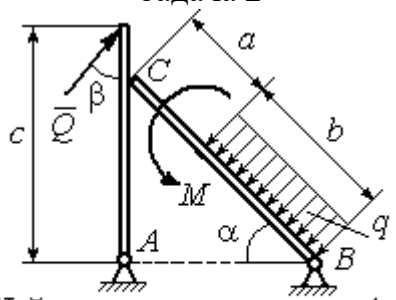
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B, реакцию опоры в точке C и уравновешивающую силу Q

Рис. 1.6. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 1.1

Исходные данные задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
P, кН	6	5	6	12	6	6	10	3	8	5	10	4	8	10	8
F, кН	12	6	10	5	12	8	6	5	6	2	12	8	12	6	10
q, кН/м	5	4	2	3	6	3	5	2	2	4	6	2	3	4	5
M, кН·м	12	8	6	8	12	5	12	8	4	6	8	12	10	6	10
α, град	45	60	30	60	30	30	45	60	30	30	45	30	60	45	60
β, град	60	30	45	30	60	90	60	60	30	45	30	45	30	60	30
a, м	3	4	3	4	3	4	3	4	1	2	2	3	2	3	4
b, м	3	3	4	3	2	4	3	3	2	3	3	3	4	3	2
c, м	4	2	2	2	3	2	2	1	5	4	4	2	1	2	2

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P, кН	10	8	10	6	4	6	12	10	5	6	8	6	8	4	6
F, кН	6	12	12	8	3	14	10	8	15	10	12	8	10	10	2
q, кН/м	5	3	4	3	2	3	2	5	4	2	3	4	5	2	4
M, кН·м	10	6	8	6	5	12	4	6	8	10	12	10	6	4	8
α, град	60	60	30	45	60	30	60	45	30	60	45	30	30	30	45
β, град	45	30	30	60	60	45	30	60	30	45	90	30	60	45	30
a, м	3	4	3	1	2	2	4	1	4	3	4	3	2	1	2
b, м	2	4	3	3	4	1	4	3	2	2	2	2	2	2	2
c, м	3	2	2	4	5	4	2	2	1	1	1	2	1	3	5

Пример выполнения задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.

Задача 1**.** Рама *ACE* (рис. 1.7) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара с моментом $M = 8$ Нм, сила $F = 10$ Н, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная нагрузка интенсивностью $q = 2$ Н/м, приложенная на отрезке *AB*. В точке *E* под прямым углом к участку балки *CE* прикреплен трос, несущий груз $P = 20$ Н. Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира *A* и реакцию стержневой опоры *BK*, если $a = 2$ м.

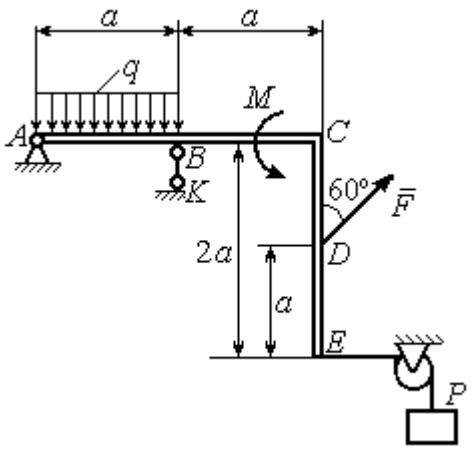


Рис. 1.7. Конструкция рамы

Решение

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.8. Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию шарнира *A* двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль горизонтальной и вертикальной осей (см. рис. 1.8). Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры *BK* приложена в точке *B* и направлена вдоль стержня *BK*. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка *AB* и по модулю равна $Q = qa = 4$ Н. Действие груза *P* на раму изображается реакцией $\vec{T}$, равной по величине весу груза.

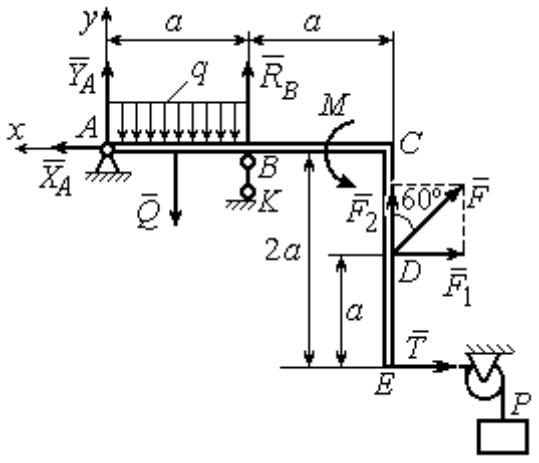


Рис. 1.8. Силы и реакции связей, действующие на раму при её равновесии

При равновесии рамы действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему. Условия равновесия системы сил имеют вид: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси *x*, *y*, и моменты сил относительно центра *A*, уравнения равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0.$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q\frac{a}{2} + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0.$$

Здесь для вычисления момента силы $\vec{F}$ относительно центра *A* использована теорема Вариньона: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$, где $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$ (см. рис. 1.8).

Подставляя в уравнения равновесия исходные данные задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, R_B:

$$X_A - 28{,}66 = 0, \quad Y_A + R_B + 1 = 0, \quad R_B \cdot 2 + 121{,}32 = 0.$$

Решая систему, найдем X_A = 28,66 Н, Y_A = 59,66 Н, R_B = – 60,66 Н.

Отрицательное значение величины R_B означает, что фактическое направление реакции R_B стержневой опоры *BK* противоположно направлению, показанному на рис. 1.8. Численное значение реакции шарнира

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18 \text{ Н}.$$

Задача 2. Балка *ABLC* с вертикальной частью *AB* и горизонтальной перекладиной *LC* закреплена в точке *A* с помощью жесткой заделки (рис. 1.9). Наклонная балка *EC* с углом наклона к горизонту 60° в точке *C* шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине *CL*, а в точке *E* закреплена на шарнирно-подвижной опоре, установленной на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках *BL* и *DE* нагрузка с одинаковой интенсивностью $q = 2$ кН/м, сила $\vec{F}$, приложенная в точке *D* перпендикулярно балке *EC* и равная по величине $F = 10$ кН, и пара сил

с моментом M = 5 кН·м. Определить реакцию жесткой заделки A и реакции шарниров C и E, если a = 2 м.

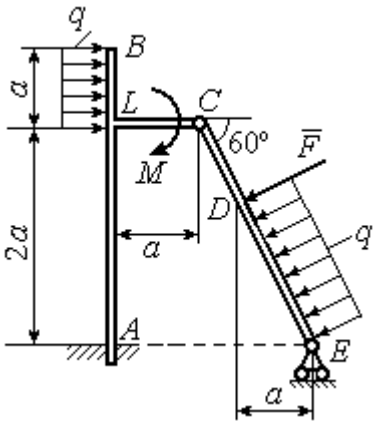


Рис. 1.9. Равновесие конструкции двух балок, соединённых шарниром

Решение

Разделяем систему на две части по шарниру C и рассмотрим равновесие балок $ABLC$ и EC отдельно. Изобразим обе балки и расставим внешние силы и реакции связей (рис. 1.10). Рассмотрим балку $ABLC$ (рис. 1.10, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, приложенной в середине отрезка BL, направленной в сторону действия нагрузки и равной $Q_1 = q \cdot a =$ 4 кН. Кроме силы $\vec{Q}_1$ и пары сил с моментом M на балку действуют реакция жёсткой заделки в точке A, имеющая своими составляющими силы $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ и пару сил с моментом M_A, а также реакция шарнира C, разложенная на составляющие $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ (см. рис. 1.10, *a*). Действующие на раму силы составляют уравновешенную плоскую систему сил. Выберем систему координат xAy, как показано на рис. 1.10, *a*, и составим уравнения равновесия:

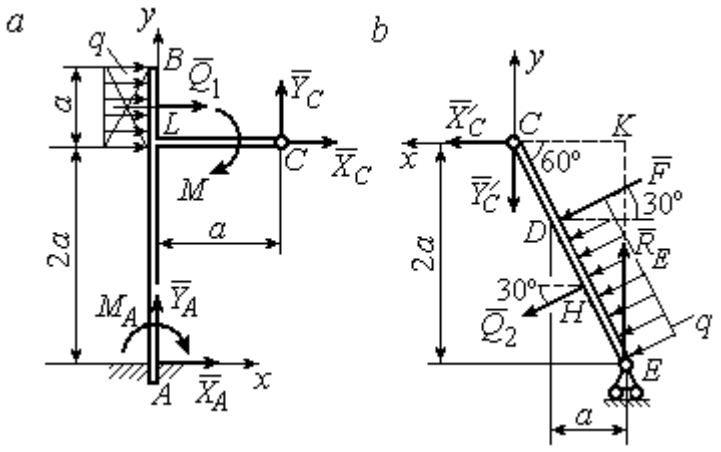


Рис. 1.10. Равновесие частей конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку $ABLC$;
b - силы и реакции связей, действующие на балку CE

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0,$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0.$$

Рассмотрим равновесие балки *EC*. Заменим равномерную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка *ED*, направленной в сторону действия нагрузки и равной по модулю $Q_2 = q \cdot 2a = 8$ кН. На балку кроме сил $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$ действуют реакции связей: $\vec{R}_E$ – реакция шарнирно-подвижной опоры в точке *E* и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ – составляющие реакции шарнира *C*. Силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю $X_C = X'_C$, $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.10, *a*, *b*). Действующие на балку *EC* силы образуют плоскую уравновешенную систему сил. Выберем систему координат *xCy,* как показано на рис. 1.10, *b,* и составим уравнения равновесия. При этом центром, относительно которого будем считать моменты сил, выберем точку *C*. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0,\ \sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0,$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot CD - Q_2 \cdot CH + R_E \cdot CK = 0.$$

Здесь плечи сил: $CD = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a$, $CH = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - a$, $CK = 2a\,\mathrm{tg}30^\circ$. Заменяя в уравнениях величины X'_C на X_C, а Y'_C на Y_C и подставляя исходные данные, получим систему уравнений:

$$X_A + X_C + 4 = 0,\ Y_A + Y_C = 0,\ -M_A - 4X_C + 2Y_C - 25 = 0,$$

$$X_C + 15{,}59 = 0,\ -Y_C + R_E - 9 = 0,\ 2{,}31R_E - 27{,}14 = 0,$$

откуда найдём величины реакции жесткой заделки и реакции шарниров:

$$X_A = 11{,}59 \text{ кН},\ Y_A = -2{,}76 \text{ кН},\ M_A = 42{,}87 \text{ кН·м},$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН},\ Y_C = 2{,}76 \text{ кН},\ R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Модули реакций жесткой заделки *A* и шарнира *C*:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91 \text{ кН},\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83 \text{ кН}.$$

1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил

В заданиях рассматривается равновесие однородной плиты или вала (прямого или с «ломаной» осью) с насаженным на него шкивом.

Вал закреплен подпятником и подшипником и удерживается в равновесии. На вал действуют сила $\vec{F}$, пара сил с моментом M и сила $\vec{P}$. На шкив вала намотана нить, к свободному концу которой, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом Q. Для вала определить реакции подшипника и подпятника и величину уравновешивающей силы Q (или момента M).

Плита весом P закреплена пространственным шарниром, подшипником и удерживается в заданном положении невесомым стержнем. На плиту действуют силы $\vec{F}$, $\vec{Q}$ и пара сил с моментом M. Для плиты найти реакции сферического и цилиндрического шарниров и реакцию стержня.

Варианты задания даны на рис. 1.11 – 1.13. Исходные данные для выполнения задания приведены в табл. 1.2.

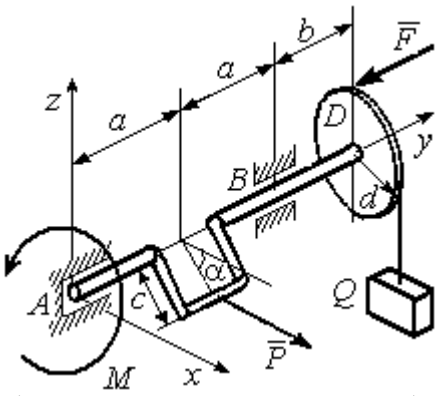
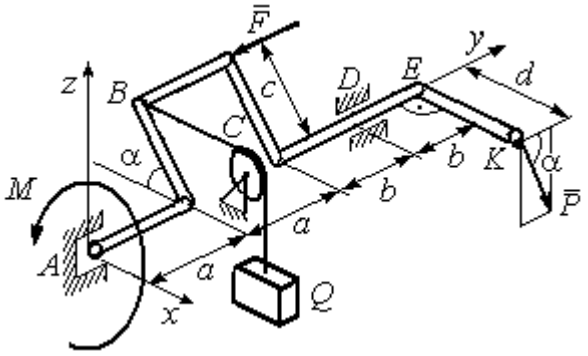
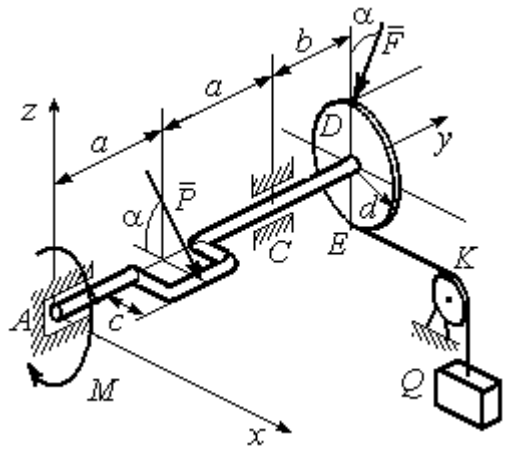
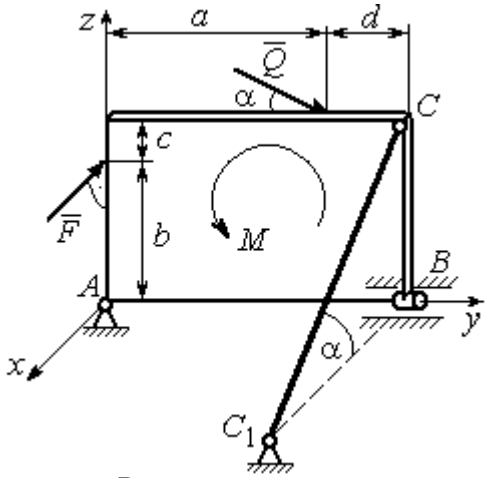
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ параллельна оси Ax; нить, удерживающая груз, сходит со шкива вертикально. Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и B и величину уравновешивающего груза Q	Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной zAy; отрезок нити BC параллелен оси Ax; рукоять вала EK параллельна оси Ax. Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и D и величину уравновешивающего момента M

Рис. 1.11. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 1 – 2, 11 – 12, 21 – 22

Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	
Сила $\vec{F}$, лежит в плоскости *zAy*; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной *zAx*, отрезок нити *EK* параллелен оси *Ax*. Найти реакции подпятника и подшипника в точках *A* и *C*, а также величину уравновешивающего груза *Q*	Плита весом *P* расположена в плоскости *zAy*; пара сил с моментом *M* действует в плоскости плиты; стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной *zAx*; сила $\vec{Q}$ действует в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ перпендикулярна плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1

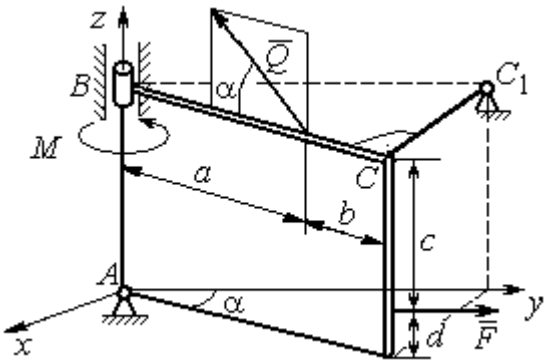
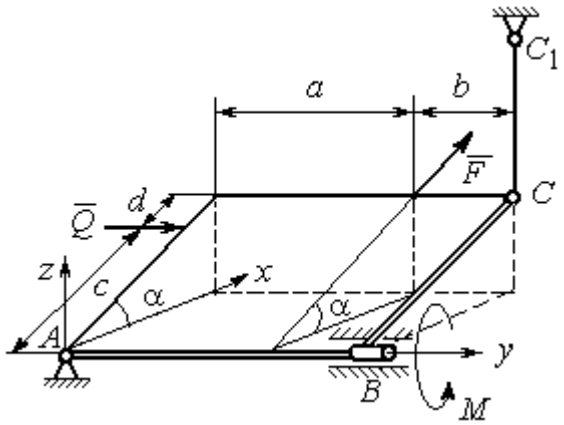
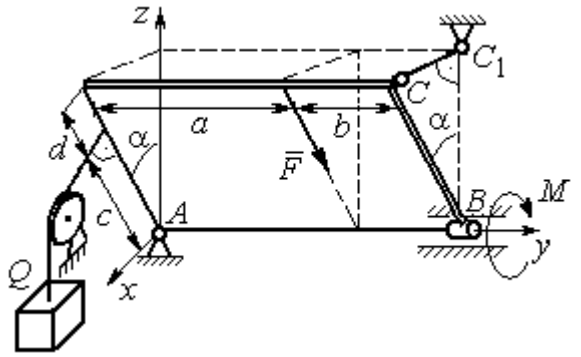
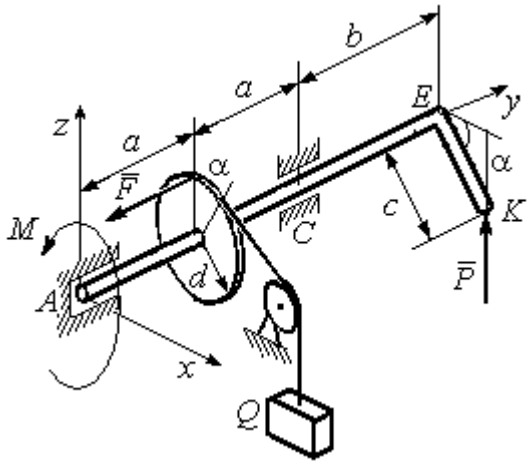
Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Плита весом *P* отклонена на угол α от вертикальной плоскости *zAy*; сила $\vec{Q}$ лежит в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ параллельна оси *Ay*; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1	Плита весом *P* отклонена на угол α от горизонтальной плоскости *xAy*; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна боковой стенке плиты и параллельна оси *Ay*; сила $\vec{F}$ расположена в плоскости плиты и параллельна её боковым стенкам; стержень CC_1 параллелен оси *Az*. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1

Рис. 1.12. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 3 – 6, 13 – 16, 23 – 26

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Плита весом *P* отклонена на угол α от вертикальной плоскости *zAy*; нить, удерживающая груз *Q*, находится плоскости *zAx*, прикреплена к боковой стенке плиты и перпендикулярна ей; сила $\vec{F}$ параллельна боковым стенкам плиты; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости *zAy*. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1	Рукоять *EK* перпендикулярна оси вала и наклонена под углом α к горизонтальной плоскости *xAy*; сила $\vec{P}$ параллельна оси *Az*; сила $\vec{F}$ параллельна оси A*y*; нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива по касательной. Найти реакции подпятника *A*, подшипника *C*, и величину уравновешивающего груза *Q*

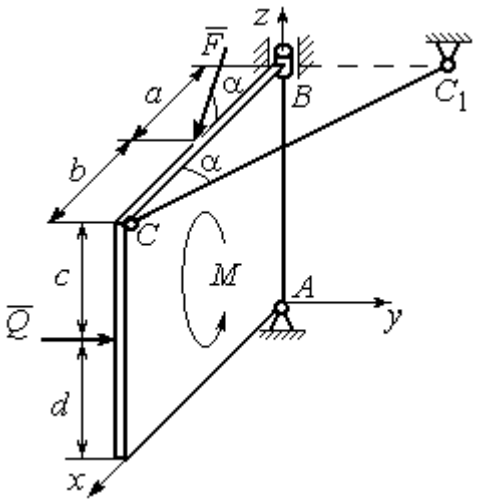
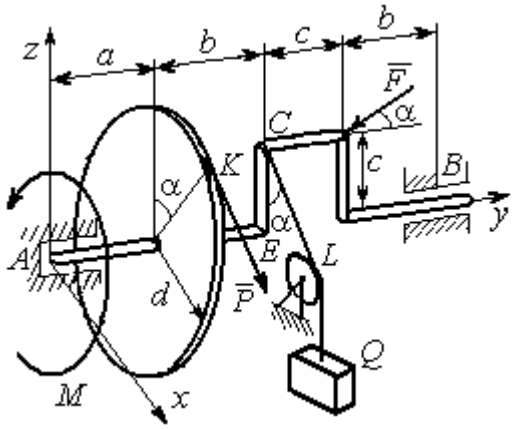
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	
Плита весом *P* находится в вертикальной плоскости *zAx*; стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной *xAy*; пара сил с моментом *M* действует в плоскости плиты; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна плоскости плиты; сила $\vec{F}$ лежит в плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1	Сила $\vec{F}$ находится в плоскости *zAy*; стойка *CE* находится в плоскости *zAy*; отрезок *CL* нити, удерживающей груз, находится в плоскости параллельной *xAz*; сила $\vec{P}$ находится в плоскости шкива и направлена по касательной к ободу в точке *K*. Найти реакции подпятника *A*, подшипника *B* и величину уравновешивающего момента *M*

Рис. 1.13. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 1.2

Исходные данные для задания С2.
Равновесие пространственной системы сил

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
P, кН	5	4	6	10	16	15	12	10	15	14
F, кН	8	6	12	6	10	10	8	12	12	10
Q, кН	–	12	–	12	8	12	10	–	10	12
M, кН·м	12	–	10	8	12	6	8	6	8	–
α, град	60	30	30	30	60	60	60	30	30	60
a, м	1,2	0,8	1,4	0,6	1,2	0,9	1,4	0,4	0,8	0,8
b, м	1,0	0,6	1,1	0,4	0,8	0,4	0,6	1,2	0,2	0,6
c, м	0,8	0,5	0,8	0,3	1,4	0,8	1,2	0,8	0,4	0,4
d, м	0,4	0,4	0,6	0,2	0,4	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6

Номер варианта задания	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
P, кН	8	10	10	15	14	10	16	9	10	12
F, кН	6	12	16	8	12	14	10	15	8	10
Q, кН	–	14	–	10	10	12	14	–	12	14
M, кН·м	10	–	12	12	12	8	10	10	10	–
α, град	30	60	60	60	30	30	30	60	60	30
a, м	0,8	1,3	0,9	0,5	1,3	1,2	1,6	0,6	0,9	1,2
b, м	0,6	1,1	0,6	0,4	0,9	0,6	0,8	1,2	0,3	0,8
c, м	0,4	0,8	0,5	0,2	1,5	0,9	1,2	0,4	0,6	0,6
d, м	0,2	0,4	0,4	0,1	0,5	0,4	0,6	0,2	0,2	0,8

Номер варианта задания	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P, кН	10	12	5	8	10	14	18	12	14	10
F, кН	12	8	15	10	12	8	10	15	9	8
Q, кН	–	10	–	12	14	10	16	–	12	6
M, кН·м	12	–	16	14	8	10	8	12	10	–
α, град	90	30	60	30	45	30	30	60	60	30
a, м	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	0,8	1,0	0,8	1,2	0,9
b, м	0,8	0,6	0,9	1,0	0,9	0,6	0,8	1,4	0,6	0,4
c, м	0,4	1,2	0,8	0,6	1,5	0,9	1,1	0,5	0,8	0,6
d, м	0,4	1,5	0,5	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5

Примеры решения задания С2. Равновесие пространственной системы сил

Задача 1. Горизонтальный вал (рис. 1.14) закреплен в подпятнике *C* и подшипнике *K*. Вал имеет шкив I радиуса *R* и шкив II радиуса *r*, перпендикулярные оси вала. Рукоять *AE* параллельна оси *Cx*. Нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива I по касательной вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом *M*, закручивающая вал вокруг оси *Cy*. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной *zCy*, и составляет угол 60° с направлением оси *Cy*. Сила $\vec{P}$ приложена в точке *B* шкива II, определяемой центральным углом 30º, и направлена по касательной. Определить величину уравновешивающего момента *M* и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН, $F = 2$ кН, $Q = 3$ кН, $R = 0{,}6$ м, $r = 0{,}3$ м, $a = 0{,}8$ м, $b = 0{,}4$ м.

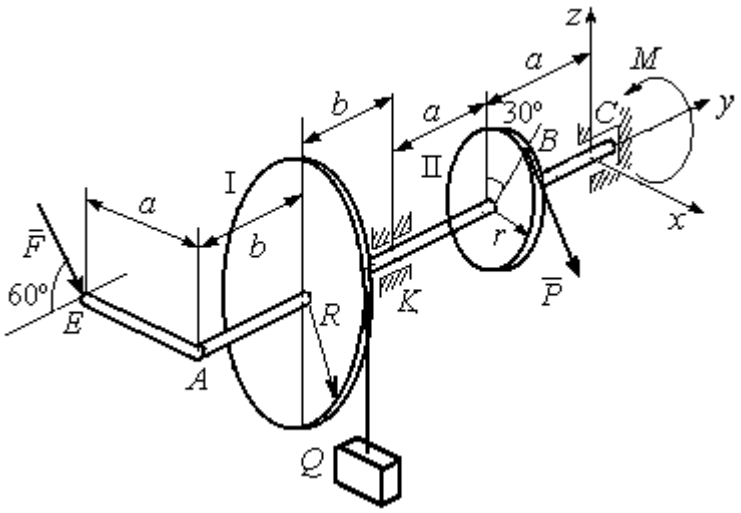


Рис. 1.14. Схема вала и его нагрузка

Решение

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют внешние силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом *Q*, подпятник *C* и подшипник *K*. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию подпятника *C* раскладываем на три со-

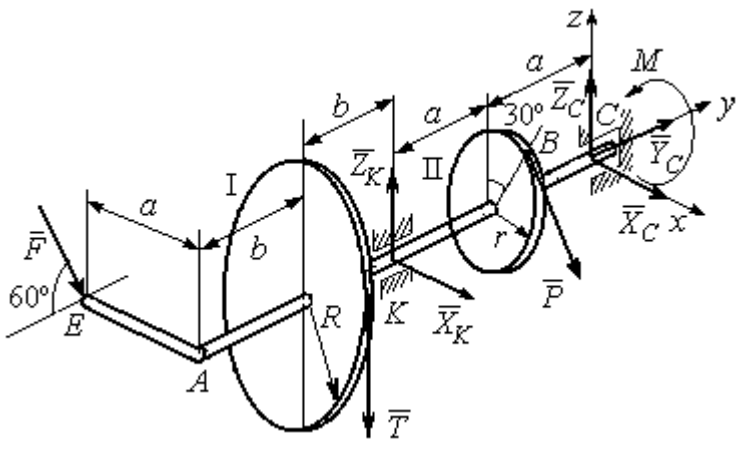


Рис. 1.15. Внешние силы и реакции связей вала

ставляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей. Реакция подшипника *K* лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки *K* и по модулю равна весу груза. Действие на вал внешних сил и реакций связи показано на рис. 1.15.

Внешние силы, действующие на вал, и реакции связей составляют произвольную пространственную систему сил, эквивалентную нулю ($\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_K, \vec{Z}_K, \vec{T}, \vec{X}_C, \vec{Y}_C, \vec{Z}_C, M$) ∞ 0, для которой уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0.$$

Для удобства при составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.16)

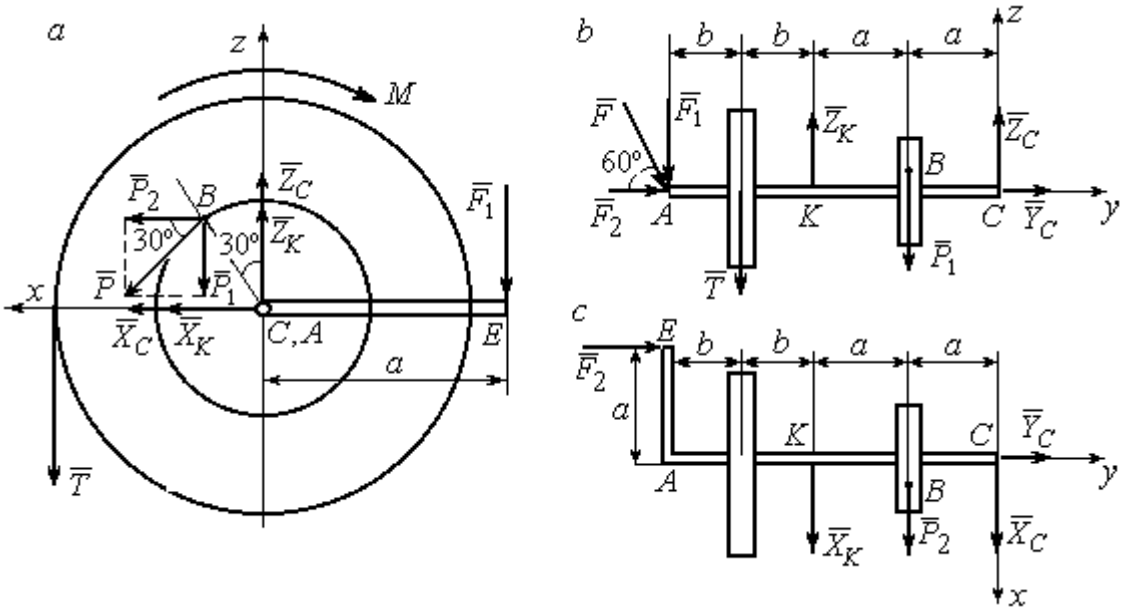


Рис. 1.16. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
a – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
b – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
c – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*.

На рис. 1.16, *а* показаны проекции всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций этих сил относительно точки *C*, получим значения моментов исходных сил относительно оси *y*.

Для вычисления моментов сил относительно оси *x* достаточно найти моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (см. рис. 1.16, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси z.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P_2 + X_K + X_C = 0,\ \sum F_{ky} = F_2 + Y_C = 0,$$

$$\sum F_{kz} = -P_1 + Z_K - T + Z_C - F_1 = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = P_1 a - Z_K 2a - T(2a + b) + F_1(2a + 2b) = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F_1 a + TR + Pr - M = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = P_2 a + X_K 2a - F_2 a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, с учётом того, что

$$P_1 = P\cos 60^\circ = 0{,}5P,\ P_2 = P\cos 30^\circ = 0{,}87P,$$

$$F_1 = F\cos 30^\circ = 0{,}87F,\ F_2 = F\cos 60^\circ = 0{,}5F$$ (см. рис. 1.16 *а*, *b*),

получим систему уравнений:

$$0{,}87 \cdot 4 + X_K + X_C = 0,\ \ 2 \cdot 0{,}5 + Y_C = 0,\ -4 \cdot 0{,}5 + Z_K - 3 + Z_C - 2 \cdot 0{,}87 = 0,$$

$$0{,}5 \cdot 4 \cdot 0{,}8 - 1{,}6Z_K - 3 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 0{,}4) + 2 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 2 \cdot 0{,}4) = 0,$$

$$-0{,}87 \cdot 0{,}8 + 3 \cdot 0{,}6 + 4 \cdot 0{,}3 - M = 0,\ 0{,}87 \cdot 4 \cdot 0{,}8 + 1{,}6 \cdot X_K - 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}8 = 0.$$

Решая систему, найдём: $X_C = -2{,}24$ кН, $Y_C = -1$ кН, $Z_C = 6{,}39$ кН, $X_K = -1{,}24$ кН, $Z_K = 0{,}35$ кН, $M = 2{,}3$ кН·м.

Окончательно, реакция подпятника $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 6{,}84$ кН,

реакция подшипника $R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 1{,}29$ кН.

Задача 2. Плита весом P расположена в вертикальной плоскости zAy. В точке А плита закреплена пространственным шарниром, а в точке B на оси y опирается на цилиндрический шарнир (подшипник). Плита удерживается в равновесии при помощи невесомого стержня CC_1, прикреплённого шарниром к плите в её верхнем углу, в точке C перпендикулярно плоскости плиты (рис. 1.17).

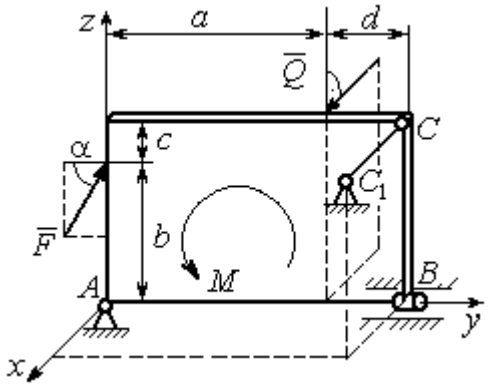


Рис. 1.17. Равновесие плиты

На плиту действует сила $\vec{Q}$, приложенная на краю плиты перпендикулярно её плоскости, и сила $\vec{F}$, лежащая в плоскости плиты и направленная под углом α к горизонту (см. рис. 1.17). Кроме того, в плоскости плиты на неё действует пара сил с моментом M. Найти реакции шарниров A и B и усилие в стержневой подпорке CC_1 при равновесии плиты, если параметры нагрузки: P = 1 кН, Q = 500 Н, F = 400 Н, M = 300 Н·м, $\alpha = 35^\circ$, a = 2 м, b = 1,5 м, c = 0,2 м, d = 0,4 м.

Решение

Заменим связи плиты их реакциями. Реакция шарнира A раскладывается на три составляющие: $\vec{X}_A$ $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Направления координатных осей показаны на рис. 1.17. Реакция подшипника B лежит в плоскости, перпендикулярной оси подшипника, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_B, \vec{Z}_B$, направленные вдоль координатных осей x, z. Реакция стержня $\vec{T}$ направлена вдоль стержня. Действие сил и реакций показано на рис.1.18.

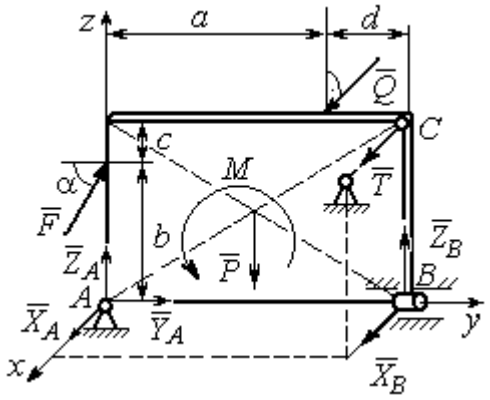


Рис. 1.18. Действие сил и реакций при равновесии плиты

Пространственная система сил, действующих на плиту, является уравновешенной: $(\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_B, \vec{Z}_B, \vec{T}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A, M) \infty 0$. Уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0.$$

В вычислениях моментов сил относительно осей будем считать момент положительным, если при взгляде со стороны положительного направления оси, сила вращает тело (плиту) против хода часовой стрелки. Получим:

$$\sum F_{kx} = 0,\ X_A + Q + X_B + T = 0,$$

$$\sum F_{ky} = 0,\ Y_A + F\cos\alpha = 0,$$

$$\sum F_{kz} = 0,\ Z_A + F\sin\alpha - P + Z_B = 0$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ -F\cos\alpha \cdot b - P \cdot 0{,}5(a+d) + Z_B(a+d) + M = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ Q \cdot (b+c) + T \cdot (b+c) = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = 0,\ -Q \cdot a - T \cdot (a+d) - X_B \cdot (a+d) = 0.$$

Подставив исходные данные задачи, получим систему уравнений:

$$X_A + 500 + X_B + T = 0,\ Y_A + 400 \cdot 0{,}82 = 0,\ Z_A + 400 \cdot 0{,}57 - 1000 + Z_B = 0,$$

$$-400 \cdot 0{,}82 \cdot 1{,}5 - 1000 \cdot 0{,}5 \cdot 2{,}4 + Z_B \cdot 2{,}4 + 300 = 0,$$

$$500 \cdot 1{,}7 + T \cdot 1{,}7 = 0,\quad -500 \cdot 2 - T \cdot 2{,}4 - X_B \cdot 2{,}4 = 0,$$

откуда находим значения составляющих реакций:

$$T = -500\ \text{Н},\ X_B = 83{,}33\ \text{Н},\ Z_B = 580\ \text{Н},$$

$$X_A = -83{,}33\ \text{Н},\ Y_A = -328\ \text{Н},\ Z_A = 192\ \text{Н}.$$

Полные реакции пространственного шарнира *A*:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 389{,}09\ \text{Н},$$

цилиндрического шарнира *B*: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 585{,}95\ \text{Н}$.

2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА

Кинематикой называется раздел механики, в котором изучаются свойства движения материальных тел без учета их масс и действующих на них сил.

2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

Векторный способ основан на определении положения точки ее радиусом-вектором в виде векторного уравнения $\vec{r} = \vec{r}(t)$. При **координатном способе** задания движения точки положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$. **Естественный способ** задания движения используется, если заранее известна траектория движения точки. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $\breve{OM} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки *O*, принятой за начало отсчета.

Мгновенная скорость, или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиуса-вектора точки: $\vec{V} = \dot{\vec{r}}$. Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.

При координатном способе задания движения величины проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$. При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau}$, где $S = S(t)$ – закон измене-

ния длины дуги, $\vec{\tau}$ –единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону возрастающих расстояний.

Величина $V = |\dot{S}|$ называется алгебраической скоростью точки. При $\dot{S} > 0$ вектор скорости $\vec{V}$ направлен по единичному вектору $\vec{\tau}$ – в сторону возрастающих расстояний. При $\dot{S} < 0$ он имеет направление, противоположное единичному вектору $\vec{\tau}$, т. е. в сторону убывающих расстояний.

Мгновенное ускорение, или ускорение точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\vec{a} = \dot{\vec{V}} = \ddot{\vec{r}}$. При координатном способе проекции вектора ускорения $\vec{a}$ на координатные оси – величины a_x, a_y, a_z – определяются равенствами: $a_x = \dot{V}_x = \ddot{x}$, $a_y = \dot{V}_y = \ddot{y}$, $a_z = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения равен: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

При естественном способе задания движения вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$, параллельные осям n и τ естественной системы координат, и представляется в виде равенства $\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n}$, или $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор оси, касательной к траектории (касательная ось); $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор главной нормали траектории. Величина a_n называется **нормальным ускорением** точки и вычисляется по формуле: $a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны траектории. (У окружности радиус кривизны равен её радиусу, у прямой линии – бесконечности.) Вектор $\vec{a}_n$ нормальной составляющей ускорения всегда направлен к центру кривизны траектории. При движении по окружности радиус кривизны траектории равен радиусу окружности, а центр кривизны траектории совпадает с центром окружности. Величина a_τ называется **касательным ускорением** и равна модулю второй производной от заданно-

го закона изменения длины дуги: $a_\tau = |\ddot{S}|$, где $S = S(t)$ – закон изменения длины дуги. Направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_\tau$ зависит от знака второй производной $\ddot{S}$. При $\ddot{S} > 0$ вектор $\vec{a}_\tau$ в направлен в сторону возрастающих расстояний, по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$, при $\ddot{S} < 0$ – в сторону убывающих расстояний (противоположно единичному вектору $\vec{\tau}$). Вектор полного ускорения $\vec{a}$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$.

2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси

Движение тела, при котором все точки некоторой его прямой остаются неподвижными, называется **вращательным**, а указанная прямая называется осью вращения. Вращение тела задается углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ подвижной плоскости, связанной с телом, относительно некоторого ее начального положения. Направление вращения с возрастанием угла поворота считается положительным.

Величина **угловой скорости** вращения тела равна модулю производной от угла поворота тела по времени: $\omega = |\dot{\varphi}|$. Направление угловой скорости вращения тела зависит от знака производной $\dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ вращение происходит в положительном направлении, в сторону возрастания угла поворота, при $\dot{\varphi} < 0$ – в отрицательном. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Вектор угловой скорости $\vec{\omega}$ направлен вдоль оси вращения в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки.

Величина **углового ускорения** при вращении тела равна модулю второй производной от угла поворота тела по времени: $\varepsilon = |\ddot{\varphi}|$. Если $\ddot{\varphi}$ одного знака с

φ, то угловое ускорение ускоряет вращение тела, если разных знаков, то угловое ускорение замедляет вращение.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки вращающегося твердого тела (**в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Величина скорости рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где ω – величина угловой скорости тела; h – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости точки лежит в плоскости описываемой точкой окружности и направлен по касательной к ней в сторону вращения тела. Отношение скоростей двух точек вращающегося тела равно отношению расстояний от этих точек до оси: $\frac{V_{M1}}{V_{M2}} = \frac{h_1}{h_2}$.

Ускорение точки вращающегося твердого тела рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений: $\vec{a}_M = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$. Величины касательного, нормального и полного ускорений точки вращающегося тела, соответственно: $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$, $a_M = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела; h – расстояние от точки до оси вращения.

2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела

Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной плоскости. Плоское движение представляется в виде суммы мгновенного поступательного движения, при котором все точки плоской фигуры движутся со скоростью выбранной точки-полюса, и мгновенного вращательного движения вокруг этого полюса.

Скорость любой точки M плоской фигуры равна векторной сумме вектора скорости точки-полюса и вектора скорости точки M при вращении тела вокруг этого полюса: $\vec{V}_M = \vec{V}_A + \vec{V}_{MA}$, где $\vec{V}_M$ – скорость точки M; $\vec{V}_A$ – скорость полюса A; $\vec{V}_{MA}$ – вектор скорости точки M при вращении тела вокруг полюса A, модуль скорости $V_{MA} = \omega \cdot MA$, где ω – угловая скорость мгновенного вращательного движения тела вокруг полюса; MA – расстояние между полюсом A и точкой M.

Мгновенным центром скоростей называется такая точка P плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. Выбрав в качестве полюса мгновенный центр скоростей, скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы мгновенное движение фигуры было вращательным вокруг мгновенного центра скоростей.

Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек A и B плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей (рис. 2.1, *a*).

2. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек A и B плоской фигуры известны и параллельны друг другу, а линия AB перпендикулярна $\vec{V}_A$ (и, конечно, $\vec{V}_B$), то мгновенный центр скоростей определяется как точка пересечения линий, проведенных через основания и вершины векторов скоростей (построение показано на рис. 2.1, *b*, *c*).

3. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек A и B параллельны друг другу, но линия AB, соединяющая эти точки, не перпендикулярна векторам скоростей (рис. 2.1, *d*), то мгновенная угловая скорость тела равна нулю и движение тела

в данный момент времени является мгновенным поступательным. В этом случае скорости всех точек равны по величине и направлению.

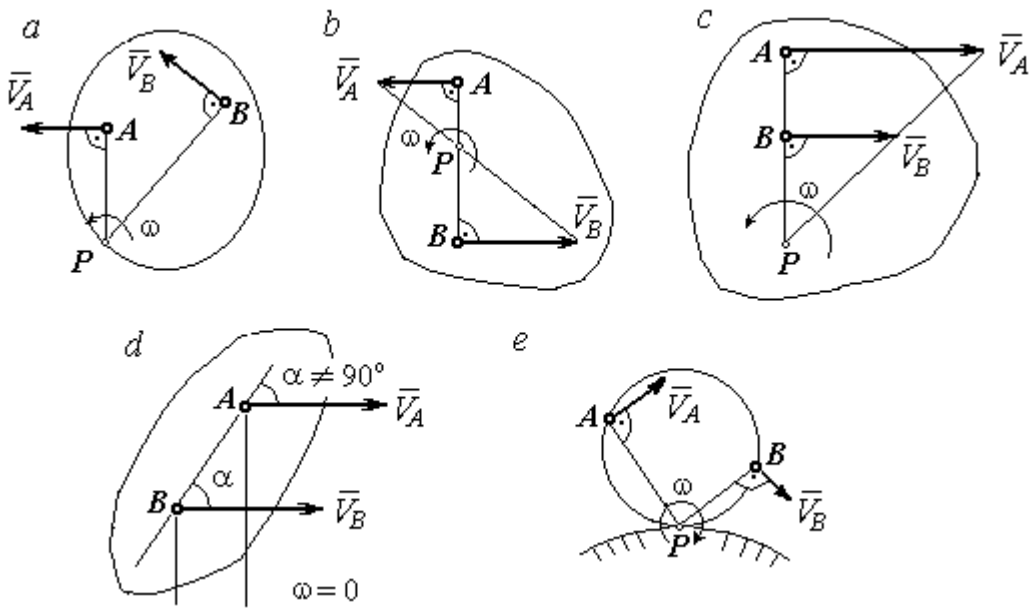


Рис. 2.1. Способы построения мгновенного центра скоростей

4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный центр скоростей расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью (рис. 2.1, *e*).

Ускорение любой точки *M* плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов – ускорения полюса и ускорения точки *M* при вращении фигуры вокруг полюса. Учитывая, что ускорение точки вращающегося тела представляется как сумма нормального и касательного ускорений, получим:

$$\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA},$$

где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M при вращении фигуры вокруг полюса A.

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{MA}$ всегда направлен от точки M к полюсу A. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку AM в сторону вращения, если оно ускоренное (рис. 2.2, *a*), и против вращения, если оно замедленное (рис. 2.2, *b*). Численно величины касательного и нормального составляющих ускорения точки M определяются по формулам:

$$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM\,,\quad a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM\,,$$

где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); AM – расстояние от точки M до полюса A (см. рис. 2.2).

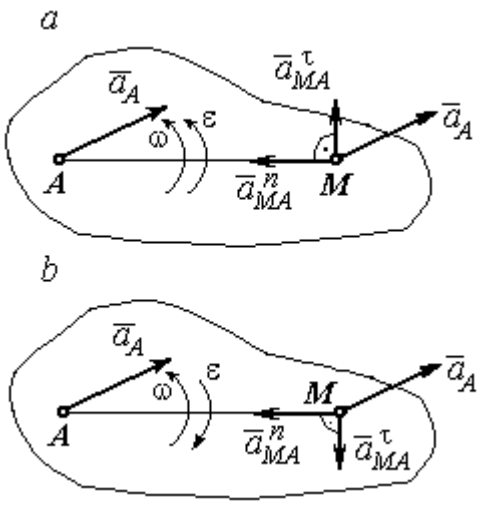


Рис. 2.2. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса A и точки M, то для определения ускорения точки M используется векторное равенство

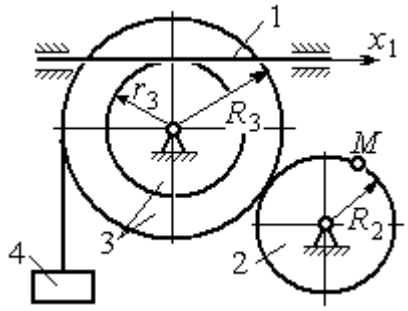
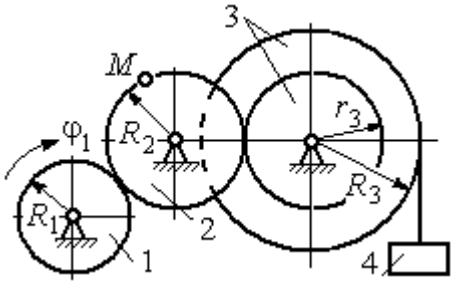
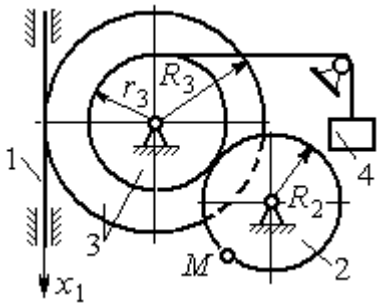
$$\vec{a}^{\,\tau}_{M} + \vec{a}^{\,n}_{M} = \vec{a}^{\,\tau}_{A} + \vec{a}^{\,n}_{A} + \vec{a}^{\,\tau}_{MA} + \vec{a}^{\,n}_{MA},$$

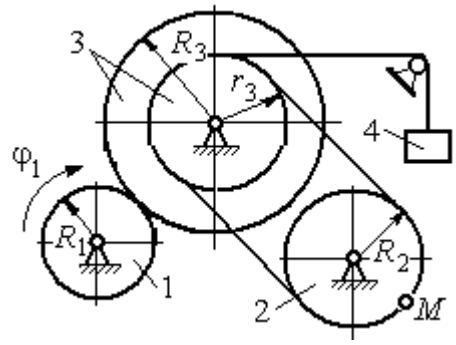
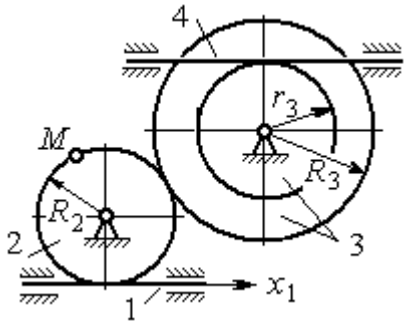
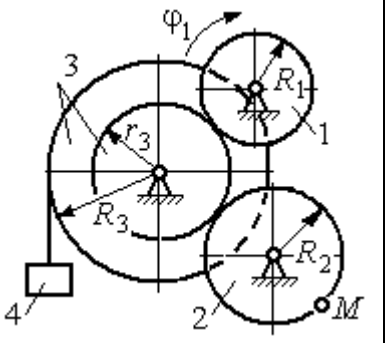
где $\vec{a}^{\,\tau}_{M}$, $\vec{a}^{\,n}_{M}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{A}$, $\vec{a}^{\,n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M и полюса A при движении их по заданным траекториям.

2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях

По заданному движению одного из звеньев механизма $x_1 = x_1(t)$ (варианты 1, 3, 5, 7, 9) или $\varphi_1 = \varphi_1(t)$ (варианты 2, 4, 6, 8, 10) найти в момент времени t_1 скорость, касательное, нормальное и полное ускорения точки M звена механизма, совершающего вращательное движение, а также скорость и ускорение звена 4, совершающего поступательное движение.

Варианты заданий даны на рис. 2.3, 2.4. Исходные данные представлены в табл. 2.1.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22	Варианты № 3, 13, 23
		

Варианты № 4, 14, 24	Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
		

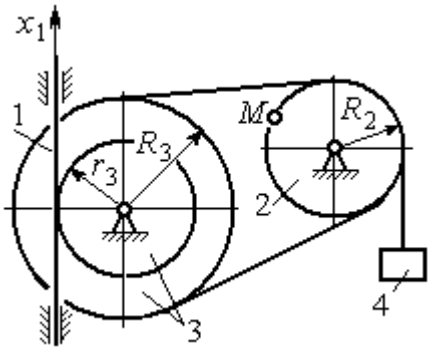
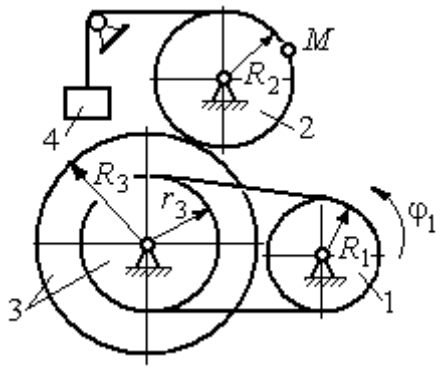
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

Рис. 2.3. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 1 – 8, 11 – 18, 21 – 28

Окончание вариантов задания К1

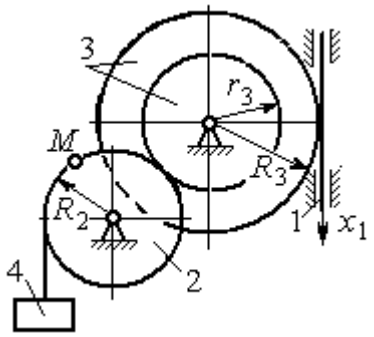
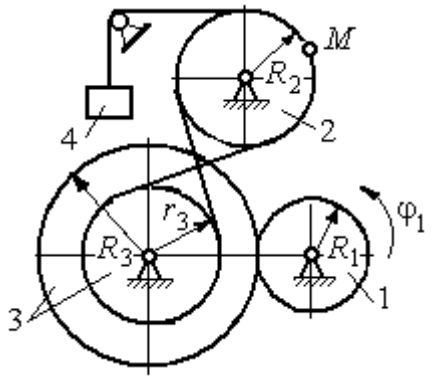
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Таблица 2.1

Исходные данные вариантов задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

Номер варианта задания	R_1,см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
1	–	40	45	35	$x_1(t) = (3t-1)^2$	2
2	10	20	38	18	$\varphi_1(t) = t^2 + 6\cos(\pi t/6)$	3
3	–	30	42	18	$x_1(t) = 5t^2 - 2\cos(\pi t/2)$	1
4	15	30	45	20	$\varphi_1(t) = 5t^2 + \cos(\pi t/2)$	2
5	–	30	40	20	$x_1(t) = 6t - \cos(\pi t/3)$	3
6	10	20	30	10	$\varphi_1(t) = t^3 - \cos(\pi t/2)$	1
7	–	30	40	30	$x_1(t) = 2\sin(\pi t/2) + \cos(\pi t/2)$	2
8	8	10	30	25	$\varphi_1(t) = 5t + \cos(\pi t/2)$	2
9	–	18	30	18	$x_1(t) = 5t + \cos(\pi t/3)$	3
10	15	30	50	20	$\varphi_1(t) = 2t^2 + \sin(\pi t/4)$	2
11	–	30	40	25	$x_1(t) = (t^2 - 3t)$	2
12	12	20	40	28	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 6\sin(\pi t/6)$	3
13	–	25	60	42	$x_1(t) = 2t^2 + \cos(\pi t/2)$	1
14	10	30	45	30	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 2\cos(\pi t/2)$	2

Окончание табл. 2.1

Номер варианта задания	R_1,см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
15	–	20	30	20	$x_1(t)=3t^2-\cos(\pi t/3)$	3
16	12	18	40	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\cos(\pi t/2)$	1
17	–	20	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	2
18	15	18	40	25	$\varphi_1(t)=5t+\cos(\pi t/2)$	1
19	–	22	50	18	$x_1(t)=t^2+\cos(\pi t/3)$	3
20	10	20	45	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\sin(\pi t/4)$	4
21	–	20	40	20	$x_1(t)=t+(3t-4)^2$	2
22	8	18	42	18	$\varphi_1(t)=2t^2+12\cos(\pi t/6)$	3
23	–	45	60	40	$x_1(t)=4t^2+\sin(\pi t/2)$	1
24	5	15	30	20	$\varphi_1(t)=2t^2+4\cos(\pi t/2)$	2
25	–	15	35	25	$x_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/3)$	3
26	18	20	35	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\sin(\pi t/2)$	1
27	–	15	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	1
28	10	12	40	25	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/2)$	1
29	–	35	50	10	$x_1(t)=t^3-\cos(\pi t/2)$	1
30	10	20	40	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/4)$	4

Пример выполнения задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

По заданному уравнению движения звена 1 механизма (рис. 2.5, *а*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки *M* на момент времени t_1, а также скорость и ускорение звена 4, если значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: R_2= 20 см, r_2= 5 см, R_3= 8 см, r_3 = 4 см, $x_1 = 2t^2 - 5t$ см, t_1=1 с.

Решение

Отметим на схеме положительные направления отсчета углов поворота дисков 2 и 3, соответствующие заданному положительному направлению движения звена 1.

Направления показаны на рис 2.5, *b* дуговыми стрелками φ_2, φ_3, а положительное направление движения звена 4 – направлением оси x_4.

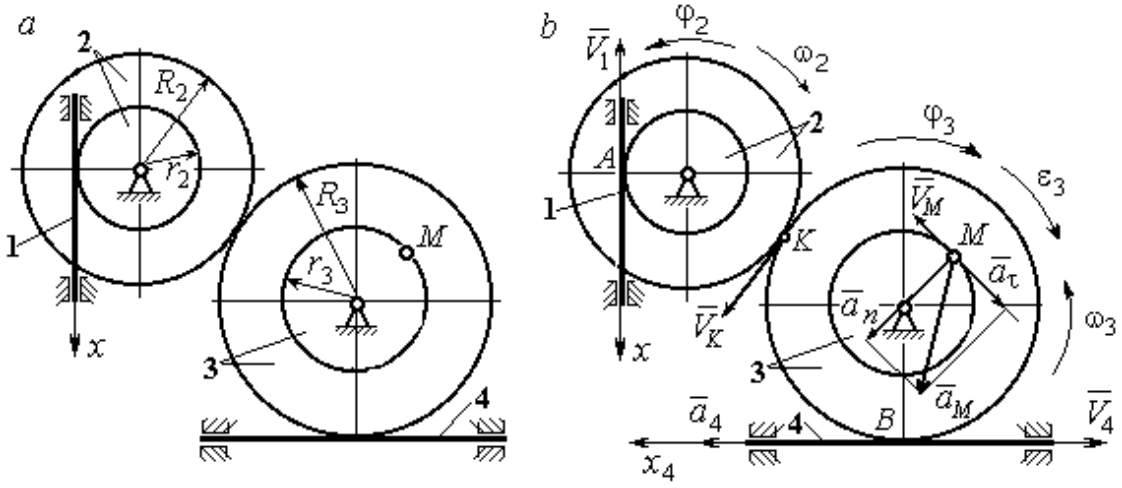


Рис. 2.5. Кинематика вращательного движения твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

Звено 1 движется поступательно. Движение задано координатным способом в виде закона изменения координаты x. Дифференцируем по времени уравнение движения: $\dot{x} = 4t - 5$ см/с. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной: $\dot{x}(1) = -1$ см/с. Отрицательное значение производной $\dot{x}$ показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в отрицательном направлении оси *x*. Скорость звена 1 равна модулю производной: $V_1 = |\dot{x}|$. На рис. 2.5, *b* направление движения звена 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано вектором скорости $\vec{V}_1$, направленным в сторону, противоположную положительному направлению оси *x*. Эту же скорость будет иметь точка *A* – точка контакта звена 1 с диском 2, лежащая на расстоянии r_2 от оси вращения диска. Следовательно, $V_1 = V_A = \omega_2 r_2$, где ω_2 – угловая скорость диска 2. Отсюда угловая скорость диска: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r_2} = \dfrac{|4t-5|}{5} = |\dot{\varphi}_2|$ рад/с. При $t_1 = 1$ с значение производной отрицательно: $\dot{\varphi}_2(1) = -0{,}2$ рад/с. Это означает, что в заданный момент времени вращение диска 2 с угловой скоростью $\omega_2(1) = |\dot{\varphi}_2(1)| = 0{,}2$ рад/с происходит

в отрицательном для диска 2 направлении. На рис. 2.5, *b* направление вращения диска 2 показано дуговой стрелкой ω_2 в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_2. При передаче вращения диска 2 диску 3 величины угловых скоростей дисков обратно пропорциональны радиусам дисков, которым принадлежит точка контакта: $\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{R_3}{R_2}$. Тогда, угловая скорость диска 3 $\omega_3 = \omega_2 \frac{R_2}{R_3} = |2t - 2{,}5| = |\dot{\varphi}_3|$ рад/с.

В момент времени $t_1 = 1$с значение производной $\dot{\varphi}_3$ отрицательно: $\dot{\varphi}_3(1) = -0{,}5$ рад/с, и, следовательно, вращение диска 3 в данный момент времени с угловой скоростью $\omega_3(1) = |\dot{\varphi}_3(1)| = 0{,}5$ рад/с происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_3, как показано на рис. 2.5, *b*. Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M = \omega_3 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с модуль скорости $V_M(1) = 2$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ расположен по касательной к траектории движения точки *M* (окружности) и направлен в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Скорость звена 4 равна скорости точки касания его с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3 = |2t - 2{,}5| \cdot 8 = |\dot{x}_4|$. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной от координаты движения звена 4 отрицательно: $\dot{x}_4(1) = -4$ см/с. В результате, вектор скорости $\vec{V}_4(1)$, равный по модулю $V_4(1) = 4$ см/с, направлен вдоль оси x_4 в сторону, противоположную ее положительному направлению (см. рис. 2.5, *b*).

Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3(t) = |\dot{\omega}_3| = |\ddot{\varphi}_3| = 2$ рад/с^2. Из того, что угловая скорость ω_3 и угловое ускорение $\dot{\omega}_3$ диска 3 имеют разные знаки, следует, что вращение диска 3 замедленное. Угловое ускорение диска направлено в сторону положительного направления отсчета угла поворота φ_3, диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Касательное ускорение a_τ точки M рассчитывается по формуле $a_\tau = \varepsilon_3 r_3$ и в момент времени $t_1 = 1$ с: $a_\tau = 8$ см/с^2. Так как вращение диска 3 замедленное, вектор касательного ускорения точки M $\vec{a}_\tau(t)$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_M(1)$ (см. рис. 2.5, *b*). Нормальное ускорение a_n точки M рассчитывается как $a_n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения: $a_n(1) = 1$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_n(1)$ направлен по радиусу к центру диска 3 (см. рис. 2.5, *b*). Полное ускорение точки M в заданный момент времени: $a_M(1) = \sqrt{a_\tau^2(1) + a_n^2(1)} = 8{,}06$ см/с^2. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$.

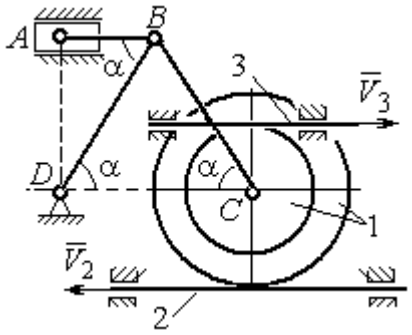
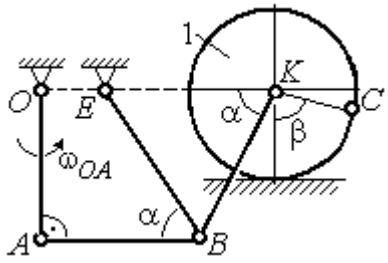
Ускорение a_4 звена 4 находится из условия, что звено 4 движется поступательно и прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. Тогда $a_4 = a_{4\tau} = \dot{V}_4 = = \dot{V}_B = |\dot{\omega}_3| R_3 = \varepsilon_3 R_3$.

Так как угловое ускорение диска 3 является постоянной величиной, ускорение a_4 не зависит от времени: $a_4 = 16$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_4$ направлен вдоль оси x_4 в сторону положительных значений.

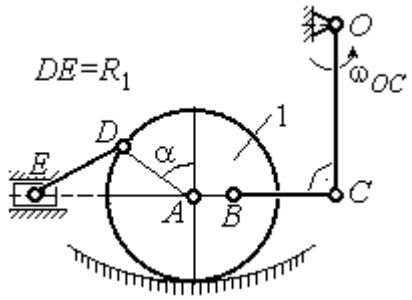
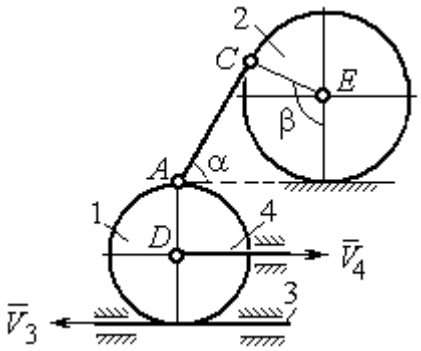
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить скорости точек и угловые скорости звеньев механизма.

Варианты заданий показаны на рис. 2.6 – 2.8. Исходные данные вариантов заданий выбираются из таблиц, приведённых на рисунках схем механизмов.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
 Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_{AB}, \omega_{BC}, \omega_1, \omega_{BD}$	 Найти: V_A, V_B, V_K, $\omega_1, \omega_{AB}, \omega_{OA}$, ω_{BE}, ω_{BK}

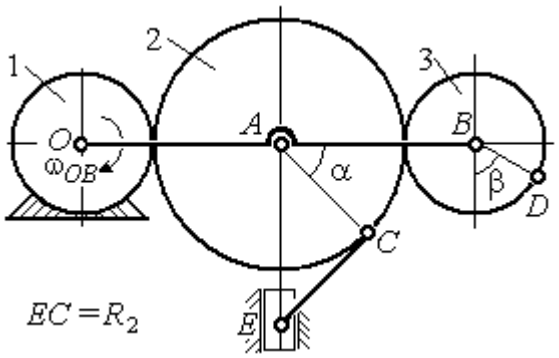
Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	AD, см	α, град	V_2, см/с	V_3, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	OE, см	α, град	β, град	V_C, см/с
1	10	5	20	30	8	10	**2**	3	5	4	30	60	10
11	12	8	25	45	10	4	**12**	4	8	6	45	90	8
21	10	6	15	60	5	5	**22**	5	12	2	60	120	12

Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, $\omega_{BC}, \omega_1, \omega_{DE}$	 Найти: V_A, V_C, V_E, $\omega_1, \omega_2, \omega_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	OC, см	AB, см	BC, см	α, град	ω_{OC}, рад/с	Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	α, град	β, град	V_3, см/с	V_4, см/с
3	12	18	10	35	60	4	**4**	10	15	30	60	8	4
13	10	15	10	25	90	8	**14**	6	10	45	90	4	6
23	15	20	5	20	120	6	**24**	10	12	60	120	3	3

Рис. 2.6. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

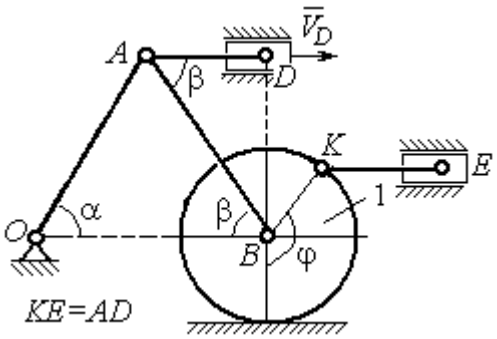
Варианты № 5, 15, 25



Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, ω_2, ω_3, ω_{EC}

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	R_3, см	α, град	β, град	ω_{OB}, рад/с
5	10	20	12	60	0	6
15	6	18	10	90	90	8
25	20	25	15	120	180	4

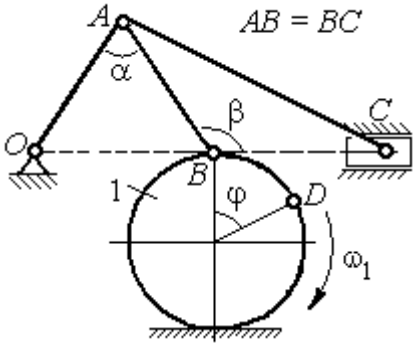
Варианты № 6, 16, 26



Найти: $V_A, V_B, V_K, V_E,$ ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AD}, ω_{KE}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	φ, град	V_D, см/с
6	10	20	30	60	60	12
16	12	26	30	30	90	8
26	15	30	60	60	120	15

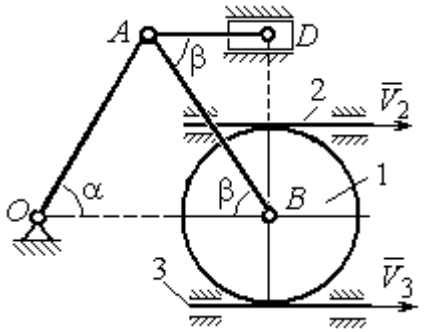
Варианты № 7, 17, 27



Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	AB, см	α, град	β, град	φ, град	V_D, см/с
7	10	20	30	60	60	12
17	12	25	60	120	90	16
27	8	16	30	60	120	10

Варианты № 8, 18, 29

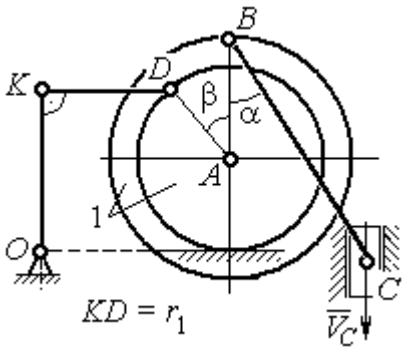
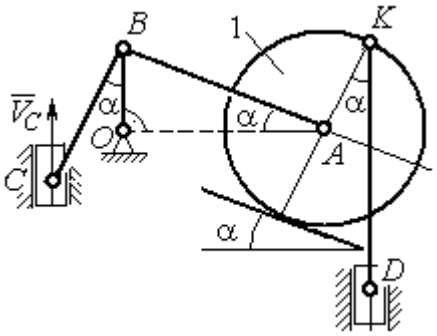


Найти: V_A, V_B, V_D, $\omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AD}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	V_2, см/с	V_3, см/с
8	10	20	30	60	12	4
18	12	26	30	30	8	2
28	15	30	60	60	6	3

Рис. 2.7. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Окончание вариантов задания К2

Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
 Найти: $\omega_{OK}, \omega_{KD}, \omega_{BC}, \omega_1,$ V_A, V_B, V_K, V_D	 Найти: $V_A, V_B, V_D, V_K,$ $\omega_{CB}, \omega_1, \omega_{OB}, \omega_{AB}, \omega_{KD}$

Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	α, град	β, град	BC, см	V_C, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	CB, см	OB, см	KD, см	α, град	V_C, см/с
9	20	12	45	60	60	8	**10**	10	20	30	60	30	4
19	24	16	60	90	50	4	**20**	12	26	30	50	45	2
29	16	10	30	120	40	6	**30**	15	30	60	60	60	3

Рис. 2.8. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Пример выполнения задания К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Задача 1. Плоский механизм (рис. 2.9) состоит из стержня OC и подвижных дисков 2 и 3 радиусами r_2, r_3, шарнирно закрепленными на стержне, соответственно, в точках A и C. Стержень OC вращается вокруг неподвижного центра O с угловой скоростью ω_{OC}. Диск 2, увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзывания по неподвижной поверхности диска 1 радиусом r_1. Диск 3, также увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзыва-

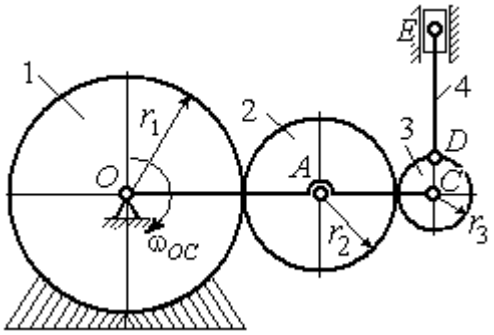


Рис. 2.9. Схема плоского механизма

ния по подвижному диску 2. В точке *D*, расположенной на краю диска 3, шарнирно прикреплен стержень 4, к которому в точке *E* шарнирно прикреплен поршень *E*, способный совершать только вертикальное перемещение. Для заданного положения механизма (см. рис. 2.9), когда стержень *OC* горизонтален, стержень *DE* направлен по линии вертикального диаметра диска 3, найти скорости точек *A*, *C*, *D*, *E*, угловые скорости дисков 2, 3 и стержня 4, если: r_1 = 6 см, r_2 = 4 см, r_3 = 2 см, *DE* = 10 см, ω_{OC} = 1 рад/с.

Решение

Определим скорость точки *A*, общей для стержня *OC* и диска 2: $V_A = \omega_{OC}(r_1 + r_2)$ = 10 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ перпендикулярен стержню *OC* и направлен в сторону его вращения (рис. 2.10).

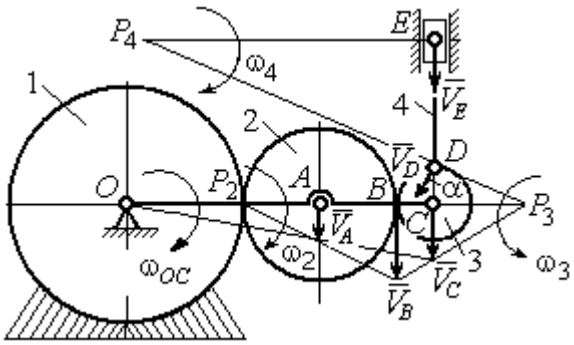


Рис. 2.10. Расчетная схема для определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Диск 2 катится по неподвижной поверхности диска 1. Точка касания диска 2 с неподвижным диском 1 является мгновенным центром скоростей диска 2. На рис. 2.10 центр скоростей диска 2 обозначен точкой P_2. В этом случае скорость точки *A* может быть определена через угловую скорость диска ω_2 следующим образом: $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = 4\omega_2$. Так как V_A = 10 см/с, получим ω_2 = 2,5 рад/с.

Для того чтобы найти угловую скорость диска 3, необходимо определить положение его мгновенного центра скоростей. С этой целью вычислим скорости точек *B* и *C*. Скорость точки *B* может быть найдена через угловую скорость диска 2: $V_B = \omega_2 \cdot BP_2$ = 20 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен отрезку BP_2 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 2 вокруг своего центра скоростей P_2.

Скорость точки C определяется через угловую скорость стержня OC: $V_C = \omega_{OC}(r_1 + 2r_2 + r_3)$ = 16 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен стержню OC и направлен в сторону его вращения (см. рис. 2.10).

Построение мгновенного центра скоростей P_3 диска 3 по известным скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ показано на рис. 2.10. Его положение определяется из условия, что отношение скоростей двух точек тела, совершающего плоскопараллельное движение, равно отношению расстояний от этих точек до мгновенного центра скоростей: $\frac{V_B}{V_C} = \frac{r_3 + CP_3}{CP_3}$. Разрешая пропорцию относительно неизвестной величины CP_3, получим: CP_3= 8 см. Скорость точки C выражается через угловую скорость диска 3 $V_C = \omega_3 \cdot CP_3$. Отсюда величина угловой скорости диска 3: $\omega_3 = \frac{V_C}{CP_3}$= 2 рад/с. Направление мгновенного вращения диска 3 вокруг своего центра скоростей определяется известными направлениями скоростей точек C и B, принадлежащих диску 3 (см. рис. 2.10). Скорость точки D $V_D = \omega_3 \cdot DP_3$ = $=2 \cdot \sqrt{2^2 + 8^2}$ = 16,5 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен отрезку DP_3 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 3 вокруг центра P_3.

Для определения скорости поршня E воспользуемся теоремой о проекциях скоростей точек плоской фигуры, согласно которой проекции скоростей двух точек плоской фигуры на ось, проходящую через эти точки, равны между собой. Проведем ось через точки D и E. По построению, угол α между вектором $\vec{V}_D$ и осью DE равен углу $\angle DP_3C$ (см. рис. 2.10). Тогда, $\cos\alpha = \frac{CP_3}{DP_3} = \frac{8}{\sqrt{2^2 + 8^2}} = 0{,}97$, откуда $\alpha = 14^\circ$. На основании теоремы о проекциях скоростей точек плоской фигуры имеем равенство: $V_D \cos\alpha = V_E \cos 0$, откуда скорость точки E: V_E=16 см/с.

Мгновенный центр скоростей стержня 4 – точка P_4 – определяется как точка пересечения перпендикуляров к векторам скоростей $\vec{V}_D$ и $\vec{V}_E$, восстановленных, соответственно, из точек D и E (см. рис. 2.10). Угловая скорость стержня 4, совершающего мгновенный поворот вокруг своего центра скоростей, равна: $\omega_4 = \dfrac{V_E}{EP_4}$, где EP_4 – расстояние от точки E до мгновенного центра скоростей звена 4, $EP_4 = DE \cdot \mathrm{ctg}\alpha$ = 40 см. В результате, $\omega_4 = 0{,}4$ рад/с. Направление мгновенного вращения звена 4 вокруг своего центра скоростей определяется направлением скорости точки D.

Задача 2. В плоском стержневом механизме (рис. 2.11) кривошипы OA и ED вращаются вокруг неподвижных центров O и E. В крайней точке D кривошипа ED к нему прикреплён шатун DB, второй конец которого в точке B прикреплён к кривошипу OA. Шатун AC прикреплён в точке A к кривошипу AO, а другим своим концом – к ползуну C, способному совершать только вертикальное движение. Все соединения шарнирные. В заданном положении механизма кривошип OA вертикален, шатун DB расположен горизонтально, кривошип ED наклонен под углом 60° к горизонтали, а шатун AC отклонён на угол 30° от вертикального положения кривошипа AO. Найти скорости всех отмеченных на схеме точек и угловые скорости всех звеньев, если линейные размеры звеньев механизма AC = 6 см, AB = 2 см, BO = 8 см, DB = 10 см и скорость ползуна в данный момент V_C = 4 см/с.

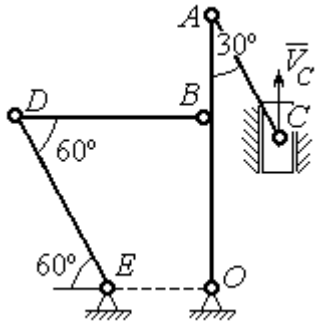


Рис. 2.11. Стержневой механизм

Решение

Кривошипы OA и ED совершают вращательные движения вокруг неподвижных центров. Скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ точек A и B перпендикулярны кривоши-

пу OA, а скорость $\vec{V}_D$ точки D перпендикулярна кривошипу ED. Направления векторов скоростей точек показаны на рис. 2.12.

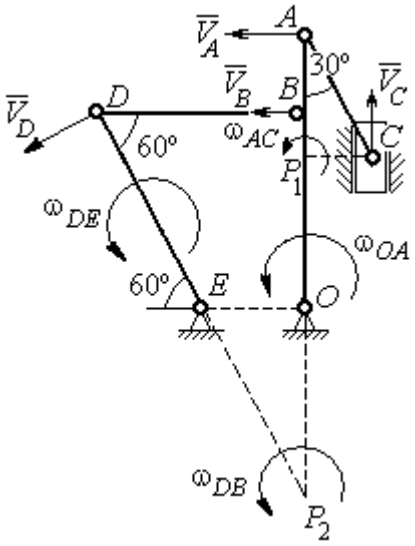


Рис. 2.12. Расчётная схема определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Шатун AC совершает плоскопараллельное движение. Его мгновенный центр скоростей P_1 находится как точка пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$. Угловая скорость звена AC равна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{P_1C} = \dfrac{V_C}{AC \cdot \sin 30^\circ} = \dfrac{4}{3}$ рад/с. Далее, полагая, что точка A принадлежит шатуну AC, найдем её скорость:

$$V_A = \omega_{AC} \cdot P_1A = \frac{4}{3} AC \cdot \cos 30^\circ = 4\sqrt{3} \text{ см/с.}$$

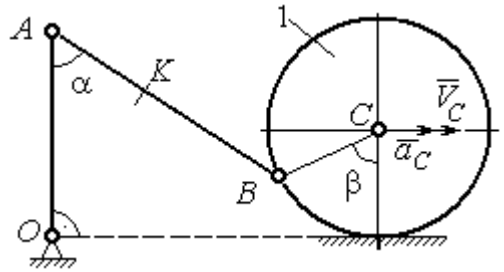
Теперь, исходя из того, что точка A принадлежит как шатуну AC, так и кривошипу OA, найдём его угловую скорость: $\omega_{AO} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}4\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки B кривошипа $V_B = \omega_{AO} \cdot OB = 3{,}2\sqrt{3}$ см/с.

Шатун DB совершает плоскопараллельное движение. Зная направления скоростей точек B и D, построим мгновенный центр скоростей P_2 звена DB как точку пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_D$ (см. рис. 2.12). Тогда, угловая скорость шатуна DB $\omega_{DB} = \dfrac{V_B}{P_2B} = \dfrac{3{,}2\sqrt{3}}{DB \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} = 0{,}32$ рад/с. Скорость точки D $V_D = \omega_{DB} \cdot P_2D = 0{,}32 \dfrac{DB}{\sin 30^\circ} = 6{,}4$ см/с. Угловая скорость кривошипа DE $\omega_{DE} = \dfrac{V_D}{DE} = \dfrac{6{,}4}{(OB / \sin 60^\circ)} = 0{,}69$ рад/с.

2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить ускорения точек звеньев механизма и угловые ускорения звеньев. Варианты заданий и исходные данные приведены на рис. 2.13 – 2.15.

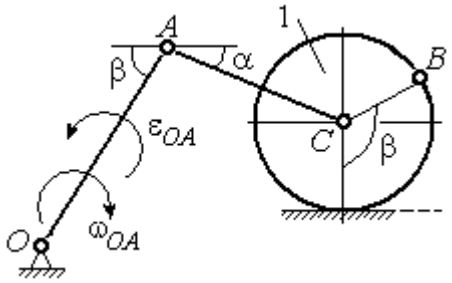
Варианты № 1, 11, 21



Найти: $a_A, a_K, \varepsilon_{AB}$

Номер варианта задания	AB, см	AK, см	α, град	β, град	R_1, см	V_C, см/с	a_C, см/с^2
1	16	10	60	120	10	12	6
11	20	16	30	60	8	10	8
21	18	10	60	180	6	8	4

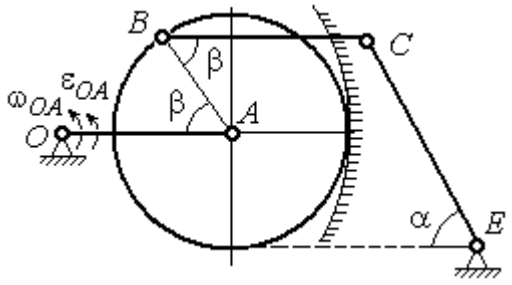
Варианты № 2, 12, 22



Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	AC, см	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
2	5	10	12	30	60	2	4
12	8	24	20	30	120	1	2
22	6	12	15	60	90	2	3

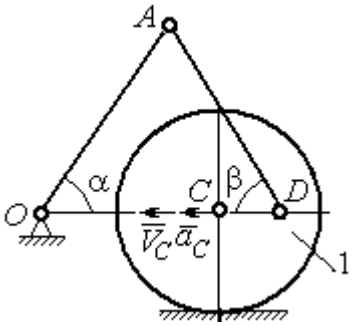
Варианты № 3, 13, 23



Найти: a_C, a_B, ε_{BC}

Номер варианта задания	BC, см	AO, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
3	16	15	60	90	10	2	3
13	18	12	90	60	8	3	2
23	14	12	30	120	10	2	4

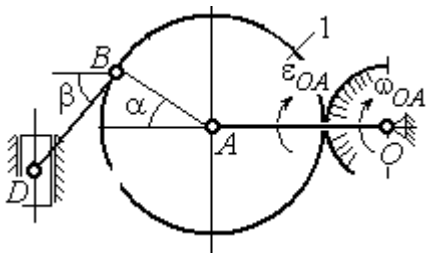
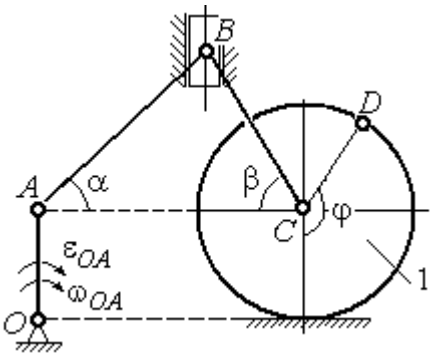
Варианты № 4, 14, 24



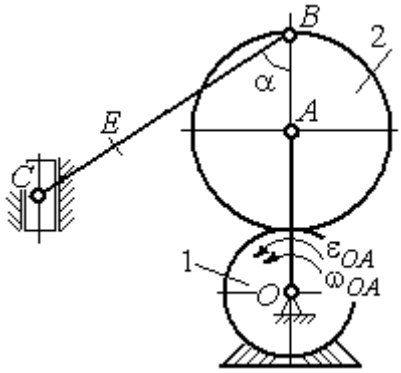
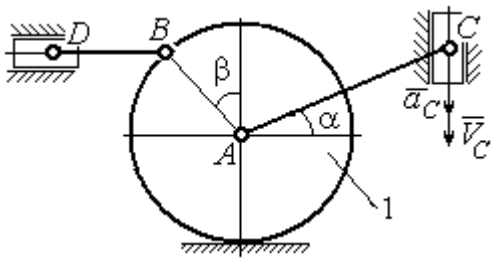
Найти: $a_A, a_D, \varepsilon_{DA}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	DC, см	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
4	10	28	5,78	60	30	10	2
14	8	24	4,62	30	90	8	3
24	6	20	6	45	45	12	2

Рис. 2.13. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
 Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$	 Найти: $a_B, a_D, \varepsilon_{BC}$

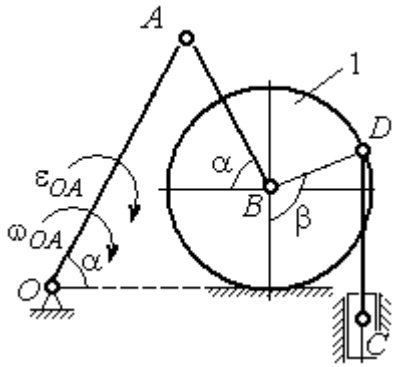
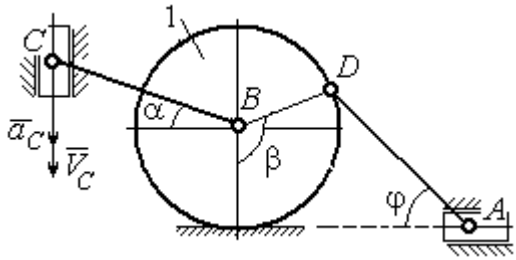
Номер варианта задания	*OA*, см	*BD*, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2	Номер варианта задания	R_1, см	*AB*, см	φ, град	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
5	16	10	60	30	10	4	3	**6**	6	18	60	30	30	2	3
15	18	8	90	45	12	2	4	**16**	8	20	90	60	30	2	4
25	14	12	30	60	8	3	2	**26**	5	16	120	30	60	3	4

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
 Найти: $a_E, a_C, \varepsilon_{BC}$	 Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

Номер варианта задания	*BC*, см	*BE*, см	α, град	R_1, см	R_2, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2	Номер варианта задания	R_1, см	*BD*, см	*AC*, см	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
7	22	10	60	2	10	2	3	**8**	4	5	12	60	60	12	5
17	28	15	30	3	6	3	4	**18**	6	10	16	45	90	10	8
27	20	8	45	4	8	2	2	**28**	8	8	16	30	120	8	6

Рис. 2.14. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Окончание вариантов задания К3

Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
 Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AB}$	 Найти: $a_A, a_B, \varepsilon_{CB}$

Номер варианта задания	OA, см	DC, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2	Номер варианта задания	R_1, см	BC, см	φ, град	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
9	18	10	30	120	4	2	3	**10**	6	14	60	30	120	15	3
19	20	12	60	60	6	3	4	**20**	5	18	45	60	90	10	5
29	18	8	60	90	4	2	3	**30**	4	16	30	45	60	12	4

Рис. 2.15. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Примеры решения задания К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении

Задача 1. Ступенчатый барабан 1 с радиусами ступенек R = 0,5 м и r = 0,3 м катится окружностью малой ступеньки по горизонтальной поверхности без скольжения (рис. 2.16). Барабан приводится в движение шатуном AC, один конец которого соединён с центром барабана в точке A, а другой – с ползуном C, перемещающимся вертикально. В положении механизма, когда шатун AC отклонён от вертикали на угол 60°, найти ускорение точки B барабана, лежащей на его горизонтальном диаметре, если заданы скорость и ускорение ползуна C: V_C = 9м/с, a_C = 4 м/с^2.

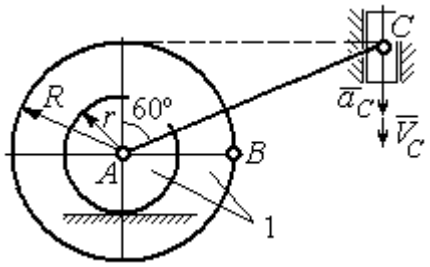


Рис. 2.16. Схема движения плоского механизма

Решение

Найдём угловые скорости ω_{AC}, ω_1 шатуна AC и барабана 1. Шатун совершает плоское движение. Его мгновенный центр скоростей P_2 находится на пересечении перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (рис. 2.17). По условию, скорость точки C направлена вертикально вниз. Точка A принадлежит как шатуну AC, так и барабану 1. При качении барабана по горизонтальной поверхности скорость его центра – точки A параллельна поверхности качения барабана.

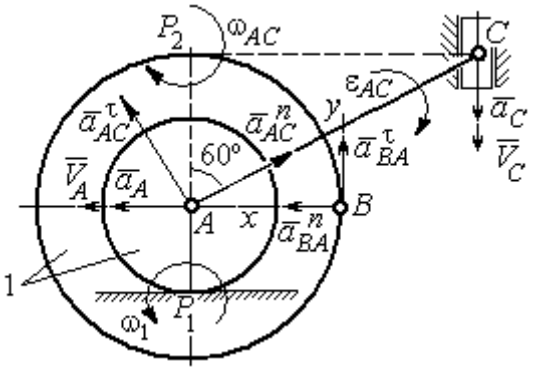


Рис. 2.17. Расчётная схема определения скоростей и ускорений точек механизма

Угловая скорость шатуна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_2} = \dfrac{9}{R\text{tg}60^\circ} = 6\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки A шатуна $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2 = 3\sqrt{3}$ м/с. Угловая скорость барабана 1 $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1} = 10\sqrt{3}$ рад/с.

При расчёте угловой скорости барабана учтено, что качение барабана по неподвижной поверхности представляет собой плоское движение, при котором мгновенный центр скоростей находится в точке касания с поверхностью (в точке P_1 на рис. 2.17).

Выразим ускорение $\vec{a}_A$ точки A через полюс C на основании векторного равенства: $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,\tau}_{AC} + \vec{a}^{\,n}_{AC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки C, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,\tau}_{AC}$, $\vec{a}^{\,n}_{AC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки A при вращении шатуна AC вокруг полюса C. Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{AC}$ направлен вдоль шатуна AC от точки A к полюсу C и равен по величине $a^n_{AC} = \omega^2_{AC} \cdot AC = (6\sqrt{3})^2 \cdot 2R = 108$ м/с^2. Вектор касательного ускорения

$\vec{a}_{AC}^{\,\tau}$, модуль которого вычисляется по формуле $a_{AC}^{\tau} = \varepsilon_{AC} \cdot AC$, направлен перпендикулярно отрезку AC.

На данном этапе величина вектора касательного ускорения не может быть вычислена, поскольку угловое ускорение шатуна AC ε_{AC} неизвестно. На рис. 2.17 направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\,\tau}$ выбрано из предположения, что вращение шатуна ускоренное и направление углового ускорения совпадает с направлением его угловой скорости.

Направление вектора $\vec{a}_A$ ускорения точки A определяется из того, что центр барабана движется по прямой, параллельной горизонтальной поверхности качения. На рис. 2.17 направление вектора ускорения $\vec{a}_A$ выбрано из предположения, что качение барабана ускоренное.

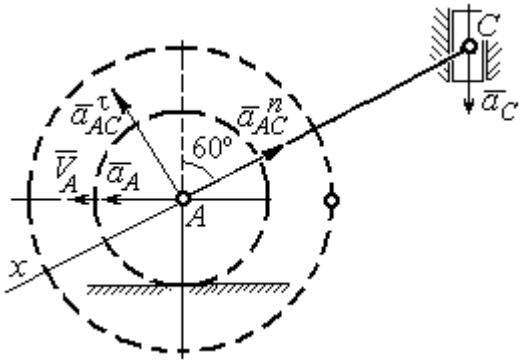


Рис. 2.18. Схема для определения ускорения центра барабана

Выберем ось x вдоль линии AC (рис. 2.18) и спроектируем векторное равенство $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}_{AC}^{\,\tau} + \vec{a}_{AC}^{\,n}$ на эту ось. При таком выборе оси проекция неизвестного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\,\tau}$ обращается в нуль. Получим $a_A \cos 30^\circ = a_C \cos 60^\circ - a_{AC}^{n}$. Отсюда найдём ускорение центра барабана $a_A = \dfrac{1}{\cos 30^\circ}\left(a_C \cos 60^\circ - a_{AC}^{n}\right) = -\,122{,}4$ м/с^2. Отрицательное значение ускорения точки A означает, что на рис. 2.17, 2.18 вектор ускорения $\vec{a}_A$ должен иметь противоположное направление. Таким образом, вектор ускорения $\vec{a}_A$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_A$, и движение барабана замедленное.

Для того чтобы найти ускорение точки B, выразим его через полюс A на основании векторного равенства $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение

точки A, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$, $\vec{a}_{BA}^{\,n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки B при вращении барабана вокруг полюса A.

Модуль вектора нормального ускорения $\vec{a}_{BA}^{\,n}$ равен по величине $a_{BA}^{n} = \omega_1^2 \cdot BA = (10\sqrt{3})^2 \cdot R = 150$ м/с^2. Вектор направлен вдоль радиуса барабана от точки B к полюсу A (см. рис. 2.17).

Модуль вектора касательного ускорения $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ вычисляется по формуле $a_{BA}^{\tau} = \varepsilon_1 \cdot BA$, где ε_1 – угловое ускорение барабана. Значение углового ускорения катящегося барабана (в отличие от углового ускорения ε_{AC} шатуна AC) может быть найдено. Расчёт основан на том, что при движении барабана расстояние AP_1 от точки A до центра скоростей барабана P_1 остаётся постоянным, равным r. Тогда выражение $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 \cdot r$ для расчёта скорости точки A можно продифференцировать. Получим $\dfrac{dV_A}{dt} = \dfrac{d\omega_1}{dt} \cdot r$. Так как точка A движется по прямой, производная от скорости точки равна её полному ускорению, а производная от угловой скорости барабана равна его угловому ускорению. Тогда имеем: $a_A = \varepsilon_1 \cdot r$, откуда находим угловое ускорение $\varepsilon_1 = \dfrac{a_A}{r} = 40{,}8$ рад/с^2, а затем и модуль вектора касательного ускорения $a_{BA}^{\tau} = \varepsilon_1 \cdot BA = 20{,}4$ м/с^2.

Заметим, что для вычисления углового ускорения ε_{AC} шатуна AC подобные рассуждения неприменимы. Формулу $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2$ невозможно продифференцировать, так как при движении механизма расстояние AP_2 от точки A до центра скоростей P_2 шатуна AC является неизвестной функцией времени.

Выберем систему координат xBy как показано на рис. 2.17, и спроецируем на эти оси векторное равенство $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n}$. Полагая, что движение барабана ускоренное (т. е. вектора ускорений $\vec{a}_A$ и $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ направлены, как показано на рис. 2.17), получим значения составляющих ускорения точки B:

$a_{Bx} = a_A + a_{BA}^n$, $a_{By} = a_{BA}^\tau$. Подставляя значения ускорений, найдём $a_{By} = 20{,}4$ м/с^2, $a_{Bx} = -122{,}4 + 150 = 27{,}6$ м/с^2. Вектор полного ускорения точки B направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_{Bx}$, $\vec{a}_{By}$. Величина ускорения точки B: $a_B = \sqrt{a_{Bx}^2 + a_{By}^2} = 34{,}32$ м/с^2.

Задача 2. В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип OA вращается вокруг оси O с угловой скоростью ω_{OA} и угловым ускорением ε_{OA}. Диск 2, шарнирно присоединённый к кривошипу в точке A, катится без проскальзывания по неподвижному диску 1. Радиусы дисков R_1 и R_2. На краю диска 2 в точке B шарнирно прикреплен стержень BC, соединенный с центром C диска 3. Радиус диска 3 равен радиусу диска 2: $R_3 = R_2$. Диск 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности, по прямой. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить ускорение точки D и угловое ускорение стержня BC, если $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2, $R_1 = 4$ см, $R_2 = 8$ см. Длина стержня $BC = 20$ см.

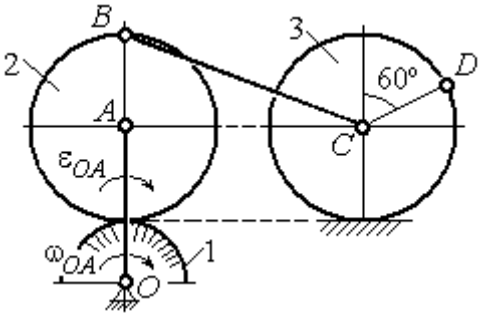


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

Решение

Определение угловых скоростей звеньев механизма.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа OA. Скорость точки A: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону движения кривошипа (рис. 2.20).

При движении диска 2 точка P_2 соприкосновения второго диска с неподвижным первым является мгновенным центром скоростей диска 2. Угловая скорость диска 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = \dfrac{48}{8} = 6$ рад/с.

Скорость точки B диска 2: $V_B = \omega_2 BP_2 = 6 \cdot 16 = 96$ см/с.

Для определения угловой скорости стержня BC заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки B и C не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня BC отсутствует (бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю: $\omega_{BC} = 0$, а стержень совершает мгновенное поступательное движение. В результате имеем: $V_C = V_B = 96$ см/с.

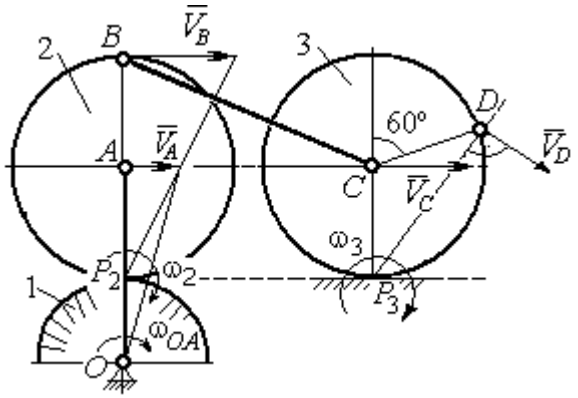


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка P_3 касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей. Тогда угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с. Скорость точки D диска 3: $V_D = \omega_3 \cdot DP_3$. Величину DP_3 находим из треугольника P_3DC. В результате $DP_3 = 2R_3\cos 30^\circ = 13{,}8$ см и $V_D = 165{,}6$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ направлен в сторону движения диска 3 перпендикулярно линии DP_3 и (см. рис. 2.20).

Определение ускорений точек механизма.

Представим ускорение $\vec{a}_C$ точки C векторной суммой $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение точки B, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки C при вращении стержня BC вокруг полюса B, $a^n_{CB} = \omega^2_{CB} \cdot CB$, $a^{\tau}_{CB} = \varepsilon_{CB} \cdot CB$.

Нормальная составляющая ускорения точки C $a^n_{CB} = 0$, так как стержень CB совершает мгновенное поступательное движение и $\omega_{BC} = 0$.

Направление касательной составляющей $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ неизвестно, так как неизвестно направление углового ускорения стержня ε_{CB}. Для определённости выберем направление углового ускорения стержня BC в сторону против хода часовой стрелки. На рис. 2.21 это направление показано дуговой стрелкой ε_{CB}.

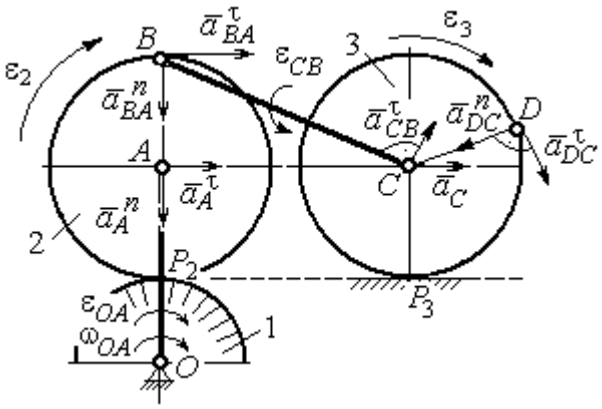


Рис. 2.21. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

В соответствии с выбранным направлением углового ускорения вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ строится перпендикулярно линии стержня BC в сторону углового ускорения ε_{CB} (см. рис. 2.21).

Выразим ускорение точки B через полюс A: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A. Величина нормальной составляющей ускорения точки B $a^{n}_{BA} = \omega_2^2 \cdot BA = 288$ см/с^2. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса BA от точки B к полюсу A (см. рис. 2.21). Касательное ускорение точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A вычисляется по формуле $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_2 \cdot BA$. Для определения углового ускорения ε_2 диска 2 заметим, что во время движения диска 2 расстояние AP_2 остается постоянным, равным R_2. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 R_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} R_2$, или $a^{\tau}_A = \varepsilon_2 R_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a^{\tau}_A}{R_2}$.

Для того чтобы найти величину a^{τ}_A, рассмотрим вращательное движение кривошипа OA вокруг неподвижной оси O. Ускорение точки A представляется в виде векторного равенства $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_A$, где $\vec{a}^{n}_A$ и $\vec{a}^{\tau}_A$ – известные

нормальная и касательная составляющие ускорения точки A кривошипа OA: $a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 192$ см/с^2, $a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 24$ см/с^2. Направления векторов нормального ускорения $\vec{a}_A^n$ и касательного ускорения $\vec{a}_A^\tau$ показаны на рис. 2.21.

Теперь найдём величину углового ускорения диска 2 и модуль касательного ускорения a_{BA}^τ точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_A^\tau}{R_2} =$ $= 3$ рад/с^2, $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 24$ см/с^2.

Для определения ускорения точки C имеем векторное равенство $\vec{a}_C = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^\tau + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau + \vec{a}_{CB}^\tau$. Выберем оси Cx, Cy, как показано на рис. 2.22, – вдоль отрезка BC и перпендикулярно ему и спроецируем на них имеющееся векторное равенство. Получим:

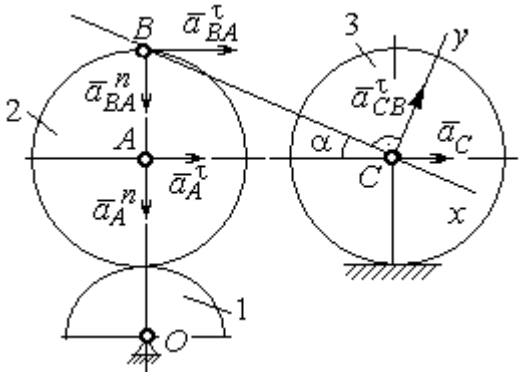


Рис. 2.22. Расчетная схема для вычисления ускорения точки С

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha;$$

$$a_C \sin\alpha = a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha + a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где α – угол между стержнем BC и линией центров AC; $\sin\alpha = \dfrac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$. Решая систему, найдём: $a_C = 256{,}7$ см/с^2, $a_{CB}^\tau = -358{,}12$ см/с^2.

Модуль углового ускорения стержня BC: $\varepsilon_{CB} = \dfrac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 17{,}9$ рад/с^2.

Знак «минус» величины a_{CB}^τ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ на рис. 2.21 – 2.22 следует направить в противоположную сторону. Направление углового ускорения стержня BC, показанное на рис. 2.21 дуговой стрелкой ε_{CB}, также следует заменить на противоположное.

Выразим ускорение точки D через полюс C: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,n}_{DC} + \vec{a}^{\,\tau}_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – известное ускорение точки C; $\vec{a}^{\,n}_{DC}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки D при вращении диска 3 вокруг полюса C. Величина нормального ускорения точки D: $a^n_{DC} = \omega_3^2 \cdot DC = 1152$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}^{\,n}_{DC}$ направлен по радиусу от точки D к полюсу C (рис. 2.23).

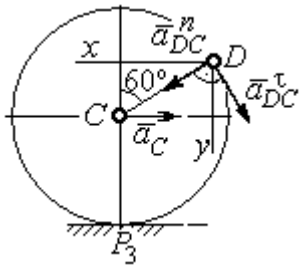


Рис.2.23. Расчетная схема для определения ускорения точки D

Для расчёта касательной составляющей a^{τ}_{DC} ускорения точки D найдём угловое ускорение диска 3. Продифференцируем по времени равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 R_3$. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} R_3$, или $a_C = \varepsilon_3 R_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{R_3} = 32{,}09$ рад/с^2. Тогда величина касательной составляющей ускорения точки D: $a^{\tau}_{DC} = \varepsilon_3 \cdot DC = 256{,}7$ см/с^2. Направление вектора $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ соответствует ускоренному движению диска 3.

Проведём оси Dx и Dy, как показано на рис. 2.23, и спроецируем векторное равенство ускорения точки D на оси:

$$a_{Dx} = -a_C + a^n_{DC}\cos 30^\circ - a^{\tau}_{DC}\cos 60^\circ, \quad a_{Dy} = a^n_{DC}\cos 60^\circ + a^{\tau}_{DC}\cos 30^\circ.$$

Решая систему, находим значения проекций модуля ускорения $a_{Dx} = 612{,}5$ см/с^2, $a_{Dy} = 798{,}3$ см/с^2. Величина ускорения точки D:

$$a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 1006{,}2 \text{ см/с}^2.$$

3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

3.1. Основные понятия сложного движения точки

В неподвижной системе координат рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Траектория точки в её движении относительно тела называется **относительной траекторией.** Скорость точки в этом движении называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

Траектория точки, перемещающейся вместе с телом, называется переносной траекторией точки, скорость точки при таком её движении – **переносной скоростью**, а ускорение – **переносным ускорением**.

Суммарное движение точки вместе с телом и относительно тела называется **сложным движением**. Траектория точки относительно неподвижной системы координат называется **абсолютной траекторией точки**, скорость и ускорение – **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **при сложном движении абсолютная скорость точки равна геометрической сумме относительной и переносной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

В случае, когда относительное движение точки задается естественным способом в виде закона изменения пути $S = S(t)$, величина относительной скорости точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right|$. Если переносное движение точки есть вращение тела вокруг неподвижной оси, скорость точки в переносном движении будет: $V_e = \omega_e h_e$, где ω_e – величина угловой скорости вращения тела; h_e – кратчайшее расстояние от места положения точки на теле до оси вращения тела.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **при сложном движении абсолютное ускорение точки равно геометрической сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ – вектора соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_к$ – вектор ускорения Кориолиса. (Иногда его называют поворотным ускорением.)

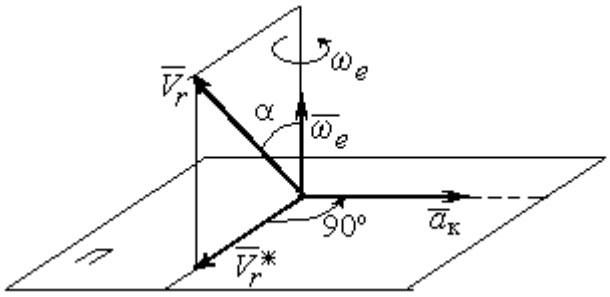


Рис. 3.1. Определение направления ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением $\vec{a}_к = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_к| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где α – угол между вектором угловой скорости переносного движения и вектором относительной скорости точки (см. рис. 3.1). Направление вектора ускорения Кориолиса может быть получено по правилу построения вектора векторного произведения.

На рис. 3.1 показана последовательность выбора направления вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем: пусть имеется точка, движущаяся с относительной скоростью $\vec{V}_r$. Построим плоскость П, перпендикулярную вектору переносной угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроецируем вектор $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости П вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Относительное ускорение $\vec{a}_r$ представляется как сумма векторов относительного касательного $\vec{a}_r^{\tau}$ и относительного нормального $\vec{a}_r^{n}$ ускорений: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n}$. Переносное ускорение точки $\vec{a}_e$ тела имеет своими составляющими переносное касательное $\vec{a}_e^{\tau}$ и переносное нормальное $\vec{a}_e^{n}$ ускорения так, что $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n}$.

Таким образом, абсолютное ускорение точки в сложном движении можно представить в виде векторного равенства

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Модули относительного касательного и относительного нормального ускорений при естественном способе задания относительного движения точки равны: $a_r^{\tau} = \left|\dot{V}_r\right|$, $a_r^{n} = \dfrac{V_r^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны относительной траектории. При движении точки по окружности радиус кривизны равен радиусу окружности, при движении по прямой – бесконечности, и в этом случае $a_r^{n} = 0$.

При вращательном переносном движении точки значения переносного касательного и нормального ускорений вычисляются по формулам: $a_e^{\tau} = \varepsilon_e h_e$, $a_e^{n} = \omega_e^2 h_e$, где ε_e – угловое ускорение вращательного переносного движения, $\varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|$; h_e – расстояние от точки до оси вращения тела; ω_e – величина угловой скорости вращения тела.

Вектора ускорений строятся по общим правилам построения векторов нормального и касательного ускорений.

При поступательном переносном движении ускорение Кориолиса и переносное нормальное ускорение равны нулю: $a_{\text{к}} = 0,\ a_e^n = 0$. Абсолютное ускорение точки при поступательном переносном движении можно представить в виде векторного равенства $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau}$.

3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении

Задание включает две задачи с вращательным и поступательным видами переносного движения точки.

Задача 1. Вращение тела относительно неподвижной оси задается законом изменения угла поворота: $\varphi_e = \varphi_e(t)$ или законом изменения его угловой скорости: $\omega_e = \omega_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке C и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = S_r = S_r(t)$.

Определить абсолютные скорость и ускорение точки в заданный момент времени t_1.

Задача 2. Поступательное движение тела, несущего точку, задается законом изменения координаты $x_e = x_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке C и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = y_r = y_r(t)$.

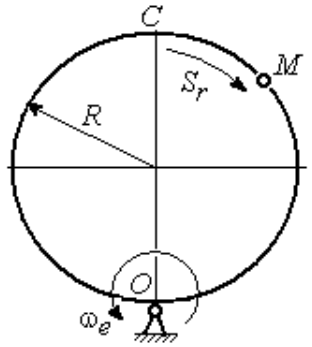
Определить абсолютные скорость и ускорение точки в момент времени t_2, который либо задаётся в исходных данных задачи, либо на схемеописаны условия, из которых он находится.

Номера вариантов заданий даны на рис. 3.2 – 3.5.

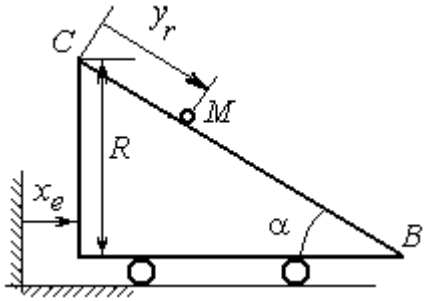
Варианты исходных данных приведены в табл. 3.1.

Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



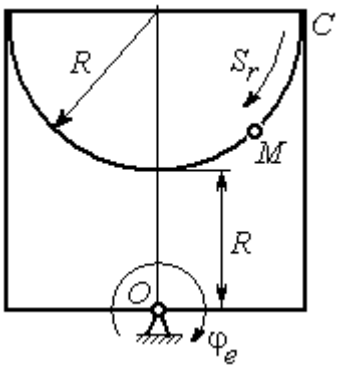
Задача 2



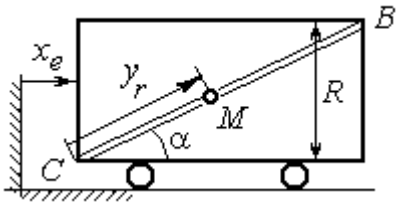
В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути CB

Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



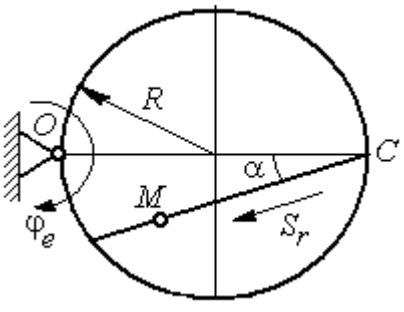
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла 2/3 пути CB

Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Задача 2

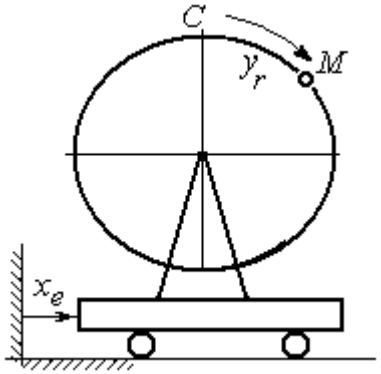
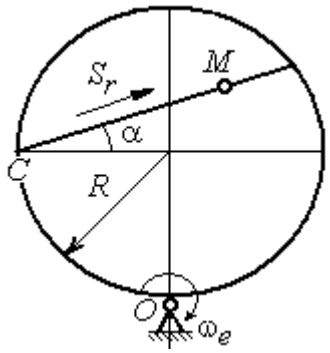


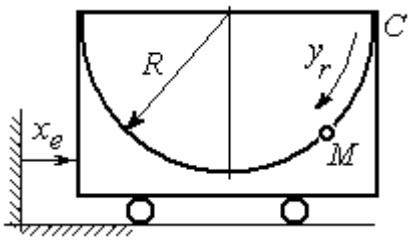
Рис. 3.2. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

Варианты № 4, 14, 24

Задача 1

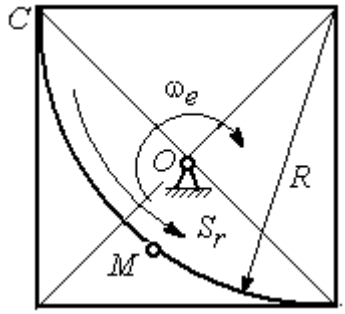


Задача 2

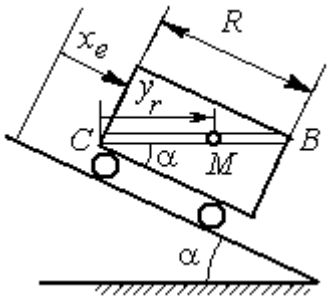


Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



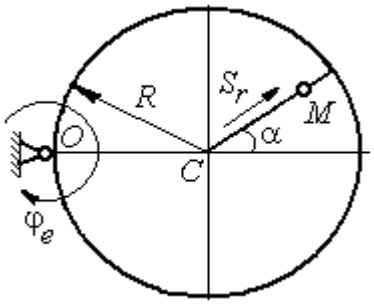
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла путь CB

Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Задача 2

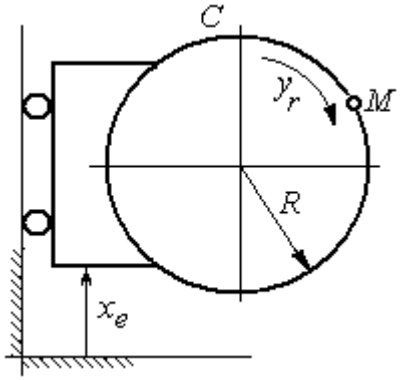
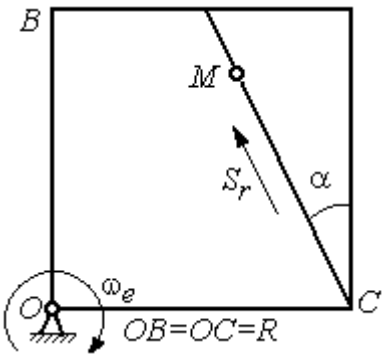


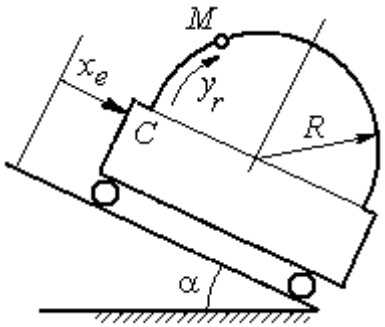
Рис. 3.3. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

Варианты № 7, 17, 27

Задача 1

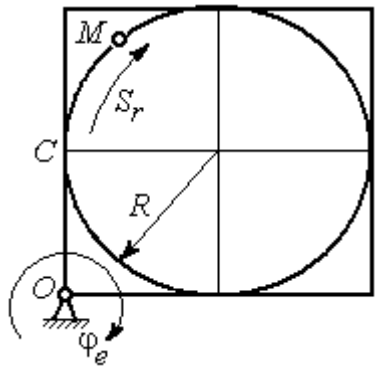


Задача 2

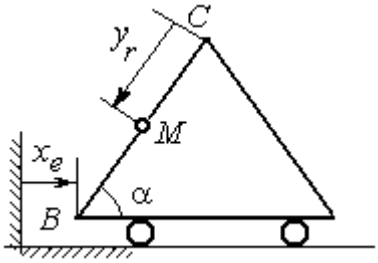


Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



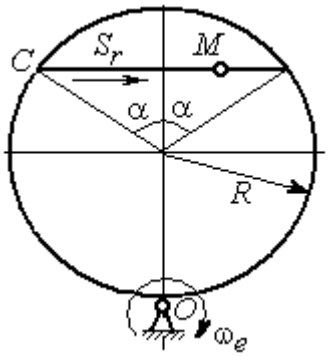
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути $CB = R$

Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Задача 2

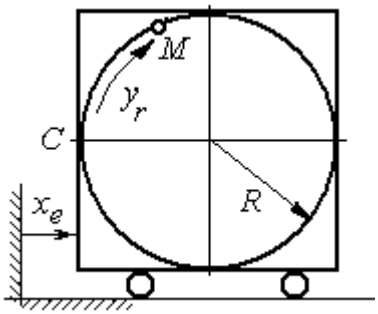
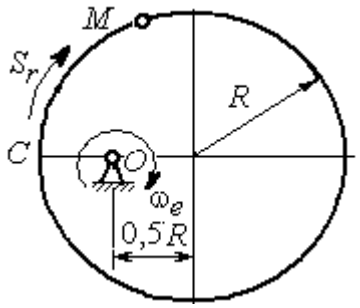


Рис. 3.4. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

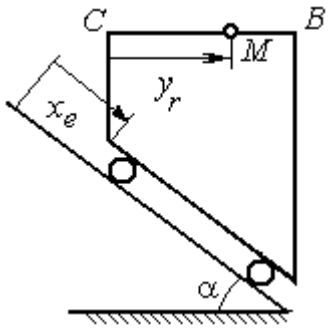
Окончание вариантов задания К4

Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути $CB = R$

Рис. 3.5. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 3.1

Исходные данные для заданий по сложному движению точки

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
1	1	3	–	$S_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$	$\omega_e = 4t^2$	1
	2	4	30	$y_r = 4t^2$	$x_e = 2\cos(\pi t/6)$	–
2	1	2	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/3)$	1
	2	3	60	$y_r = t^2 + t$	$x_e = 1 + \cos(\pi t)$	–
3	1	4	30	$S_r = 2\sqrt{3}[t + \sin(\pi t/2)]$	$\varphi_e = 4t - t^2$	1
	2	6	–	$y_r = \pi[2t + \sin\pi t]$	$x_e = 5t - t^2$	1
4	1	4	60	$S_r = 2(t^3 + t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	3	–	$y_r = \pi[2t + \cos(\pi t/2)]$	$x_e = t^3 - 4t$	1
5	1	6	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/3)$	1
	2	2	30	$y_r = t^2 + 2t$	$x_e = t^2 - 4t$	–
6	1	6	60	$S_r = t + 10\sin(\pi t/6)$	$\varphi_e = 2t^2 - 5t$	1
	2	3	–	$y_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$	$x_e = [1 - \cos(\pi t/4)]$	1
7	1	8	30	$S_r = 2(t^3 + 3t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	4	30	$y_r = 2\pi t^2$	$x_e = t^3 - 5t$	1

Продолжение табл. 3.1

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
8	1	8	–	$S_r = 2\pi\left[t^2 + \sin\pi t\right]$	$\varphi_e = t^2 - 5t$	2
	2	6	30	$y_r = t(t+1)$	$x_e = \cos\pi t$	–
9	1	8	30	$S_r = 2t^2$	$\omega_e = \cos(\pi t/8)$	2
	2	3	–	$y_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$	$x_e = (3-2t)^2$	1
10	1	6	–	$S_r = \pi(2t^3 + \sin\pi t)$	$\omega_e = 5t - 2t^3$	1
	2	4	30	$y_r = t^2 + 2t$	$x_e = 1 + \cos\pi t$	–
11	1	6	–	$S_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$	$\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$	2
	2	6	60	$y_r = 4\sin\pi t$	$x_e = t^2 - 2t$	–
12	1	18	–	$S_r = \pi(2t^2 + 2t)$	$\varphi_e(t) = 3t - t^2$	2
	2	6	30	$y_r = 2t^2 + t$	$x_e = 1 + \cos(\pi t)$	–
13	1	10	60	$S_r = t^3 + t$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$	2
	2	6	–	$y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$	$x_e = t(t+1)$	1
14	1	4	30	$S_r = 8\sqrt{3}\sin(\pi t/12)$	$\omega_e = (3-2t)^2$	2
	2	3	–	$y_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$	$x_e = 2t^2 - 5t$	1
15	1	8	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$	$\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$	1
	2	5	60	$y_r = 5t + t^2$	$x_e = \cos(\pi t/6)$	–
16	1	12	90	$S_r = 3\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\varphi_e = 2t - 3t^2$	1
	2	15	–	$y_r = \pi(4t + t^2)$	$x_e = 6\sin(\pi t/3)$	1
17	1	6	45	$S_r = 3\sqrt{2}\left[t^2 + 2\sin\pi t\right]$	$\omega_e(t) = 4t^2 - 6$	1
	2	6	60	$y_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$	$x_e = \sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	2
18	1	8	–	$S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	$\varphi_e = 18t - 4t^2$	2
	2	8	60	$y_r = 3t + 2t^2$	$x_e = \sin\pi t$	–
19	1	8	60	$S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\omega_e = 5t - t^2$	1
	2	9	–	$y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$	$x_e = \cos(\pi t/6)$	1
20	1	4	–	$S_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$	$\omega_e = 3t - 5$	1
	2	6	60	$y_r = 3t + 2t^2$	$x_e = \pi\sin\pi t$	–
21	1	3	–	$S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	$\omega_e = 6t - 14$	2
	2	8	45	$y_r = (t^2 + 3t)$	$x_e = t + 2\sin\pi t$	–

Окончание табл. 3.1

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
22	1	4	–	$S_r = 2\pi(t^2 + 2t)$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	9	60	$y_r = 8\sin\pi t$	$x_e = 5t - t^2$	–
23	1	6	45	$S_r = 12\sin(\pi t/8)$	$\varphi_e = t^2 + \cos(\pi t/4)$	2
	2	6	–	$y_r = 6\pi[t + \sin(\pi t/6)]$	$x_e = 5t - t^2$	1
24	1	6	45	$S_r = 12\sin(\pi t/8)$	$\omega_e = t + 4\cos(\pi t/4)$	2
	2	6	–	$y_r = \pi(t^2 + 2t)$	$x_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
25	1	6	–	$S_r = 2\pi t^2$	$\omega_e = 3\sin(\pi t/3)$	1
	2	4	45	$y_r = 2t(t + 3t)$	$x_e = 2(t^3 - 3t)$	–
26	1	6	120	$S_r = t^2 + t$	$\varphi_e = 12\cos(\pi t/12)$	2
	2	9	–	$y_r = \pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$	$x_e = 2(t^2 - 3t)$	1
27	1	10	60	$S_r = \sqrt{3}(t^2 + t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	2
	2	9	30	$y_r = \sqrt{3}\pi\sin(\pi t/3)$	$x_e = t + 4\cos(\pi t/4)$	1
28	1	2	–	$S_r = 6\pi\sin(\pi t/6)$	$\varphi_e = 2t + \cos(\pi t/2)$	1
	2	6		$y_r = 2t + 3t^2$	$x_e = t + \sin\pi t$	–
29	1	8	30	$S_r = (t^2 + 2t)$	$\omega_e = 6\sin(\pi t/12)$	2
	2	3	–	$y_r = 2\pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$	$x_e = 5t - t^2$	1
30	1	2	–	$\pi(t^2 + 2t)$	$\omega_e(t) = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	3	60	$y_r = t + t^2$	$x_e = t + \sin\pi t$	–

Пример выполнения задания К4. Сложное движение точки

Задача 1. Фигура, состоящая из половины диска и равнобедренного треугольника (рис. 3.6), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину A треугольника. Вращательное движение задается законом изменения угла поворота фигуры $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад.

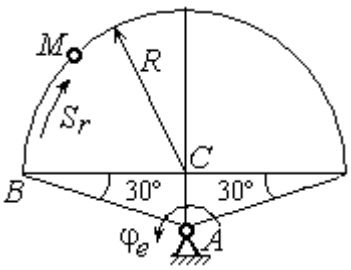


Рис. 3.6. Схема сложного движения точки

Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой φ_e. По ободу диска от точки *B* движется точка *M*. Движение точки относительно диска задается законом изменения длины дуги окружности: $\overset{\cup}{BM} = S_r = 9\pi t^2$ см. Положительное направление движения точки *M* на рис. 3.6 показано дуговой стрелкой S_r. Радиус диска $R = 9$ см.

Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки *M* в момент времени $t_1 = 1$ с.

Решение

Вращение фигуры будет для точки *M* переносным движением. Относительное движение точки *M* – её движение по окружности обода диска.

Для определения **положения точки** *M* на ободе диска вычислим расстояние, которое она прошла на заданный момент времени. Длина дуги окружности, пройденной точкой за 1 с: $S_r(1) = 9\pi$ см. Положение точки *M* определяется центральным углом $\alpha = \dfrac{S_r(1)}{R} = \dfrac{9\pi}{9} = \pi$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.7 точкой M_1.

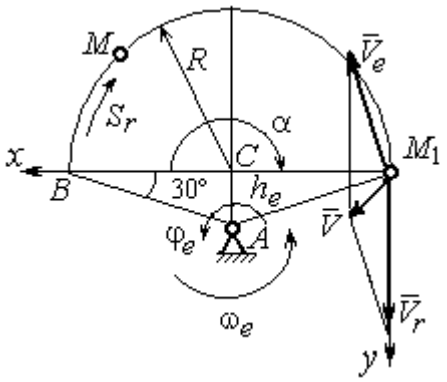


Рис. 3.7. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки при сложном движении

Для определения **скорости переносного движения** точки вычисляем значение производной: $\dot{\varphi}_e = 5 - 4t$. Угловая скорость вращения фигуры: $\omega_e = |\dot{\varphi}_e|$. При $t_1 = 1$ с $\dot{\varphi}_e(1) = 1$ рад/с. Положительная величина производной $\dot{\varphi}_e(1)$ показывает, что вращение фигуры в данный момент происходит в положительном направлении, что отмечено дуговой стрелкой ω_e на рис. 3.7.

В момент времени $t_1 = 1$ с точка *M* находится в положении M_1. Скорость V_e переносного движения точки в момент времени $t_1 = 1$ с $V_e(1) = \omega_e(1)h_e$, где

расстояние от точки M_1 до оси вращения фигуры $h_e = AM_1 = \dfrac{R}{\cos 30^\circ} = 6\sqrt{3}$ см.

Тогда $V_e(1) = 6\sqrt{3}$ см/с.

Вектор скорости переносного движения точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен линии AM_1 и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.7).

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги *BM*. В этом случае **скорость относительного движения** точки $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = \left|18\pi t\right|$. При t_1 = 1 с $V_r(1) = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 18\pi$ = 56,5 см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r(1)$ указывает, что относительное движение точки в положении M_1 происходит в положительном направлении, указанном на рис. 3.7 дуговой стрелкой S_r. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении M_1 направлен по касательной к траектории относительного движения в сторону положительного направления движения (см. рис. 3.7).

Абсолютную скорость точки находим по теореме сложения скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Направление вектора абсолютной скорости, полученное по правилу сложения векторов, показано на рис. 3.5. Для определения величины абсолютной скорости выбираем прямоугольные оси координат M_1xy (см. рис. 3.7) и проецируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси. Получим:

$$V_x = V_e \cos 60^\circ = 3\sqrt{3} = 5{,}2 \text{ см/с};$$

$$V_y = -V_e \cos 30^\circ + V_r = -6\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 56{,}5 = 29{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{5{,}2^2 + 29{,}5^2} = 29{,}95$ см/с.

Абсолютное ускорение точки определяем по теореме Кориолиса, которая при вращательном переносном движении имеет вид:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Относительное касательное ускорение a_r^τ вычисляется по формуле: $a_r^\tau = \left|\ddot{S}_r\right|$. По условию задачи вторая производная $\ddot{S}_r = 18\pi$ = 56,5 см/с^2 – постоянная величина. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^\tau$ направлен по касательной к траектории относительного движения в точке M_1 в сторону положительного направления относительного движения, отмеченного дуговой стрелкой S_r.

Относительное нормальное ускорение точки вычисляется по формуле $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно: $a_r^n(1) = \dfrac{V_r^2(1)}{R} = \dfrac{(18\pi)^2}{9} = 355{,}3$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_r^n$ направлен по радиусу диска к центру C (см. рис. 3.8).

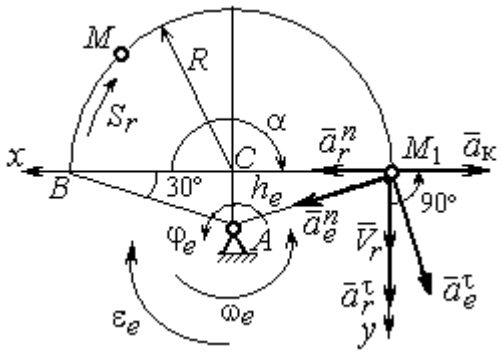


Рис. 3.8. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Переносное касательное ускорение вычисляется по формуле: $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e$, где угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right|$. Вычислим производную $\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с^2. Угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right|$ = 4 рад/с^2 постоянно и не зависит от времени.

Отрицательное значение производной $\ddot{\varphi}_e < 0$ при условии, что расчетная величина угловой скорости положительна: $\dot{\varphi}_e > 0$, означает, что вращательное движение замедленное и переносное угловое ускорение ε_e направлено в сторону, противоположную направлению вращения.

Вектор $\vec{a}_e^\tau$ переносного касательного ускорения точки в её положении M_1 перпендикулярен линии AM_1 и направлен противоположно вектору переносной скорости $\vec{V}_e$ (см. рис. 3.8). Модуль переносного касательного ускорения: $a_e^\tau = a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = 24\sqrt{3}$ = 41,6 см/с^2.

Переносное нормальное ускорение a_e^n рассчитывается по формуле: $a_e^n = \omega_e^2 h_e$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $a_e^n(1) = \omega_e^2(1)h_e = 6\sqrt{3} = 10{,}4$ см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^n$ направлен по линии AM_1 к оси вращения (см. рис. 3.8).

По условию задачи вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, то есть перпендикулярен вектору угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$. Тогда модуль **ускорения Кориолиса** при $t_1 = 1$ с $a_к = 2\omega_e V_r = 2 \cdot 1 \cdot 18\pi = 113{,}1$ см/с^2.

Так как вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r \perp \vec{\omega}_e$, то по правилу Жуковского для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения вокруг оси, параллельной оси вращения и проходящей через точку M_1 (см. рис. 3.8). Для определения абсолютного ускорения спроецируем на прямоугольные оси xM_1y (см. рис. 3.8) векторное равенство $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_к$. Получим: $a_y = a_e^{\tau}\cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^{\tau} = 97{,}9$ см/с^2, $a_x = -a_e^{\tau}\cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_к = 228{,}4$ см/с^2. Модуль абсолютного ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 248{,}5$ см/с^2.

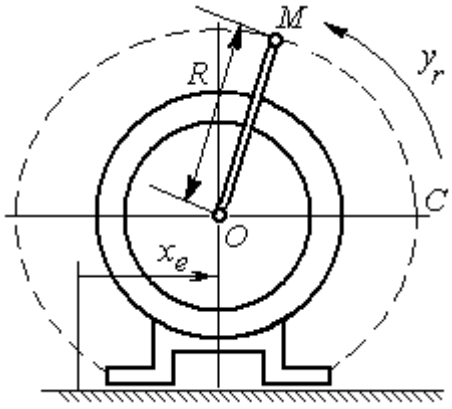


Рис. 3.9. Схема движения точки стержня, укреплённого на электромоторе

Задача 2. К вращающемуся валу электромотора прикреплён стержень OM длины $R = 6$ см. Во время работы электромотора точка M стержня из начального положения C перемещается по дуге окружности согласно уравнению $CM = y_r = \pi t^2$ см. При этом электромотор, установленный без креплений, совершает горизонтальные гармонические колебания на фундаменте по закону

$x_e = 5\sin(\pi t/3)$ см. Определить абсолютное ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$ с.

Решение

Точка M совершает сложное движение – относительно электромотора и вместе с ним. Относительным движением точки будет её движение по дуге окружности радиуса R, переносным – поступательное горизонтальное, прямолинейное движение электромотора.

Найдём положение точки относительно электродвигателя в заданный момент времени. Угол α, отсчитываемый стержнем OM от начального положения OC, в момент времени $t_1 = 1$ с составляет $\alpha = \dfrac{y_r(t_1)}{R} = \dfrac{\pi}{6} = 30°$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.10 буквой M_1.

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги. Относительная скорость $V_r = \dot{y}_r = 2\pi t$. В момент времени $t_1 = 1$ с V_r= 6,28 см/с. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости направлен перпендикулярно стержню OM_1.

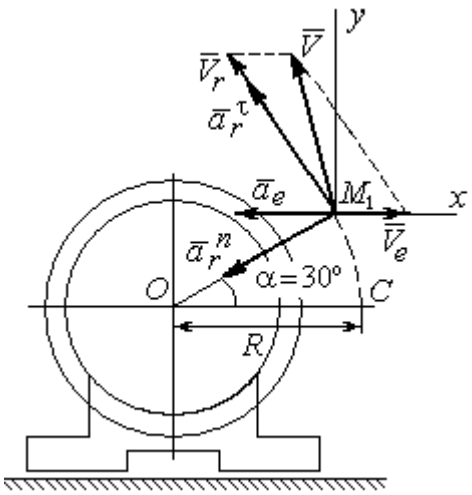


Рис. 3.10. Расчётная схема вычисления абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки

Скорость точки в переносном движении – это скорость горизонтального движения электродвигателя:

$$V_e = \dot{x}_e = \frac{5\pi}{3}\cos(\pi t/3).$$

В момент времени $t_1 = 1$с $V_e = \dfrac{5\pi}{3}\cos 60^\circ$ = 2,62 см/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости точки M направлен параллельно линии движения электродвигателя (см. рис. 3.10).

Абсолютная скорость точки определяется на основании теоремы сложения скоростей при сложном движении: $\vec{V}_M = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти величину абсолютной скорости, выберем оси xM_1y, как показано на рис. 3.10, и спроецируем векторное равенство сложения скоростей на эти оси. Получим: $V_{Mx} = V_e - V_r\cos 60^\circ = -0{,}52$ см/с (проекция направлена в отрицательную сторону оси x), $V_{My} = V_r\cos 30^\circ = 5{,}44$ см/с. Модуль абсолютной скорости $V_M = \sqrt{V_{Mx}^2 + V_{My}^2} = 5{,}46$ см/с. Вектор абсолютной скорости направлен по диагонали параллелограмма, построенного на векторах $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$.

При поступательном переносном движении точки $\omega_e = 0$ и потому $a_к = 0$. Относительное ускорение точки при движении по окружности раскладывается на две составляющие $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$, направленные вдоль стержня OM и перпендикулярно ему. Кроме того, при прямолинейном относительном движении $a_e^n = 0$. В результате, теорема о сложении ускорений принимает вид $\vec{a}_M = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e$, где модули векторов вычисляются по формулам $a_r^{\tau} = \dot{V}_r$, $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$, $a_e = a_e^{\tau} = \dot{V}_e = -\dfrac{5\pi^2}{9}\sin(\pi t/3)$ и в момент времени $t_1 = 1$с равны $a_r^{\tau} = 6{,}28$ см/с^2, $a_r^n = 6{,}57$ см/с^2, $a_e = -4{,}75$ см/с^2. Направления векторов ускорений показаны на рис. 3.10. Для вычисления модуля абсолютного ускорения точки спроецируем векторное равенство сложения ускорений на оси выбранной ранее системы координат xM_1y. Получим:

$$a_{Mx} = -a_r^{\tau}\cos 60^\circ - a_r^n\cos 30^\circ - a_e = -4{,}08 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = a_r^{\tau}\cos 30^\circ - a_r^n\cos 60^\circ = 2{,}15 \text{ см/с}^2.$$

Величина абсолютного ускорения $a_M = \sqrt{a_{Mx}^2 + a_{My}^2} = 4{,}61$ см/с^2.

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение точки под действием системы сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, …, $\vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат *Oxyz* описывается **дифференциальными уравнениями:** $m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}$, $m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}$, $m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}$ или, обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F_{kx}$, $m\ddot{y} = \sum F_{ky}$, $m\ddot{z} = \sum F_{kz}$, где m – масса точки; x, y, z – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций сил на оси координат.

Интегрирование дифференциальных уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

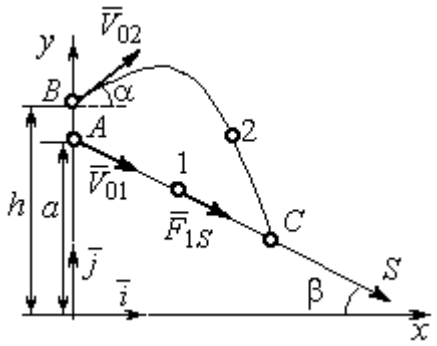
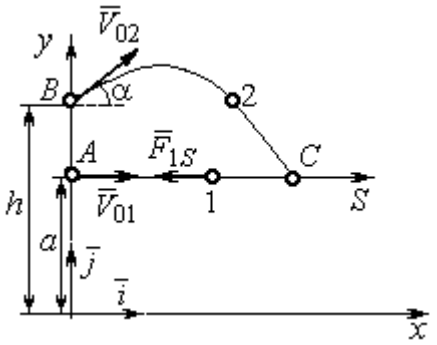
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

Две материальные точки движутся в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой m_1, получив в начальном положении *A* скорость V_{01}, движется вдоль гладкой оси *AS*, наклоненной под углом β к горизонту. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_1$, направленная вдоль оси *AS*. Направление вектора проекции силы на ось $\vec{F}_{1S}$ показано на схеме.

Одновременно с точкой 1 начинает движение точка 2 массой m_2 из положения *B* на оси *y*. На точку 2 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_2$. Направление вектора силы $\vec{F}_2$ определяется его разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ координатных осей *x*, *y*.

Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1 точки 1 и 2 встретились на оси AS в точке C. Момент времени t_1 задаётся в условиях задачи или определяется по дополнительным условиям встречи.

Варианты заданий представлены на рис. 4.1, 4.2. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

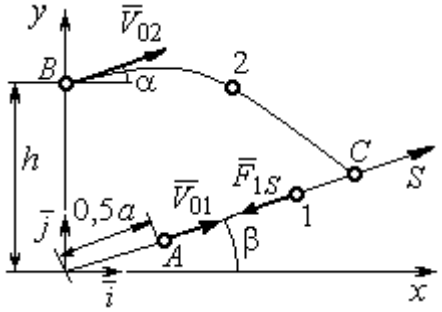
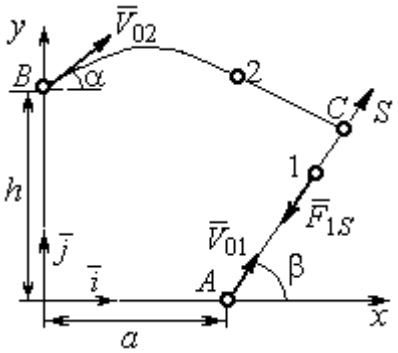
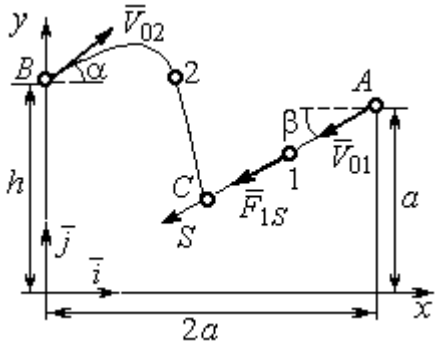
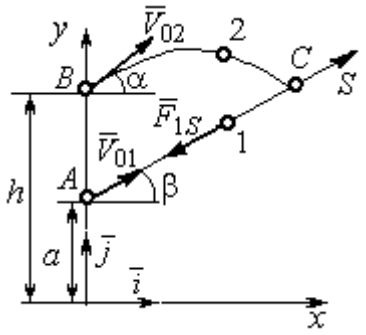
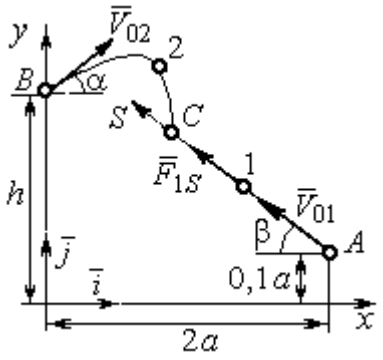
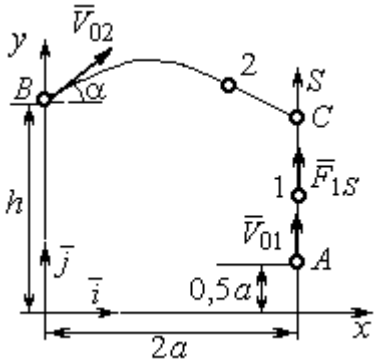
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент времени $t_1 = 0{,}5$ с

Рис. 4.1. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Встреча в точке *C* в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	Встреча в точке *C*, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}4$ с	Встреча в точке *C* в момент максимального подъёма точки 1

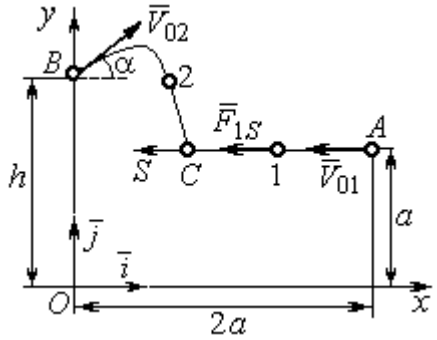
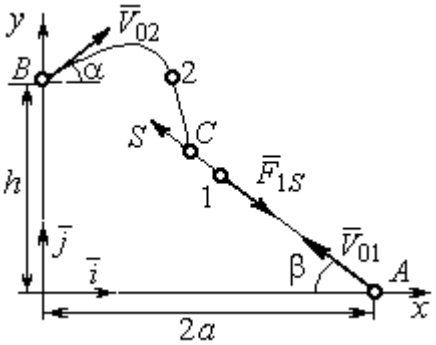
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	
Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}6$ с	Встреча в точке *C* в момент, когда точка 1 достигла максимальной высоты подъёма

Рис. 4.2. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 4.1

Исходные данные задания Д1. Интегрирование уравнений движения точки

Номер варианта задания	m_1, кг	F_{1S}, Н	V_{01}, м/с	β, град	m_2, кг	$\vec{F}_2$, Н	a, м	h, м
1	1	3	3	30	2	$7\vec{i}$	2	4
2	3	6	2	0	2	$4\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	1
3	2	5	4	35	1,5	$10\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
4	1	10	2	60	2	$4\vec{i}+8\vec{j}$	2,2	2
5	1	3	3	30	2	$5\vec{i}$	3	4,5
6	0,8	6	6	50	3	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	4
7	2	5	4,5	40	1	$10\vec{i}+2\vec{j}$	3	2,5
8	1	2	3,5	90	2	$6\vec{i}+8\vec{j}$	1,2	2
9	2	4	4	0	1	$3\vec{i}+2\vec{j}$	2	2,5
10	1	3	3	55	1,5	$4\vec{i}$	1	1,5
11	0,5	2	3	60	2	$3\vec{i}+8\vec{j}$	1,5	2,5
12	0,2	3	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1	2,5
13	1	2	6	50	1,5	$6\vec{i}-4\vec{j}$	0,8	2
14	0,5	6	4	35	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	2,5	2
15	0,2	3	3	50	2	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3	4
16	2	4	6	40	2	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1	1,5
17	1	6	5	60	1,5	$5\vec{i}+4\vec{j}$	3	2,5
18	1	2	2	90	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2
19	1	3	2	2	2	$2\vec{i}+10\vec{j}$	1	1,5
20	5	4	2	30	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	1,5
21	0,2	4	4	45	1	$6\vec{i}-2\vec{j}$	1	3
22	0,4	3	2	0	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1,5	2,5
23	1	3	8	60	2	$4\vec{i}+2\vec{j}$	1,2	1,5
24	0,5	8	3	30	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
25	2	4	4	60	1	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3,5	4
26	1	3	5	50	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	0,5	1,5
27	1,5	3	6	30	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
28	2	5	3	90	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
29	2	4	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	2
30	1	3	2,5	70	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1	1

Пример выполнения задания Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

На рис. 4.3 представлена схема движения материальных точек в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой $m_1 = 2$ кг, получив в начальном положении *A* скорость $V_{01} = 4$ м/с, движется вдоль гладкой оси *AS* с углом наклона $\beta = 30^\circ$. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести $\vec{P}_1$ и постоянная сила $\vec{F}_1$, проекция которой на ось *AS* равна $F_{1S} = 4{,}5$ Н. Направление вектора проекции силы $\vec{F}_{1S}$ на ось *AS* показано на рис. 4.3.

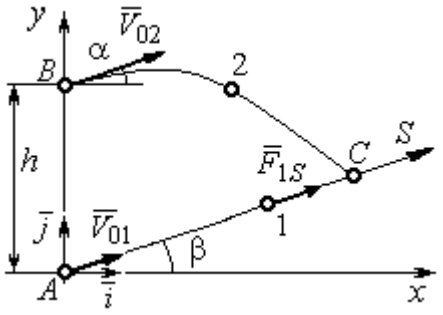


Рис. 4.3. Схема совместного движения точек

Одновременно с началом движения точки 1 из положения *B* на оси *y* высотой $h = 1$ м начинает движение точка 2 массой $m_2 = 1{,}2$ кг. На точку 2 действуют сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, направление которой определяется разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ осей *x*, *y* декартовой системы координат: $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, Н. Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальным значением, обе они встретились на оси *AS* в точке *C*.

Решение

Рассмотрим движение точки 1. В текущий момент времени на точку 1 действует сила тяжести $\vec{P}_1$, нормальная реакция $\vec{N}_1$ наклонной оси *AS* и сила $\vec{F}_1$, величина проекции которой на ось *AS* равна F_{1S} (рис. 4.4). Дифференциальное уравнение движения точки 1 $m_1\ddot{S} = F_{1S} - P_1\sin\beta$, или $m_1\dfrac{dV_{1S}}{dt} = 4{,}5 - m_1 g\sin\beta$. С учетом исходных данных, полагая ускорение свободного падения $g = 9{,}81$ м/с^2, дифференциальное уравнение движения точки 1

приводится к виду: $\frac{dV_{1S}}{dt} = -2{,}66$. Разделим переменные, представив дифференциальное уравнение в виде $dV_{1S} = -2{,}66dt$. Проинтегрировав его, получим зависимость скорости точки 1 от времени: $V_{1S} = -2{,}66t + C_1$. Для того чтобы определить закон движения точки 1, представим скорость точки как производную от координаты $V_{1S} = \frac{dS}{dt}$. Получим дифференциальное уравнение $\frac{dS}{dt} = -2{,}66t + C_1$, проинтегрировав которое, найдём уравнение движения точки 1: $S = -1{,}33t^2 + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования C_1, C_2 находятся из начальных условий: при $t = 0$, $S = 0$, $\dot{S} = V_{1S} = V_{01} = 4$ м/с. Подставляя первое из условий в уравнение движения точки 1, получим $C_2 = 0$. Подставим начальное значение скорости в уравнение $\dot{S} = -2{,}66t + C_1$, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени. Получим $C_1 = 4$. Таким образом, движение точки 1 вдоль оси AS описывается уравнением: $S = -1{,}33t^2 + 4t$.

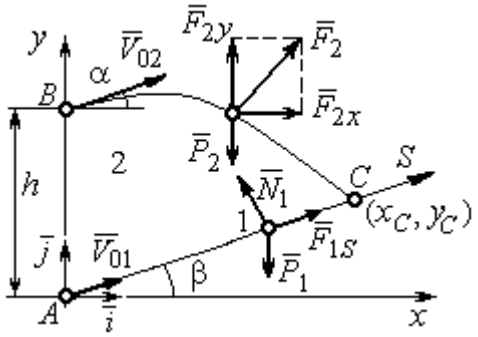


Рис. 4.4. Силы, действующие на точки 1 и 2, во время их движения

По условию задачи встреча двух точек происходит в момент времени t_1, когда скорость первой точки уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальной: $V_{1S}(t_1) = \frac{V_{01}}{2} = 2$ м/с. Подставляя это условие в уравнение, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени, получим: $2 = -2{,}66t_1 + 4$, откуда найдём момент времени встречи $t_1 = 0{,}75$ с. Расстояние AC, пройденное точкой 1 до встречи, определяется как путь, пройденный этой точкой за время $t_1 = 0{,}75$ с, $AC = S(t_1) = -1{,}33 \cdot 0{,}75^2 + 4 \cdot 0{,}75 = 2{,}25$ м. Координаты точки встречи x_C, y_C определяются из равенств: $x_C = S(t_1)\cos 30^\circ = 1{,}95$ м; $y_C = S(t_1)\sin 30^\circ = 1{,}12$ м.

Рассмотрим движение точки 2. В текущий момент времени на нее действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, проекции которой на оси координат $F_{2x} = 2{,}4$ Н, $F_{2y} = 4{,}5$ Н. Дифференциальные уравнения движения точки 2 в проекциях на оси координат *x*, *y* имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = F_{2x} = 2{,}4\,, \quad m_2\ddot{y} = -P_2 + F_{2y} = -m_2 g + 4{,}5\,,$$

или после подстановки исходных данных: $\ddot{x} = 2$, $\ddot{y} = -6{,}06$.

Представим в первом уравнении проекцию ускорения точки 2 на ось *x* как производную от соответствующей проекции скорости $\ddot{x} = \dfrac{dV_{2x}}{dt}$. После разделения переменных получим дифференциальное уравнение $dV_{2x} = 2dt$. Проинтегрируем его и найдем зависимость горизонтальной составляющей скорости точки 2 от времени: $V_{2x} = 2t + C_3$. Заменим в этом уравнении проекцию скорости точки на ось *x* на производную от координаты $V_{2x} = \dfrac{dx}{dt}$. После интегрирования получим уравнение, описывающее движение точки 2 вдоль оси *x*, $x = t^2 + C_3 t + C_4$. Для того чтобы найти постоянные C_3 и C_4, воспользуемся граничными условиями движения точки 2 – известной начальной координатой движения точки и вычисленной координатой точки встречи, то есть при $t = 0$, $x = 0$, а при $t_1 = 0{,}75$ с $x(t_1) = x_C = 1{,}95$ м. Подставляя граничные условия в уравнение движения точки 2, получим $C_4 = 0$, $C_3 = 1{,}85$. Таким образом, уравнение движения точки 2 вдоль оси *x*: $x = t^2 + 1{,}85t$.

Закон движения точки 2 вдоль оси *y* находим путем интегрирования второго дифференциального уравнения. Его представим в виде: $\dfrac{dV_{2y}}{dt} = -6{,}06$. После разделения переменных и первого интегрирования получим зависимость проекции скорости точки 2 на ось *y* от времени: $V_{2y} = -6{,}06t + C_5$. Заменив проекцию скорости точки 2 на ось *y* производной от координаты $V_{2y} = \dfrac{dy}{dt}$, вто-

рично проинтегрируем. В результате движение точки 2 вдоль оси y описывается уравнением: $y = -3{,}03t^2 + C_5 t + C_6$. Для определения констант C_5 и C_6 используем граничные условия: при $t = 0$ $y(0) = h = 1$ м, а при $t_1 = 0{,}75$ с $y(t_1) = y_C = 1{,}12$ м. Получим $C_6 = 1$, $C_5 = 2{,}43$. Таким образом, точка 2 движется вдоль оси y по закону: $y = -3{,}03t^2 + 2{,}43t + 1$.

Проекции скорости точки 2 на оси координат как функции времени имеют вид: $V_{2x}(t) = \dot{x} = 2t + 1{,}85$, $V_{2y}(t) = \dot{y} = -6{,}06t + 2{,}43$. Значения проекций при $t = 0$: $V_{02x} = V_{2x}(0) = 1{,}85$ м/с, $V_{02y} = V_{2y}(0) = 2{,}43$ м/с. Величина начальной скорости: $V_{02} = \sqrt{{V_{02x}}^2 + {V_{02y}}^2} = 3{,}05$ м/с.

Угол наклона вектора скорости в начальный момент определяется из равенства: $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{V_{02y}}{V_{02x}} = \dfrac{2{,}43}{1{,}85} = 1{,}31$. Откуда $\alpha = 52{,}64^\circ$.

4.3. Колебания материальной точки

Силы, возникающие при отклонении материальной точки от положения равновесия и направленные так, чтобы вернуть точку в это положение, называются **восстанавливающими**. Восстанавливающие силы, линейно зависящие от расстояния от точки до положения её равновесия, называются **линейными восстанавливающими силами**. Так, сила упругости пружины $F = c\Delta\ell$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины; $\Delta\ell$ – удлинение пружины, является линейной восстанавливающей силой.

Дифференциальное уравнение движения материальной точки массой m вдоль оси Оx под действием линейной восстанавливающей силы, представляет собой уравнение гармонических колебаний и имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где x – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало

координат; ω – угловая частота колебаний, $\omega^2 = \frac{c}{m}$. Единица измерения угловой частоты – рад/с.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется суммой $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий. **Амплитуда свободных колебаний** $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Промежуток времени, в течение которого точка совершает одно полное колебание, называется **периодом колебаний**: $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Величина, обратная периоду $\nu = \frac{1}{T}$ определяет число полных колебаний точки за 1 с и называется **частотой колебаний**. Частота колебаний измеряется в герцах (Гц). Частота, равная 1 Гц, соответствует одному полному колебанию в секунду. Угловая частота связана с частотой колебаний соотношением $\omega = 2\pi\nu$.

Если на материальную точку кроме восстанавливающей силы действует сила сопротивления движению, пропорциональная скорости точки, $\vec{R} = -\mu\vec{V}$, где μ – коэффициент сопротивления, то дифференциальное уравнение движения точки с сопротивлением относительно положения равновесия имеет вид $m\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = 0$, или $\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2 x = 0$, где n – коэффициент затухания, $n = \frac{\mu}{2m}$; ω – угловая частота собственных колебаний точки без учёта сопротивления, $\omega^2 = \frac{c}{m}$.

При $n < \omega$ движение точки представляет затухающие колебания. Общее решение дифференциального уравнения колебаний с сопротивлением $x = e^{-nt}(C_1\cos\omega_1 t + C_2\sin\omega_1 t) = Ae^{-nt}\sin(\omega_1 t + \alpha)$, где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования; ω_1 – угловая частота затухающих колебаний, $\omega_1 = \sqrt{\omega^2 - n^2}$;

$A_1 = Ae^{-nt}$ – амплитуда затухающих колебаний, $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$; α – начальная фаза колебаний, $\text{tg}\alpha = \dfrac{C_1}{C_2}$.

При $n > \omega$ движение точки апериодическое, затухающее. Общее решение дифференциального уравнения движения точки с таким сопротивлением имеет вид $x = e^{-nt}(C_1 e^{\omega_2 t} + C_2 e^{-\omega_2 t})$, где $\omega_2 = \sqrt{n^2 - \omega^2}$.

При $n = \omega$ движение точки происходит согласно уравнению $x = e^{-nt}(C_1 t + C_2)$.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.**

При действии гармонической возмущающей силы $F = H\sin pt$, где H, p – амплитуда и угловая частота колебаний возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия и при отсутствии сил сопротивления имеет вид

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; h – относительная амплитуда возмущающей силы, $h = \dfrac{H}{m}$.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний представляется как сумма общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного.

При отсутствии резонанса, когда частота собственных колебаний не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$, решение имеет вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$, а в случае резонанса, когда $p = \omega$, – вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t - \dfrac{ht}{2p}\cos pt$. Значения произвольных постоянных C_1 и C_2

определяются из общего решения неоднородного уравнения с учетом начальных условий движения. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{\text{соб}} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Амплитуда вынужденных колебаний при отсутствии резонанса $A_{\text{вын}} = \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}$. При резонансе амплитуда вынужденных колебаний растет как линейная функция времени $A_{\text{вын}} = \dfrac{ht}{2p}$.

Если возмущающее воздействие заключается в **принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины**, например, по закону $S = a\sin pt$, где a, p – амплитуда и угловая частота колебаний точки подвеса пружины, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия при отсутствии сил сопротивления имеет вид $\ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt$, где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; h – относительная амплитуда возмущающего колебания, $h = \dfrac{ca}{m}$. Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины может быть получено аналогично случаю возмущения гармонической силой.

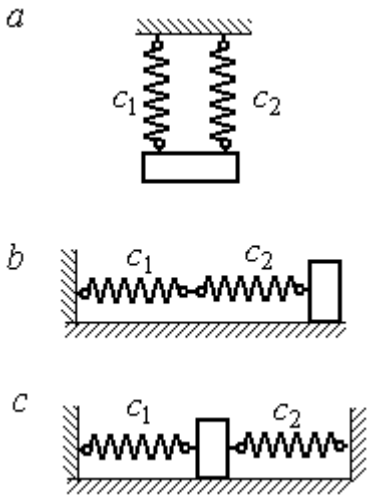


Рис. 4.5. Способы крепления груза на двух пружинах:
a – две параллельные пружины;
b – последовательно соединённые пружины; *c* – крепление груза между пружинами

Система пружин заменяется одной с эквивалентной жесткостью. Так, колебания груза на двух параллельных пружинах с коэффициентами жесткости c_1 и c_2 (рис. 4.5, *a*) можно рассматривать как колебания груза на одной пружине эквивалент-

ной жесткости $c_{экв} = c_1 + c_2$, где $c_{экв}$ – коэффициент жесткости эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин (рис. 4.5, *b*) коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{экв} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$. Если груз расположен между двумя пружинами (рис. 4.5, *c*), тогда $c_{экв} = c_1 + c_2$. Коэффициент жесткости эквивалентной пружины равен сумме коэффициентов жесткости пружин.

4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки

Задание Д2 на исследование колебаний точки включает две задачи.

Задача 1. Исследование гармонических колебаний точки.

Найти уравнение движения груза массой m_1 (или одновременно двух грузов массой m_1 и m_2) на пружине жесткостью c_1 (или на двух пружинах жесткостью c_1 и c_2). Расположение грузов на пружине и описание условий, при которых начались колебания, приведено на схемах. Определить амплитуду и частоту колебаний.

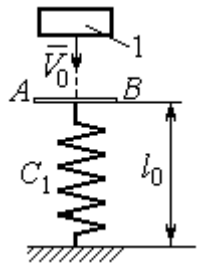
Задача 2. Исследование вынужденных колебаний точки.

Груз движется на пружинах, расположенных вертикально или горизонтально. При движении груза по горизонтальной поверхности трение не учитывается. Жёсткость пружин c_1 и c_2. Направление возмущающего усилия $F = F(t)$, приложенного к грузу, или возмущающего движения точки крепления пружин $S = S(t)$, а также описание условий начала колебаний приведено на схемах. В задачах, где на схемах присутствует амортизатор, создающий сопротивление движению груза, сила сопротивления пропорциональна скорости движения груза и находится по формуле: $\vec{R} = -\mu \vec{V}$ Н, где μ – коэффициент сопротивления; V – скорость груза. Определить уравнение колебаний груза, амплитуды собственных и вынужденных колебаний.

Варианты заданий даны на рис. 4.6 – 4.9. Исходные данные в табл. 4.2.

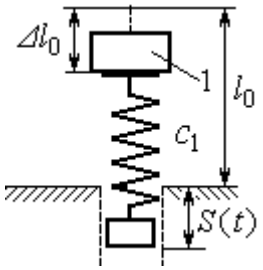
Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



Невесомая пластина AB укреплена на нерастянутой пружине. Груз 1, получив начальную скорость V_0, падает вертикально вниз. Через 1 с после начала падения груз достигает пластины и продолжает движение вместе с ней

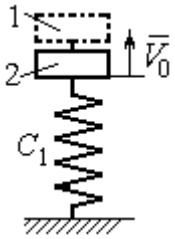
Задача 2



К верхнему концу пружины, сжатой на величину $\Delta\ell_0$, прикрепляют груз 1 и отпускают без начальной скорости. Одновременно нижний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

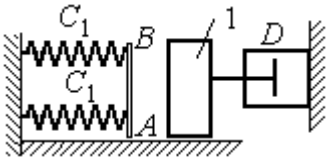
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



В положении статического равновесия двух грузов (1 и 2), установленных на пружине, груз 1 убрали, а грузу 2 сообщили скорость V_0, направленную вверх

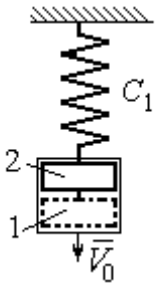
Задача 2



Груз 1 движется по гладкой горизонтальной поверхности с начальной скоростью V_0. Через 1 с груз упирается в площадку AB, укреплённую на недеформированных пружинах, соединённых параллельно, и продолжает движение вместе с ней. Во время движения (до упора в площадку AB и вместе с ней) груз испытывает сопротивление, создаваемое демпфером D

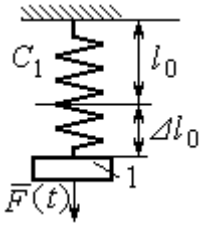
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



В положении статического равновесия груза 2, укреплённого на пружине, к нему присоединили груз 1 и оба груза толкнули вниз со скоростью V_0

Задача 2

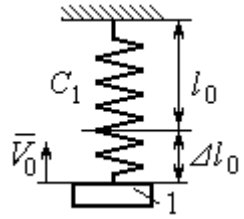


Недеформированную пружину оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$, подцепили груз 1 и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.6. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

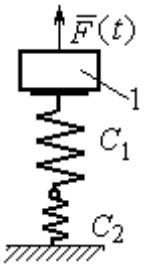
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



К недеформированной пружине подцепили груз 1, оттянули его вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вверх

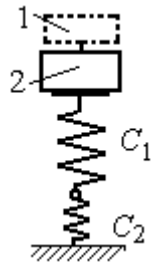
Задача 2



Грузу 1, укреплённому на двух последовательно соединённых пружинах в положении статического равновесия, сообщили начальную скорость V_0, направленную вниз. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

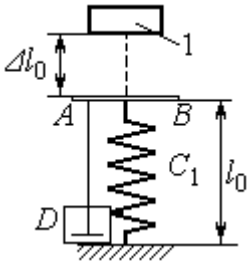
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



В положении статического равновесия грузов 1 и 2, укреплённых на двух вертикальных последовательно соединённых пружинах, убрали груз 1, а груз 2 отпустили без начальной скорости

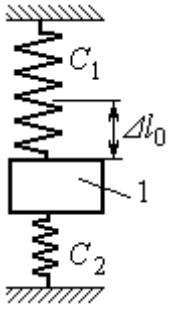
Задача 2



Груз 1 падает с высоты $\Delta\ell_0$ на площадку AB, установленную на недеформированной пружине, и продолжает движение вместе с ней. Демпфер D создаёт сопротивление движению груза на пружине

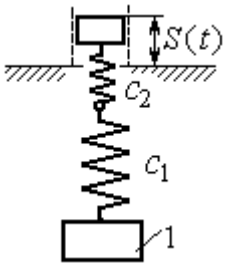
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Груз 1 поместили между двумя недеформированными пружинами, затем оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости

Задача 2

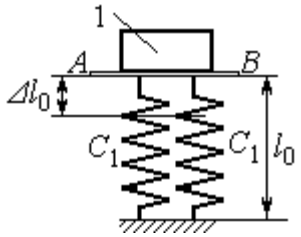


К недеформированным пружинам, соединённым последовательно, подцепили груз 1 и толкнули его вниз со скоростью V_0. Одновременно верхний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.7. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

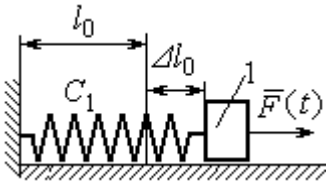
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



К недеформированным пружинам приложили груз 1, переместили его вниз на величину $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вниз

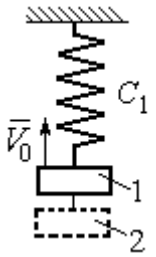
Задача 2



К нерастянутой пружине, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, подцепили груз 1, оттянули его на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили. Одновременно на груз стала действовать горизонтальная возмущающая сила $\vec{F}(t)$

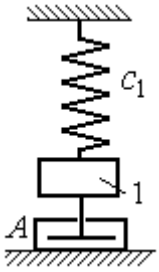
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Грузы 1 и 2 находятся на пружине в положении статического равновесия. Груз 2 удаляют, а грузу 1 сообщают скорость V_0, направленную вверх

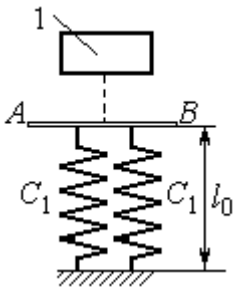
Задача 2



В положении статического равновесия груза 1 ему сообщили скорость V_0, направленную вниз. Демпфер A создаёт сопротивление движению груза

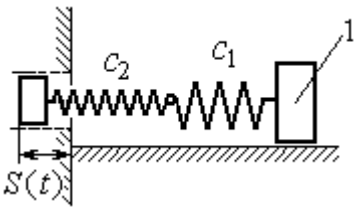
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Груз 1 без начальной скорости падает вниз. Пройдя путь 1 м, груз достигает невесомой пластины AB, укреплённой на недеформированных, параллельно соединённых пружинах, и дальше движется вместе с ней

Задача 2



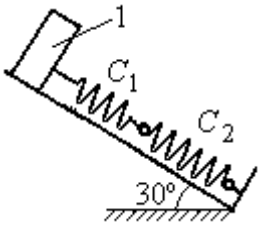
К двум горизонтальным пружинам, соединённым последовательно, в положении их нерастянутого состояния прицепили груз 1 и сообщили ему горизонтальную скорость V_0, направленную в сторону сжатия пружин. Одновременно левый конец пружинной системы начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.8. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Окончание вариантов задания Д2

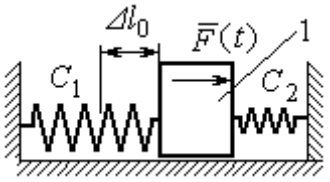
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



В положении статического равновесия груза 1, укреплённого на двух последовательно соединённых пружинах, сообщили скорость V_0, направленную вниз по наклонной плоскости

Задача 2



Между двумя горизонтальными недеформированными пружинами на гладкую поверхность поместили груз 1, оттянули его влево на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.9. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 10, 20, 30

Таблица 4.2

Исходные данные задания Д2. Исследование колебаний точки

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
1	1	2,5	–	2,0	200	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	–	210	–	0,1	–	–	0,02sin12t
2	1	1,5	2,0	4	250	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	4	220	–	–	1,0	–	–
3	1	2,0	1,5	3	250	–	–	–	–	–
	2	1,2	–	–	200	–	0,14	–	12sin5t	–
4	1	2,0	–	3	180	–	0,1	–	–	–
	2	1,5	–	2	150	120	–	–	8sin12t	–
5	1	1,0	2,0	–	120	100	–	–	–	–
	2	1,0	–	–	50	–	0,5	18	–	–
6	1	1,2	–	–	120	180	0,12	–	–	–
	2	1,4	–	2,4	120	180	–	–	–	0,03sin14t
7	1	1,6	–	3,2	140	–	0,15	–	–	–
	2	1,5	–	–	120	–	0,12	–	12sin6t	–
8	1	1,0	2,0	3,0	150	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	3,5	120	–	–	15	–	–

Продолжение табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
9	1	1,5	–	–	100	–	–	–	–	–
	2	1,4	–	2,0	100	110	–	–	–	0,015sin8t
10	1	2,5	–	2,5	110	100	–	–	–	–
	2	2,0	–	–	110	52	0,08	–	5sin9t	–
11	1	2,0	–	4,0	300	–	–	–	–	–
	2	1,0	–	–	200	–	0,12	–	–	0,01sin4t
12	1	1,8	2,4	4	220	–	–	–	–	–
	2	1,0	–	5	240	–	–	0,6	–	–
13	1	1,5	1,5	2	200	–	–	–	–	–
	2	1,8	–	–	180	–	0,08	–	10sin10t	–
14	1	2,0	–	2	200	–	0,12	–	–	–
	2	2,0	–	2	150	120	–	–	10sin8t	–
15	1	1,5	2,0	–	120	250	–	–	–	–
	2	1,5	–	–	120	–	0,4	4	–	–
16	1	2,0	–	–	150	75	0,1	–	–	–
	2	2,0	–	2,5	150	75	–	–	–	0,01sin5t
17	1	1,5	–	2,1	160	–	0,11	–	–	–
	2	1,8	–	–	150	–	0,1	–	8sin12t	–
18	1	2,0	1,0	2,5	80	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	2,5	50	–	–	21	–	–
19	1	1,6	–	–	120	–	–	–	–	–
	2	1,2	–	2,0	85	120	–	–	–	0,015sin7t
20	1	2,0	–	2,0	90	100	–	–	–	–
	2	2,5	–	–	100	90	0,12	–	6sin10t	–
21	1	2,0	–	1,6	220	–	–	–	–	–
	2	2,5	–	–	250	–	0,14	–	–	0,01sin10t
22	1	2,2	1,5	3	180	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	4	280	–	–	0,8	–	–
23	1	2,2	1,2	2	220	–	–	–	–	–
	2	1,6	–	–	200	–	0,12	–	5sin7t	–

Окончание табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
24	1	1,6	–	2,4	160	–	0,13	–	–	–
	2	1,0	–	3	150	300	–	–	6sin10t	–
25	1	0,8	1,2	–	120	80	–	–	–	–
	2	0,8	–	–	180	–	0,4	12	–	–
26	1	1,4	–	–	100	120	0,15	–	–	–
	2	1,8	–	2,2	150	120	–	–	–	0,015sin8t
27	1	2	–	4,0	150	–	0,12	–	–	–
	2	2	–	–	162	–	0,13	–	5sin9t	–
28	1	1,5	2,0	2,0	140	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	3,1	180	–	–	12	–	–
29	1	1,0	–	–	140	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	2,4	75	150	–	–	–	0,08sin5t
30	1	1,6	–	3	75	150	–	–	–	–
	2	1,5	–	3	80	70	0,15	–	8sin10t	–

Пример выполнения задания Д2. Исследование колебаний точки

Задача 1. Груз 1 весом P = 20 Н, лежащий на гладкой наклонной плоскости, прикреплён к недеформированной пружине, расположенной параллельно плоскости (рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 30º, коэффициент жесткости пружины c = 400 Н/м. В начальный момент груз переместили вверх по наклонной плоскости (сжали пружину) на расстояние $\Delta\ell_0$ = 0,1 м относительно нерастянутой пружины и отпустили без начальной скорости.

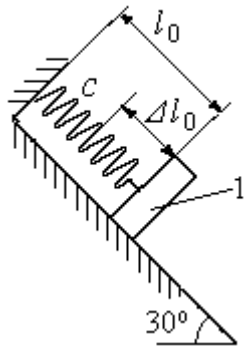


Рис. 4.10. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.11. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вниз вдоль наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.11) В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены три силы: сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры наклонной плоскости $\vec{N}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины относительно её нерастянутого положения, включающее её растяжение *x* относительно выбранного начала координат и растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза на наклонной плоскости.

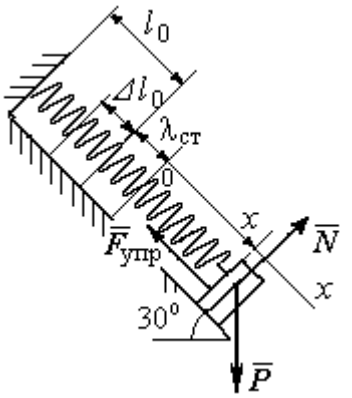


Рис. 4.11. Расчётная схема колебаний груза

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P\sin 30^\circ - c(x + \lambda_{\text{ст}}).$$

В положении статического равновесия сила упругости уравновешивается силой, равной проекции силы тяжести на ось *x*: $P\sin 30^\circ - c\lambda_{\text{ст}} = 0$. Подставляя это выражение условия статического равновесия груза в уравнение движения, получим дифференциальное уравнение колебаний груза:

$$m\ddot{x} = -cx, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где ω – угловая частота колебаний; $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}01$ рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим координату x_0 начального положения груза на оси *Ox*.

Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \dfrac{P\sin 30^\circ}{c} = 0{,}025$ м. Координата начального положения груза определяется величиной сжатия пружины и, поскольку начало отсчёта координаты x выбрано в положении статического равновесия груза, равна (со знаком!): $x_0 = -(\Delta\ell_0 + \lambda_{ст}) = -0{,}125$ м (см. рис. 4.11).

Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим $C_1 = -0{,}125$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставим сюда начальное значение скорости груза при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического растяжения пружины:

$$x(t) = -0{,}125\cos 14{,}01t \text{ м}.$$

Амплитуда колебаний груза $A = 0{,}125$ м.

Задача 2. Груз 1 весом $P = 20$ Н подвешен на недеформированной вертикальной пружине (рис. 4.12). Жесткость пружины $c = 800$ Н/м. В начальный момент груз был оттянут вниз в положение, при котором пружина растянулась на расстояние $\Delta\ell_0 = 0{,}1$ м, и в этом положении ему сообщена начальная скорость $V_0 = 2$ м/с, направленная вверх.

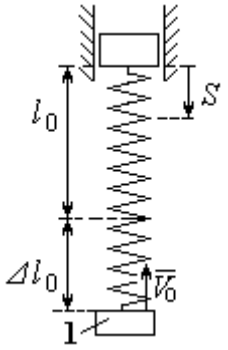


Рис. 4.12. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Одновременно с началом движения груза верхний конец пружины стал совершать гармонические колебания по закону $S = a\sin 10t$, где $a = 0{,}02$ м.

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду собственных колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.13. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вертикально вниз. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.13, *c*, *d*). В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$.

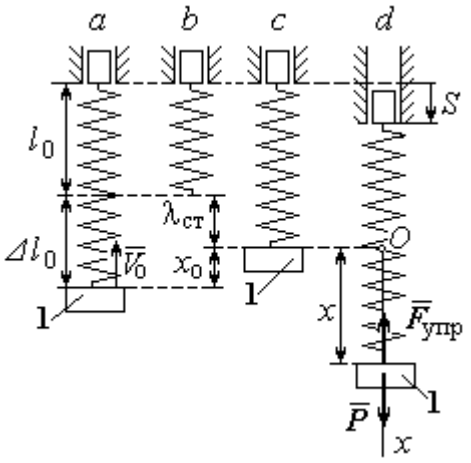


Рис. 4.13. Расчётная схема вынужденных колебаний груза: *a* – положение груза на начало колебаний; *b* – недеформированная пружина; *c* – статическое растяжение пружины под действием веса груза; *d* – положение груза в произвольный момент времени и перемещение точки подвеса пружины

Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*

$$F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell = -c(x + \lambda_{\text{ст}} - S),$$

где $\Delta\ell$ – удлинение пружины, включающее её растяжение *x* относительно начала координат, растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза и уменьшение растяжения при смещении верхнего конца, $\Delta\ell = (x + \lambda_{\text{ст}} - S)$.

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P - c(x + \lambda_{\text{ст}} - S).$$

В положении статического равновесия выполняется условие равенства сил: $P - c\lambda_{\text{ст}} = 0$.

После подстановки его в уравнение движения груза получаем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

$$m\ddot{x} = -cx + cS, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$, ω = 19,81 рад/с; h – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h = \frac{ca}{m}$ = 7,85 м/с^2; p – угловая частота вынужденных колебаний, p = 10 рад/с.

При отсутствии резонанса (здесь $\omega \neq p$) общее решение уравнения вынужденных колебаний имеет вид $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим координату x_0 начального положения груза на оси Ox. Координата начального положения груза (см. рис. 4.13, *b*) $x_0 = \Delta\ell_0 - \lambda_{ст}$. Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \frac{P}{c}$ = 0,02 м, тогда x_0 = 0,08 м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при t = 0, получим: $C_1 = x_0$ = 0,08 м.

Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t + \frac{hp}{\omega^2 - p^2}\cos pt$. Проекция скорости груза в начальный момент на ось Ox $V_{0x} = -V_0$. Подставив начальное значение скорости груза при t = 0 $\dot{x} = V_{0x} = -V_0$, получим: $C_2 = -\frac{V_0}{\omega} - \frac{hp}{\omega(\omega^2 - p^2)}$ = – 0,11 м. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического равновесия, м.

$$x(t) = 0{,}08\cos 19{,}82t - 0{,}11\sin 19{,}82t - 0{,}03\sin 10t.$$

Амплитуда вынужденных колебаний $A_{вын} = \frac{h}{\omega^2 - p^2}$ = 0,03 м. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{соб} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ = 0,14 м.

4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки

Работой $A(\vec{F})$ силы $\vec{F}$, постоянной по модулю и направлению, на конечном прямолинейном перемещении S_1 точки приложения силы называется величина $A(\vec{F}) = FS_1\cos\alpha$. Если угол α острый, работа силы положительна. Если угол α тупой, – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

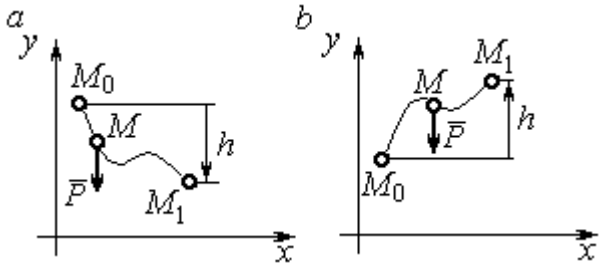


Рис. 4.14. Схема для вычисления работы силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

Работа силы тяжести материальной точки (вертикальной силы) при перемещении точки из положения M_0 в положение M_1 равна произведению модуля силы тяжести на вертикальное перемещение точки $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где P – величина силы тяжести точки; h – величина вертикального перемещения точки (рис. 4.14). Работа силы тяжести положительная, если начальная точка движения выше конечной, и отрицательная, – если ниже.

Работа силы упругости пружины на прямолинейном перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние h определяется формулой $A(F_{\text{упр}}) = -\dfrac{ch^2}{2}$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины.

Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина $T = \dfrac{1}{2}mV^2$, где m – масса точки; V – её скорость. **Теорема об изменении кинетической энергии точки** заключается в том, что изменение кинетической энергии точки за конечный промежуток времени равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\dfrac{mV_1^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где V_0,

V_1 – скорость точки в начальном положении M_0 и в положении M_1; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ всех сил, действующих на точку, при её перемещении из положения M_0 в положение M_1.

При несвободном движении точки сумма работ сил включает работу реакций связи. Если движение происходит без трения по неподвижной гладкой поверхности, то реакция связи направлена по нормали к поверхности и её работа при любом перемещении точки равна нулю.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения точки в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат; ρ – радиус кривизны траектории точки.

4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

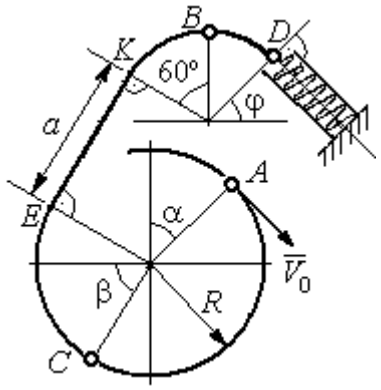
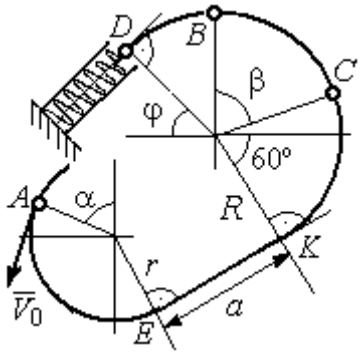
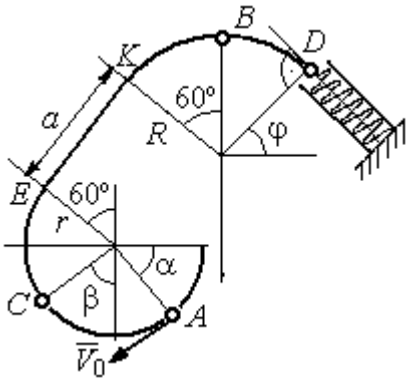
Тонкий стержень с надетым на него шариком массой *m* расположен в вертикальной плоскости и состоит из дуг окружностей радиусами *r* и *R* = 2*r*, соединённых прямолинейным отрезком *EK*, сопряжённым с дугами окружностей в точках *E* и *K*. В этих точках шарик переходит с одного участка стержня на другой, не изменяя величины и направления скорости. Длина отрезка *EK* = *a*.

В точке *A*, положение которой на дуге окружности определяется углом α, шарику сообщают начальную скорость V_0. По дугам окружностей шарик скользит без трения, а при движении по прямолинейному отрезку *EK* на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения *f*. На участках с вертикальным отрезком *EK* считать, что шарик прижимается к стержню силой, равной половине веса шарика.

Достигнув на дуге окружности точки *D*, шарик упирается в недеформированную пружину жёсткостью *c* и, продолжая движение по сопряженной прямой, сжимает её. Положение точки *D* определяется углом φ.

Определить величину максимального сжатия пружины, если шарик проходит наивысшее положении траектории – точку *B* со скоростью $V_B = kV_0$. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке *C*, положение которой на дуге определяется углом β.

Варианты заданий приведены на рис. 4.15, 4.16. Исходные данные задания в табл. 4.3.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**	**Варианты № 3, 13, 23**
		

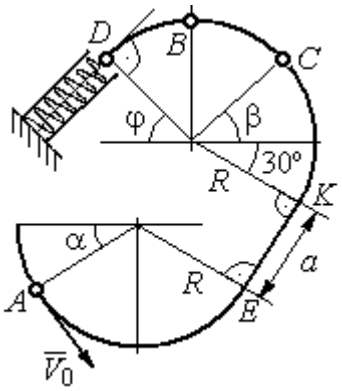
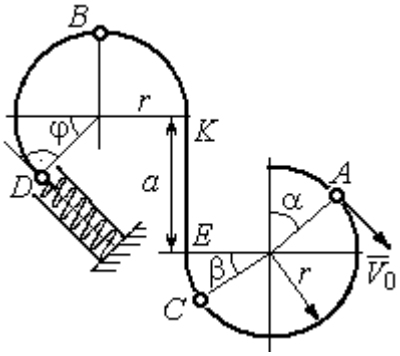
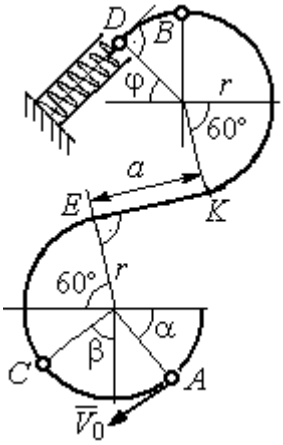
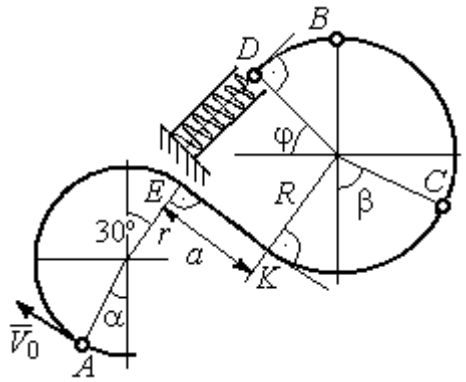
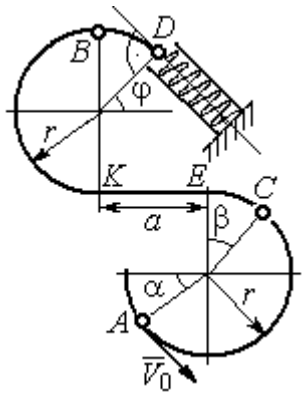
Варианты № 4, 14, 24	**Варианты № 5, 15, 25**	**Варианты № 6, 16, 26**
		

Рис. 4.15. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д3

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

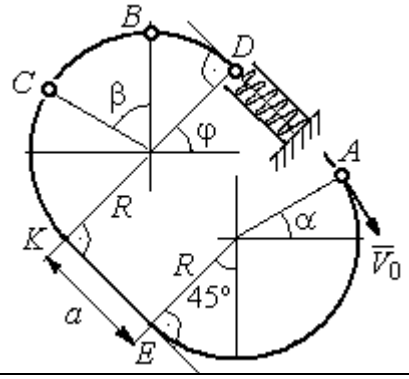
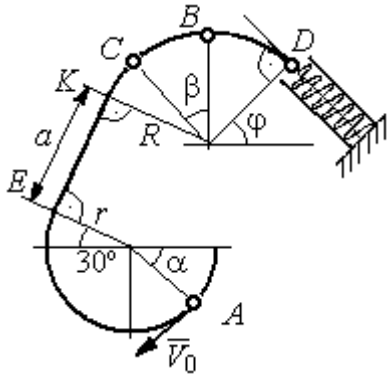
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 4.16. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 4.3

Исходные данные задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
m, кг	0,8	0,5	0,6	0,4	1,0	0,6	0,9	0,5	0,3	0,4	0,8	0,6	0,5	0,3	1,0
α, град	30	45	0	30	30	0	0	45	30	0	60	30	30	45	60
β , град	60	30	60	0	60	30	60	60	30	45	30	60	60	30	30
φ, град	0	60	30	0	0	30	45	0	30	45	30	30	0	30	45
r, м	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,8
a, м	0,5	0,6	0,9	1,4	0,8	1,2	0,5	0,5	1,4	0,5	0,8	0,5	0,8	0,6	0,6
f	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3
k	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
c, Н/м	100	80	90	80	120	100	90	80	60	80	90	60	80	60	110

Окончание табл. 4.3

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
m, кг	0,6	0,5	0,6	0,4	0,8	0,5	0,4	1,0	0,6	0,5	0,4	0,8	0,4	0,6	0,8
α, град	60	30	0	45	60	90	90	60	60	90	30	60	60	45	90
β , град	60	30	45	90	60	45	90	60	60	30	30	60	60	0	60
φ, град	45	60	60	60	30	90	0	90	45	60	60	90	30	60	0
r, м	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4
a, м	0,4	1,2	0,9	1,2	1,2	0,9	0,6	1,5	1,4	0,8	1,2	0,9	0,6	0,8	0,5
f	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
k	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
c, Н/м	80	60	90	60	100	90	80	110	80	60	60	80	60	80	100

Пример выполнения задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг окружностей, сопряженных в точках *E* и *K* с прямолинейным отрезком *EK* длиной *a* = 0,6 м (рис. 4.17). Радиусы окружностей *R* = 1 м и *r* = 0,5 м. Диаметры дуг окружностей, проведённые в точках *E* и *K*, составляют с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик массой *m* = 0,5 кг. В точке *A*, положение которой на дуге радиуса *R* определяется углом α = 60° (см. рис. 4.17), шарику сообщают начальную скорость V_0, после чего он начинает движение. По дугам окружностей шарик скользит без трения. При движении по прямой *EK* на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения *f* = 0,2. Достигнув точки *D* на верхней дуге, шарик упирается в пружину жесткостью *c* = 100 Н/м и, двигаясь по сопряжённой прямой без трения, сжимает её. Найти величину максимального сжатия пружины, если наивысшее положение на траектории (точку *B*) шарик проходит со скоростью $V_B = kV_0$ при *k* = 0,3. При

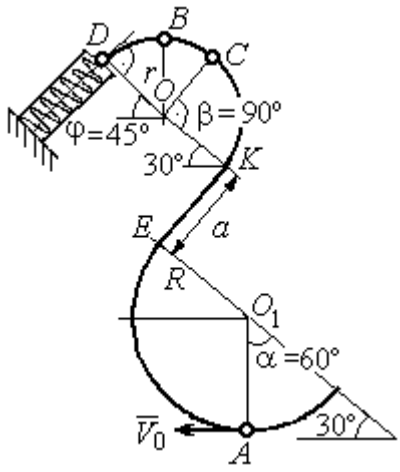


Рис. 4.17. Схема движения шарика

найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке *C*, положение которой на дуге определяется углом $\beta = 90°$.

Решение

Рассмотрим движение шарика по стержню из начального положения *A* в наивысшее положение – точку *B*.

При движении шарика по дугам окружностей работу совершает только сила тяжести. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня, и потому её работа при перемещении шарика равна нулю.

На участке движении шарика по прямой *EK* на него действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}_{EK}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (рис. 4.18, *b*). Работу совершают сила тяжести и сила трения. Работа реакции опоры стержня равна нулю.

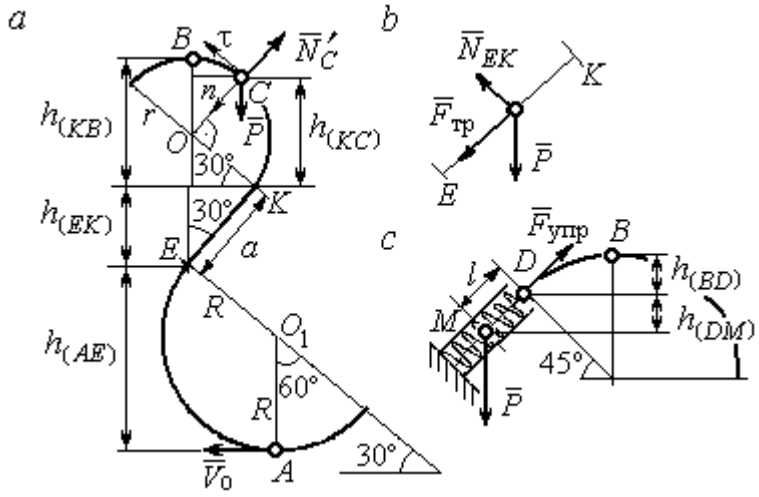


Рис. 4.18. Силы, действующие на шарик во время движения и перепады высот

Обозначим $h_{(AB)}$ – перепад высот точек *A* и *B* на траектории; V_A – начальная скорость шарика в точке *A*, $V_A = V_0$; V_B – его скорость в точке *B*, $V_B = 0{,}3V_0$.

Для вычисления перепада высот точек *A* и *B* имеем выражение (рис. 4.18, *a*):

$$h_{(AB)} = h_{(AE)} + h_{(EK)} + h_{(KB)} = R(1+\sin 30^\circ) + a\cos 30^\circ + r(1+\sin 30^\circ).$$

Будем считать шарик материальной точкой. Применяя теорему об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *A* в положение *B*, получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{тр}})$, где $A(\vec{P}) = -Ph_{(AB)}$,

$A(\vec{F}_{\text{тр}}) = -F_{\text{тр}}a$ – работы, соответственно, силы тяжести на участке движения *AB* и силы трения на отрезке *EK*. Сила трения равна $F_{\text{тр}} = f \cdot N_{EK} = f \cdot mg\cos 60^\circ$ (рис. 4.18, *a*, *b*).

В результате, теорема об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения *A* в конечное положение *B* принимает вид: $\frac{m(0{,}3V_0)^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -\,mg\left[(R+r)(1+\sin 30^\circ) + a(\cos 30^\circ + f \cdot \cos 60^\circ)\right]$.

После подстановки данных задачи, получим: $0{,}91V_0^2 = 55{,}517$, откуда находим необходимое значение начальной скорости шарика: $V_0 = 7{,}81$ м/с.

Найдём давление шарика на стержень в точке *C*.

Проведём в точке *C* оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn (рис. 4.18, *a*). Уравнение движения шарика в точке *C* в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\frac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N'_C$, где V_C – скорость шарика в точке *C*, N'_C – реакция стержня, приложенная к шарику. Направление реакции на рис. 4.18, *a* соответствует предположению, что шарик давит на стержень в направлении центра дуги окружности.

Для определения скорости шарика в точке *C* воспользуемся тем, что скорость шарика в точке *B* уже известна, и применим теорему об изменении кинетической энергии при движении шарика из начального положения *C* в конечное положение *B*. На этом участке движения работу совершает только сила тяжести шарика. Получим $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где V_C, V_B – значения скорости шарика в точках *C* и *B*; $h_{(CB)}$ – перепад высот точек *C* и *B*; $h_{(CB)} = r(1-\sin 30^\circ) = 0{,}5r$ (см. рис. 4.18, *a*). В результате теорема об изменении кинетической энергии принимает вид: $mV_C^2 = mV_B^2 + 2mgh_{(CB)}$ или $V_C^2 = V_B^2 + gr$. Отсюда, при условии $V_B = 0{,}3V_0 = 2{,}34$ м/с, найдём $V_C = 3{,}22$ м/с.

Реакция опоры шарика: $N'_C = P\cos 30^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r} = -6{,}12$ Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика означает, что вектор реакции $\vec{N}'_C$ в точке C (см. рис. 4.18, *а*) направлен в противоположную сторону. Давление шарика на стержень в точке C равно модулю реакции опоры.

Найдём величину максимального сжатия пружины.

Рассмотрим движение шарика на участке от точки *B* до положения максимально сжатой пружины – точки *M*. Движение на этом участке происходит по дуге окружности *BD* и по прямой *DM*. При этом сила тяжести совершает работу на всём участке движения, а сила упругости – на отрезке сжатия пружины. Обозначим величину максимального сжатия пружины $MD = l$.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *B* в *M* получим: $\dfrac{mV_M^2}{2} - \dfrac{mV_B^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{упр}})$, где V_M, V_B – скорость шарика в точках *M* и *B*. Работа силы тяжести $A(\vec{P}) = Ph_{(BM)} =$ $= P\left[h_{(BD)} + h_{(DM)}\right] = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right]$. Работа силы упругости на прямолинейном участке *DM* длиной *l*: $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\dfrac{cl^2}{2}$. Условие максимального сжатия пружины означает, что в точке *M* скорость шарика обращается в нуль: $V_M = 0$, тогда теорема об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\dfrac{mV_B^2}{2} = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right] - \dfrac{cl^2}{2}$. Подставляя данные задачи и с учётом того, что скорость шарика в наивысшей точке *B* найдена из предыдущих рассуждений $V_B = 2{,}34$ м/с, получим квадратное уравнение для определения величины максимального сжатия пружины $50l^2 - 3{,}468l - 2{,}085 = 0$. В качестве ответа принимается положительный корень уравнения $l = 0{,}24$ м.

5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы

Поступательное движение твердого тела описывается теоремой о движении центра масс механической системы. В проекциях на координатные оси дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела имеют вид: $m\ddot{x}_C = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y}_C = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z}_C = \sum F^e_{kz}$, где m – масса тела; x_C, y_C, z_C – координаты центра масс тела; F^e_{kx}, F^e_{ky}, F^e_{kz} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на твердое тело.

Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси z описывается теоремой об изменении кинетического момента.

Дифференциальное уравнения вращательного движения тела имеет вид:

$$J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k) \quad \text{или} \quad J_z\ddot{\varphi} = \sum M_z(\vec{F}^e_k),$$

где ω – угловая скорость тела; $\omega = \dot{\varphi}$; φ – угол поворота тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z.

Уравнение вращательного движения можно представить в алгебраической форме: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где ε – угловое ускорение тела; $\varepsilon = \dot{\omega}$.

Плоскопараллельное движение твердого тела описывается на основании теорем о движении центра масс и изменении кинетического момента относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}, \quad ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}, \quad J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F^e_{kx},

F_{ky}^{e} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси *z*, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}_k^{e})$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение тел системы в отдельности, предварительно освободив их от связей и заменив действие связей реакциями. Далее на основании общих теорем динамики системы следует составить уравнения движения каждого тела.

5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы

Механизм состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3, соединенных нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями.

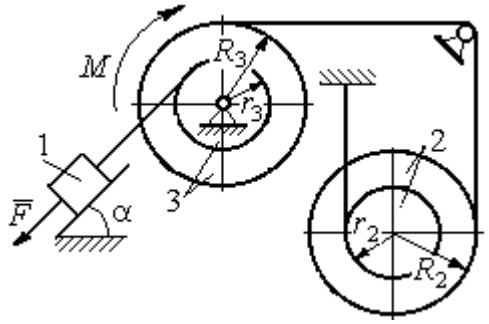
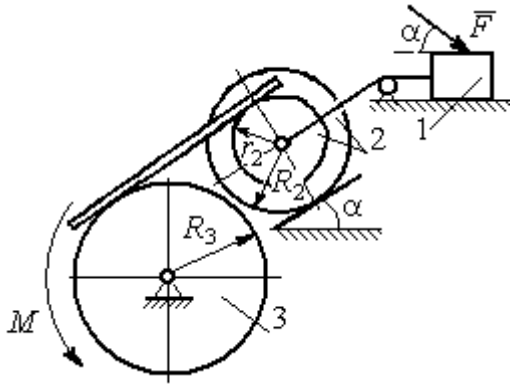
Движение механизма происходит в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом *M*. Направление действия силы $\vec{F}$ определяется углом α. Качение катка 2 происходит без скольжения. Проскальзывание между дисками и соединяющими их невесомыми стержнями или нитями отсутствует.

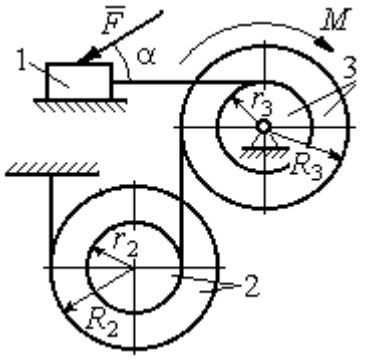
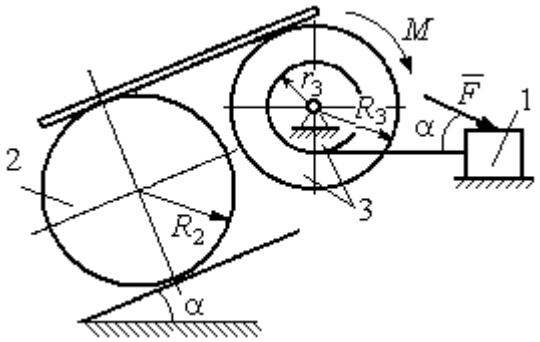
Радиусы ступеней катка 2 и блока 3 на схемах обозначены R_2, r_2 и R_3, r_3.

Сплошные диски считать однородными. Радиусы инерции неоднородных (ступенчатых) дисков относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости движения, равны i_{z2}, i_{z3}.

Найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось блока 3.

Варианты заданий представлены на рис. 5.1, 5.2. Исходные данные приведены в табл. 5.1.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

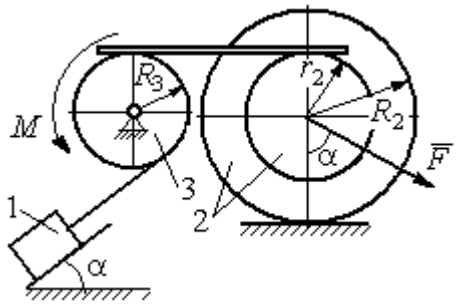
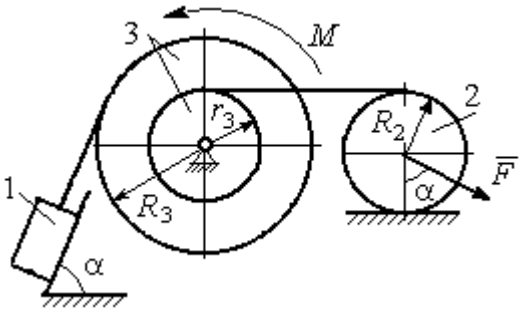
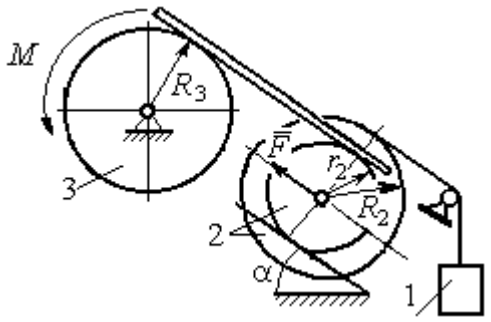
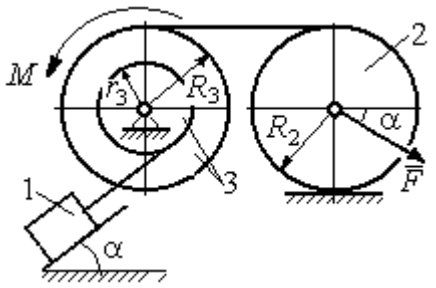
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.1. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д4

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

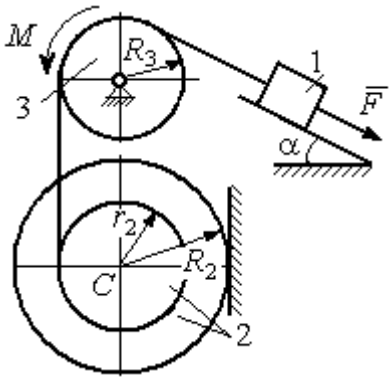
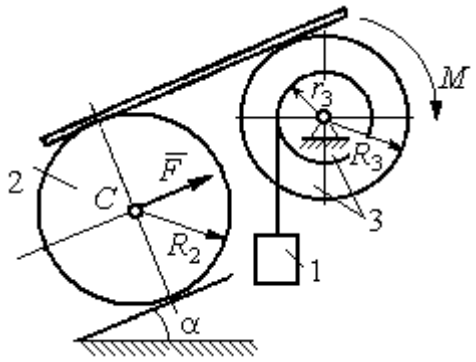
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 5.2. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.1

Исходные данные задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
1	P	P	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
2	$3P$	P	$3P$	$3P$	Pr	30	$2r$	r	$2r$	–	$2r$	–
3	$4P$	$3P$	$4P$	$2P$	$2Pr$	60	$2r$	r	$2r$	r	$2r$	$2r$
4	$2P$	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
5	P	$3P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	r	r	–	$2r$	–
6	P	$2P$	$4P$	$4P$	$6Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
7	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	45	$3r$	r	r	-	$r\sqrt{3}$	–

Окончание табл. 5.1

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
8	$2P$	$3P$	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
9	$3P$	P	$3P$	P	$2Pr$	30	$2r$	r	$2r$	–	$r\sqrt{2}$	–
10	P	P	$3P$	P	$2Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
11	P	P	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$r\sqrt{2}$	$r\sqrt{2}$
12	$2P$	P	$2P$	$4P$	Pr	60	$3r$	r	$3r$	–	$r\sqrt{3}$	–
13	$3P$	P	$3P$	$3P$	$2Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
14	$2P$	P	$3P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$
15	P	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$	–
16	P	$3P$	$4P$	$2P$	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{2}$
17	P	P	$3P$	$2P$	$6Pr$	60	$3r$	r	$3r$	-	$r\sqrt{3}$	
18	$2P$	$2P$	$3P$	P	$3Pr$	60	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
19	$2P$	P	$2P$	$3P$	$4Pr$	30	$3r$	r	$3r$	–	$2r$	–
20	P	P	$3P$	P	$2Pr$	45	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
21	$2P$	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	r	$3r$	r	$r\sqrt{2}$	$2r$
22	P	P	$2P$	$5P$	$2Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$2r$	–
23	$2P$	$2P$	$3P$	$3P$	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
24	$4P$	P	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
25	P	$3P$	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	r	–	$r\sqrt{3}$	–
26	P	$3P$	$4P$	$3P$	$3Pr$	45	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$
27	P	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	30	$2r$	r	$2r$	-	$r\sqrt{3}$	
28	$2P$	$3P$	$3P$	P	$6Pr$	30	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{2}$
29	$2P$	P	$2P$	$2P$	$2Pr$	45	$2r$	r	r	–	$2r$	–
30	P	P	$4P$	P	$4Pr$	60	$3r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$

Пример выполнения задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Механизм (рис. 5.3) состоит из груза 1, однородного диска – катка 2 и неоднородного диска – блока 3, соединённых друг с другом нерастяжимыми нитями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя.

Движение происходит под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, равных по модулю: $P_1 = 2P$, $P_2 = 2P$, $P_3 = 3P$, силы $\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, равной по величине: $F = 3P$, и пары сил с моментом $M = Pr$,

приложенных к блоку 3. Механизм является неизменяемой механической системой. Радиус катка 2 $R_2 = 2r$. Качение катка по наклонной плоскости происходит без проскальзывания. Радиусы ступенчатого блока 3: $R_3 = 3r$, $r_3 = r$. Радиус инерции блока 3 $i_3 = r\sqrt{3}$.

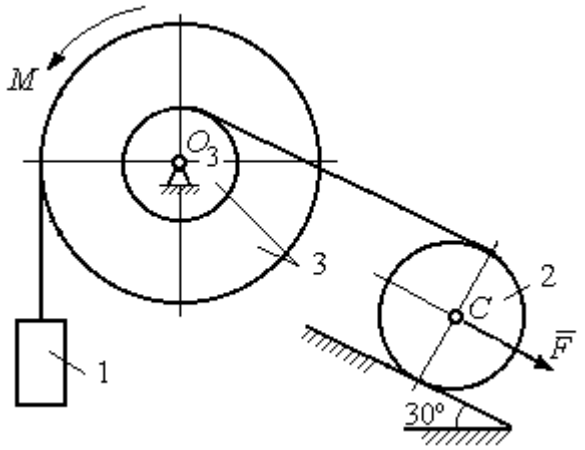


Рис. 5.3. Схема механической системы

Применяя метод динамического расчета механической системы найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось вращающегося блока 3.

Решение

Освобождаем систему от связей. На рис. 5.4 изображены внешние силы, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей.

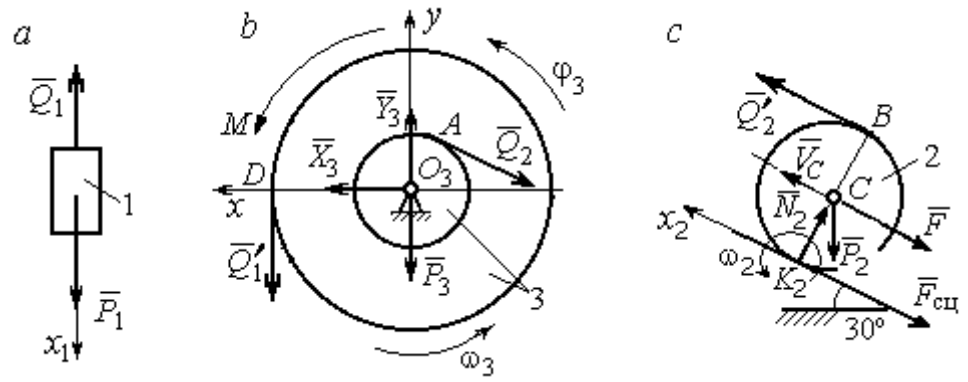


Рис. 5.4. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему:
a – поступательное движение груза 1; *b* – вращательное движение блока 3;
c – плоское движение катка 2

Груз 1 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.4, *a*). Предположим, груз 1 движется вниз, и направим ось x_1 в сторону движения груза.

Уравнение движения груза в проекции на ось x_1 в соответствии с теоремой о движении центра масс механической системы имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1,$$

где m_1, a_1 – соответственно, масса груза 1 и его ускорение, $m_1 = \frac{P_1}{g} = \frac{2P}{g}$.

Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси *z*, проходящей через его центр масс O_3, перпендикулярно плоскости диска. Направление вращения блока, соответствующее выбранному движению вниз груза 1, показано на рис. 5.4, *b* дуговой стрелкой ω_3.

На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, силы реакции подшипника $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, момент *M* и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$ (см. рис. 5.4, *b*). При составлении уравнения вращательного движения блока 3 моменты сил считаем положительными, если они поворачивают блок в сторону его вращения.

Уравнение вращения блока 3 имеет вид:

$$J_{zO_3} \varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1' R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r,$$

где J_{zO_3} – момент инерции блока 3 относительно оси *z*; ε_3 – угловое ускорение диска 3, $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \frac{P_3}{g}(r\sqrt{3})^2 = \frac{9Pr^2}{g}$.

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$ и реакция наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции опоры $\vec{N}_2$ и силы сцепления катка с поверхностью $\vec{F}_{\text{сц}}$. Согласно принципу равенства действия и противодействия, модули сил $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ равны. На рис. 5.4, *c* показаны направления действия сил, приложенных к диску 2. В соответствии с направлением движения груза 1, центр масс катка 2 движется вверх параллельно наклонной плоскости. Направление движения центра масс катка 2 показано направлением оси x_2. Направление вращения катка 2 показано дуговой стрелкой угловой скорости ω_2 (см. рис 5.4, *c*).

Плоскопараллельное движение катка 2 описывается уравнением движения его центра масс и уравнением вращения вокруг оси, проходящей через

центр масс, перпендикулярно плоскости диска. Составляя уравнение движения, получим:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2 \cos 60^\circ = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P,$$

$$J_C \varepsilon_2 = Q_2' R_2 + F_{\text{сц}} R_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r,$$

где m_2 – масса катка 2, $m_2 = \frac{P_2}{g} = \frac{2P}{g}$; a_C, ε_2 – ускорение центра масс и угловое ускорение катка 2; J_C – момент инерции однородного катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} = \frac{P R_2^2}{g} = \frac{4 P r^2}{g}$. В уравнении вращательного движения диска момент силы считается положительным, если создаваемый им поворот направлен в сторону вращения диска,

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей. Если предположить, что скорость центра масс катка 2 равна V_C, то угловая скорость катка определится по формуле: $\omega_2 = \frac{V_C}{CK_2} = \frac{V_C}{R_2}$, где CK_2 – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей (см. рис. 5.4, *c*). Продифференцировав по времени последнее равенство, получим уравнение связи между ускорением центра масс катка 2 и его угловым ускорением: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{R_2} = \frac{a_C}{R_2} = \frac{a_C}{2r}$.

Скорость точки *B* катка 2 (см. рис. 5.4, *c*) $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = \frac{V_C}{R_2} 2R_2 = 2V_C$.

Точка *B* катка 2 и точка *A* блока 3 соединены нитью (см. рис. 5.3), поэтому их скорости равны. Приравняв скорости точек *A* и *B*, получим равенство: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \frac{2V_C}{r}$. После дифференцирования последнего выражения найдём соотношение между ускорениями: $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс диска 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда $a_1 = 6a_C$.

В результате получены четыре уравнения, описывающие движение тел в системе:

$$\frac{2P}{g} a_1 = 2P - Q_1, \quad \frac{9Pr^2}{g} \varepsilon_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r;$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P, \quad \frac{4Pr^2}{g} \varepsilon_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r$$

и три уравнения связей: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_C}{2r}$, $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$, $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения тел получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1, \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}, \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

которая может быть решена любым известным из курса математики способом.

Например, исключив из первых двух уравнений величину Q_1, а из третьего и четвёртого уравнений – величину $F_{\text{сц}}$, получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\frac{54P}{g} a_C = 7P - Q_2, \; \frac{3P}{g} a_C = 2Q_2 - 4P,$$

откуда $a_C = \dfrac{10}{111} g$, $Q_2 = \dfrac{79}{37} P$. Величину натяжения нити Q_1 находим из первого уравнения исходной системы: $Q_1 = \dfrac{34}{37} P$.

Для вычисления динамической реакции R_3 оси блока 3 заметим, что центр масс блока 3 неподвижен и его ускорение равно нулю, $\vec{a}_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения центра масс блока 3 в проекциях на оси x, y имеют вид :

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0,\ m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0,$$

где X_3, Y_3, – проекции реакции R_3 оси вращающегося блока 3 на оси x, y (см. рис. 5.4, *b*). Отсюда, с учетом значений $Q_1 = 0{,}919P$ и $Q_2 = 2{,}135P$, проекции динамической реакции оси блока 3: $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ = 4{,}98P$. Полная величина динамической реакции оси блока 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

Кинетическая энергия тела при поступательном движении: $T = \frac{1}{2} m V_C^2$, где m – масса тела; V_C – скорость центра масс тела. **Кинетическая энергия тела при вращательном движении** вокруг неподвижной оси z: $T = \frac{1}{2} J_z \omega^2$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ω – угловая скорость тела. Для дисков с равномерно распределённой массой момент инерции относительно оси z, проходящей через центр масс: $J_z = \frac{1}{2} m R^2$, где R – радиус диска. Для тел с неравномерно распределённой массой $J_z = m i_z^2$, где i_z – радиус инерции. **Кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении:** $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, где m – масса тела; V_C, ω – скорость центра масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной по модулю и направлению силы $\vec{F}$ на конечном прямолинейном перемещении S точки приложения силы: $A(F) = FS\cos\alpha$, где α – угол между вектором силы и перемещением. Если угол α острый, работа

положительна. Если тупой – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

Работа пары сил с постоянным моментом M при повороте тела на конечный угол φ: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы $\vec{F}$ называют величину $N(F)$, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N(F) = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V\cos\alpha$, где V – скорость точки приложения силы; α – угол между вектором силы и вектором скорости точки приложения силы.

При плоском движении тела мощность силы выражается суммой скалярных произведений векторов: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O(\vec{F}) \cdot \vec{\omega} = F \cdot V_O\cos\alpha \pm F h_O \omega$, где $\vec{V}_O$ – вектор скорости точки, выбранной полюсом; $\vec{\omega}$ – вектор угловой скорости тела; $\vec{M}_O$ – вектор момента силы $\vec{F}$ относительно полюса; h_O – плечо силы $\vec{F}$ относительно полюса *O*.

Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$, где T – кинетическая энергия системы; $\sum N(\vec{F}_k^e)$, $\sum N(\vec{F}_k^i)$ – сумма мощностей, соответственно, внешних и внутренних сил.

Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении. Изменение кинетической энергии системы на её конечном перемещении равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$, где T, T_0 – кинетическая энергия системы, соответственно, в текущем и начальном состояниях; $\sum A(\vec{F}_k^e)$, $\sum A(\vec{F}_k^i)$ – сум-

ма работ внешних и внутренних сил при перемещении системы из начального состояния в текущее.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ внутренних сил и, следовательно, сумма мощностей этих сил равны нулю. Поэтому для таких систем в теореме об изменении кинетической энергии достаточно учитывать только внешние силы.

5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Неизменяемая механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых нерастяжимой нитью или невесомым стержнем. Нити и стержни, соединяющие диски, параллельны плоскостям качения дисков. Качение дисков без скольжения. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует.

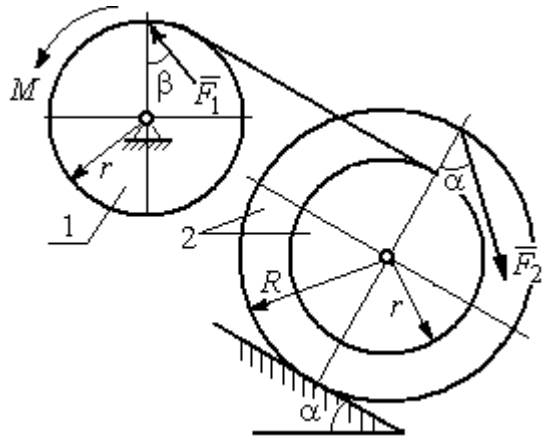
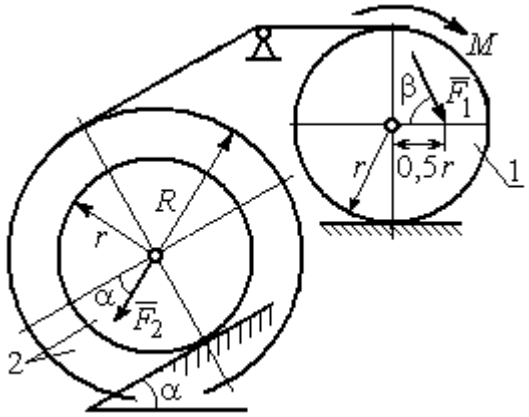
Вес дисков P_1 и P_2. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом *M*. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и наклон плоскости (если он есть) определяются углами α или β, показанными на схемах механизмов.

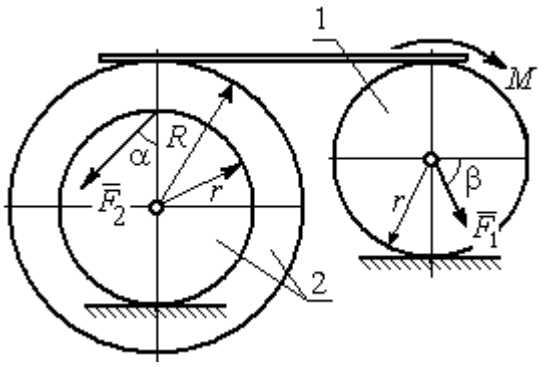
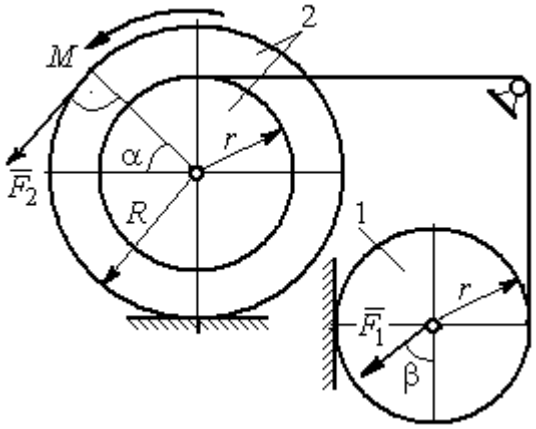
Радиус однородного диска *r*. Радиусы ступеней ступенчатого диска *R* и *r*. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

1. Найти ускорение центра масс диска 2.

2. Найти реакцию опоры диска 2 на плоскость (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с плоскостью).

Варианты задания приведены на рис. 5.5, 5.6, исходные данные представлены в табл. 5.2.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

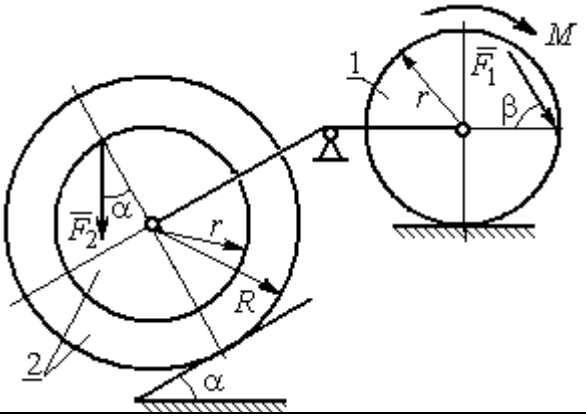
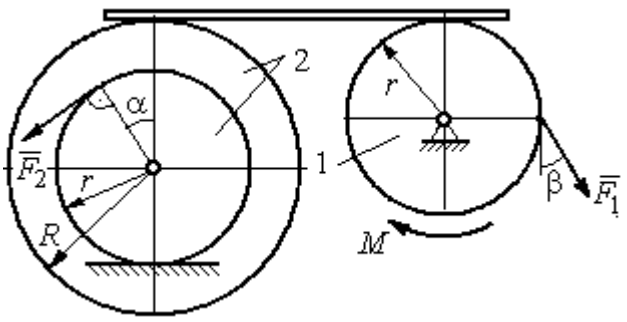
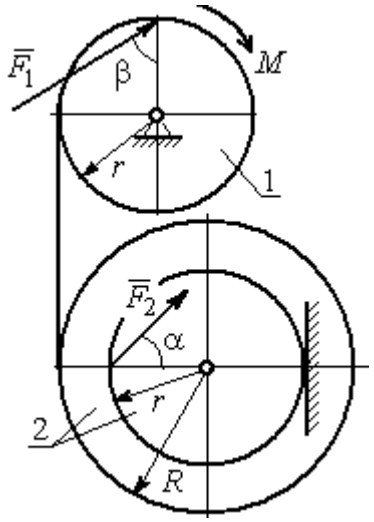
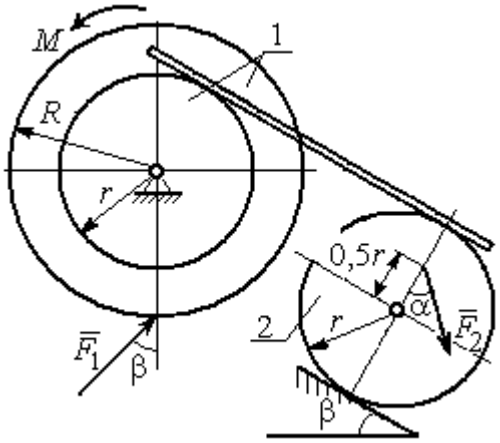
Вариант № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.5. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д5

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

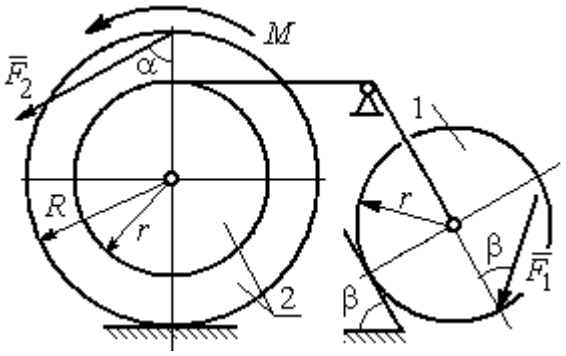
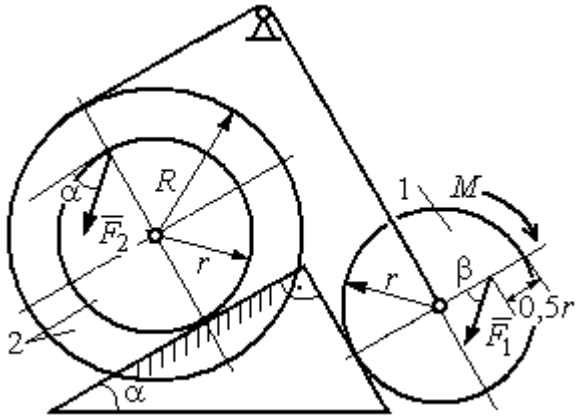
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты 10, 20, 30**
	

Рис. 5.6. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.2

Исходные данные задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
1	10	20	15	20	25	30	60	0,4	0,3	0,3
2	20	30	10	20	20	60	30	0,6	0,3	0,4
3	10	15	12	20	25	60	60	1,2	0,6	0,8
4	12	25	20	25	35	30	30	1,5	0,5	1,2

Окончание табл. 5.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
5	15	20	10	20	30	60	30	0,8	0,4	0,7
6	18	20	18	22	22	45	60	1,2	0,4	0,9
7	15	25	10	8	20	45	45	0,9	0,6	0,7
8	25	22	10	12	30	45	60	1,0	0,8	0,9
9	12	25	18	10	32	30	30	0,8	0,6	0,7
10	10	15	8	10	28	60	30	1,4	0,7	1,2
11	15	22	20	25	30	60	45	0,6	0,4	0,5
12	20	25	15	40	30	30	60	0,8	0,4	0,6
13	10	20	10	25	30	45	30	1,0	0,5	0,9
14	12	15	18	15	25	30	30	0,9	0,3	0,8
15	20	25	20	20	30	45	60	1,0	0,5	0,8
16	10	15	10	15	16	60	45	1,2	0,4	1,1
17	18	25	12	10	30	30	30	1,5	0,9	1,3
18	25	20	10	15	20	60	60	0,8	0,5	0,7
19	12	25	10	10	32	60	60	1,2	0,9	1,1
20	15	20	8	20	25	30	45	0,8	0,4	0,7
21	10	25	25	15	30	45	30	0,7	0,5	0,6
22	18	20	20	20	35	60	45	1,4	0,7	0,9
23	10	15	10	30	30	30	30	1,4	0,7	0,8
24	10	15	12	20	20	30	30	1,2	0,4	0,8
25	12	18	20	18	30	60	30	1,2	0,6	1,1
26	10	12	12	15	15	30	30	0,9	0,3	0,8
27	15	22	10	12	20	45	60	0,8	0,6	0,7
28	22	20	8	16	8	30	45	0,6	0,2	0,4
29	18	25	10	8	32	60	60	1,2	0,8	1,1
30	20	25	8	20	28	30	30	0,8	0,4	0,6

Пример выполнения задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.7). Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом M. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ определяются углами α и β.

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси O_1. Диск 2 катится прямолинейно по горизонтальной поверхности. Качение диска 2 без проскальзывания.

Невесомый стержень, соединяющий диски, расположен горизонтально. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует.

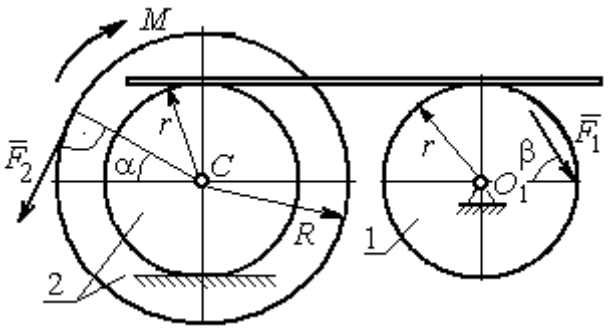


Рис. 5.7. Схема движения механической системы

Определить ускорение центра масс диска 2, угловое ускорение дисков, усилие в стержне, динамическую реакцию шарнира O_1, реакцию опоры диска 2 (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с поверхностью качения), если модули сил тяжести $P_1 = 40$ Н, $P_2 = 60$ Н, модули сил $F_1 = 80$ Н, $F_2 = 30$ Н, величина момента $M = 35$ Н·м, углы наклона сил $\alpha = 30°$, $\beta = 45°$, радиусы дисков $R = 0{,}8$ м, $r = 0{,}6$ м, радиус инерции диска 2 $i_z = 0{,}4$ м.

Решение

Предположим, что во время движения системы диск 1 вращается по ходу часовой стрелки. Угловые скорости ω_1 и ω_2 дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 показаны на рис. 5.8.

На диск 1 действуют силы: $\vec{F}_1$, сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$. На диск 2: сила $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом M, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления диска 2 с поверхностью $\vec{F}_{сц}$. Направления действия сил показаны на рис. 5.8.

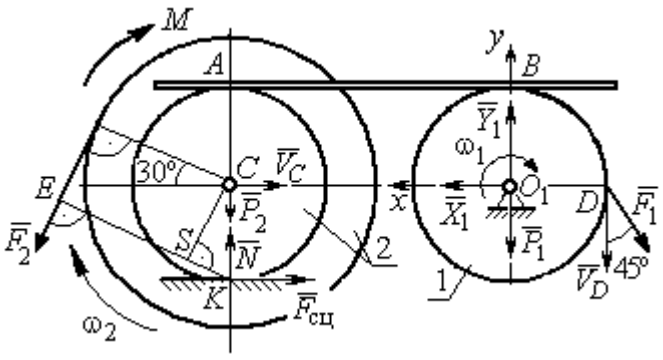


Рис. 5.8. Расчетная схема для исследования движения системы

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. По условию задачи рассматриваемая система неизменяемая и, следовательно, сумма мощностей внутренних сил равна нулю. В этом случае теорема об изменении кинетической энергии системы принимает вид $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Найдём кинетическую энергию системы и выразим её через скорость центра масс диска 2.

Кинетическая энергия вращательного движения диска 1: $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$, где ω_1 – угловая скорость диска 1; J_{zO_1} – осевой момент инерции диска 1, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$. Диск 2 движется плоскопараллельно. Его кинетическая энергия определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где V_C, ω_2 – скорость центра масс и угловая скорость диска 2; J_{zC} – момент инерции ступенчатого диска 2 относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m_2 i_z^2$.

У диска 2 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка *K* на рис. 5.8). Тогда скорость точки *C* определяется по формуле $V_C = \omega_2 \cdot CK = \omega_2 r$, откуда $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки *A* $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 2r$, или $V_A = 2V_C$.

Так как нет проскальзывания между стержнем и дисками, скорость точки *A* на диске 2 равна скорости точки *B* на диске 1, причём $V_B = \omega_1 r$. Приравнивая скорости $V_B = V_A$, найдем $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

С учетом найденных зависимостей кинетические энергии дисков 1 и 2 и суммарная энергия системы имеют вид

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 r^2}{2g} \left(\frac{2V_C}{r} \right)^2 = \frac{P_1}{g} V_C^2;$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} i_z^2 \left(\frac{V_C}{r} \right)^2;$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) V_C^2 .$$

Производная по времени от кинетической энергии системы

$$\frac{dT}{dt} = 2V_C \frac{dV_C}{dt} \left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) \right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил. Отметим, что мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ – нормальной реакции опоры диска 2 и силы сцепления диска с плоскостью также равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого равна нулю. Мощность силы $\vec{P}_2$ равна нулю, так как угол между вектором силы и скоростью точки приложения силы – точки C – равен 90° (см. рис. 5.8). Для определения мощности силы $\vec{F}_2$, приложенной к диску 2, воспользуемся формулой расчета мощности силы при плоскопараллельном движении тела. Выберем в качестве полюса точку K – мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого $V_K = 0$ (см. рис. 5.8). В этом случае мощность силы $\vec{F}_2$ равна: $N(\vec{F}_2) = \vec{M}_K \cdot \vec{\omega}_2 = -F_2 h_K \omega_2$, где $\vec{M}_K = M_K(\vec{F}_2)$ – вектор момента силы $\vec{F}_2$ относительно центра K; $\vec{\omega}_2$, ω_2 – вектор и модуль угловой скорости диска 2; h_K – плечо силы $\vec{F}_2$ относительно центра K. Мощ-

ность силы $\vec{F}_2$ отрицательная, так как направление момента силы $\vec{F}_2$ относительно точки K противоположно направлению угловой скорости диска 2.

В результате, мощность силы $\vec{F}_2$:

$$N(\vec{F}_2) = -F_2 h_K \omega_2 = -F_2(R + r\cos 60^\circ)\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Здесь $h_K = EK = ES + SK = R + r\cos 60^\circ$ (см. рис. 5.8).

Заметим, что для вычисления мощности силы F_2 можно использовать в качестве полюса центр масс диска – точку C. Имеем:

$$N(\vec{F}_2) = \vec{F}_2 \cdot \vec{V}_C + \vec{M}_C(F_2) \cdot \vec{\omega}_2 = F_2 V_C \cos 120^\circ - F_2 R\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Момент M направлен в сторону вращения диска 2. Его мощность положительная: $N(M) = M\omega_2 = M\dfrac{V_C}{r}$. Мощность силы $\vec{F}_1$, приложенной в точке D, $N(\vec{F}_1) = F_1 V_D \cos 45^\circ = F_1 V_C \sqrt{2}$. Здесь учтено очевидное равенство $V_D = V_A = 2V_C$ (см. рис. 5.8).

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2}.$$

В результате теорема об изменении кинетической энергии системы приводится к виду

$$2V_C\frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2},$$

откуда ускорение центра масс диска 2:

$$a_C = \frac{dV_C}{dt} = \frac{\left[-F_2\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + \frac{M}{r} + F_1\sqrt{2}\right]g}{\left[2P_1 + P_2\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]}.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим: $a_C = 6{,}85$ м/с^2.

Для определения углового ускорения диска 2 продифференцируем по времени равенство $\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_C}{r}$. Дифференцирование здесь допустимо, так как во время движения диска 2 расстояние от точки *C* до мгновенного центра скоростей диска 2 – точки *K* – не меняется.

Найдем $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{r} = \frac{a_C}{r}$ = 11,42 рад/с^2. Угловое ускорение диска 1 находится путём дифференцирования равенства $\omega_1 = 2\omega_2$. Имеем: $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2 = 22{,}84$ рад/с^2.

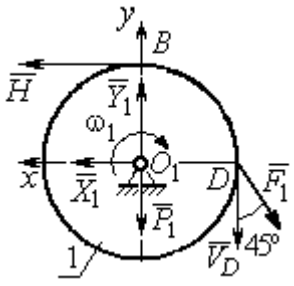


Рис. 5.9. Силы, действующие на диск 1 во время движения

Для того чтобы определить реакцию стержня, освобождаемся от стержня, заменяем его реакцией $\vec{H}$ и составляем уравнения движения дисков 1 и 2.

Силы, действующие на диск 1 во время движения, показаны на рис. 5.9. Уравнение вращательного движения диска 1 в алгебраической форме: $J_{zO_1}\varepsilon_1 = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$, где ε_1 – угловое ускорение диска; J_{zO_1} – момент инерции диска 1 относительно оси *z*, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости диска, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси *z*.

Считая моменты сил положительными, если они создают поворот диска в сторону его вращения, составим сумму моментов внешних сил относительно оси *z*: $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e) = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$. В результате уравнение вращательного движения диска 1 принимает вид: $\frac{P_1 r^2}{2g}\varepsilon_1 = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$.

Подставляя в уравнение исходные данные задачи с учетом найденного значения углового ускорения диска 1 ε_1 = 22,84 рад/с^2, найдем реакцию стержня *H* = 28,63 Н.

Для определения динамической реакции шарнира O_1 диска 1 применим теорему о движении центра масс. Выберем оси координат O_1x и O_1y, как показано на рис. 5.9, и составим уравнение движения центра масс диска 1 в проекциях на оси координат с учётом того, что сам центр масс неподвижен и его ускорение равно нулю.

Получим систему:

$$H + X_1 - F_1\sin 45^\circ = 0, \quad Y_1 - P_1 - F_1\cos 45^\circ = 0.$$

Отсюда, с учётом найденной величины усилия в стержне $H = 28{,}63$ Н, находим составляющие динамической реакции шарнира: $X_1 = 27{,}94$ Н, $Y_1 = 96{,}57$ Н. Полная реакция шарнира $R_{O_1} = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} = 100{,}53$ Н.

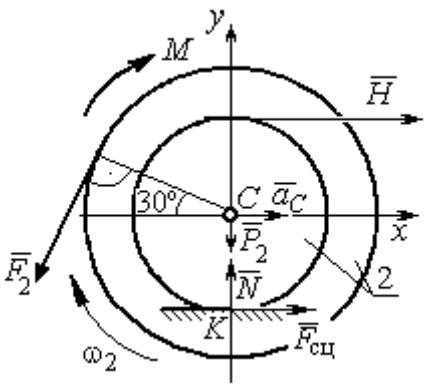


Рис. 5.10. Силы, действующие на диск 2 во время движения

Для определения величины силы сцепления диска 2 с поверхностью качения и нормальной составляющей реакции опоры диска используем теорему о движении центра масс. Силы, приложенные к диску 2, и выбранная система координат xCy показаны на рис. 5.10. Уравнения движения центра масс диска 2 в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_2 a_C = H + F_{\text{сц}} - F_2\cos 60^\circ;$$

$$0 = -F_2\cos 30^\circ - P_2 + N.$$

С учетом найденных значений реакции стержня $H = 28{,}63$ Н и ускорения центра масс диска 2 $a_C = 6{,}85$ м/с^2, находим силу сцепления и нормальную реакцию опоры: $F_{\text{сц}} = 28{,}27$ Н, $N = 85{,}98$ Н.

Полная реакция опоры $R_K = \sqrt{N^2 + F_{\text{сц}}^2} = 90{,}51$ Н.

6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики

Силой инерции материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения, направленную противоположно этому ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где m – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

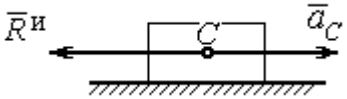


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к главному вектору сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$, равному по величине $R^{\text{и}} = ma_C$, приложенному в центре масс тела и направленному в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

При вращении тела вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции, приведённый к центру масс тела, обращается в нуль (так как ускорение центра масс равно нулю). Таким образом, система сил инерции приводится к паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси вращения. Величина главного момента сил инерции $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ε – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

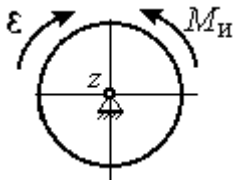


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением ε система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к силе $\vec{R}^{\text{и}}$, равной главному вектору сил инерции, и паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси,

проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения (рис. 6.3). Главный вектор сил инерции равен по модулю произведению массы тела на ускорение его центра масс: $R^{и} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ центра масс. Главный момент сил инерции равен по величине произведению момента инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, на угловое ускорение тела: $M^{и} = J_C\varepsilon$, где J_C – момент инерции тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (см. рис. 6.3).

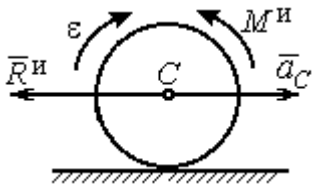


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

Принцип Даламбера для системы. Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних и внутренних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной. Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия:

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{и} = 0, \ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{и} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ – внешние силы, приложенные к системе; $\vec{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$ – момент внешних сил, приложенных к системе, относительно произвольного центра *O*; $\vec{M}_O^{и}$ – главный момент сил инерции относительно центра *O*.

Силы, действующие на систему, можно подразделить на активные и реакции связей. **Идеальными связями** в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

Принцип возможных перемещений. Для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма

элементарных работ всех активных сил, приложенных к точкам системы, была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$ – элементарная работа активных сил на возможном перемещении.

Совместное применение принципа Даламбера и принципа возможных перемещений приводит к формулировке общего уравнения динамики.

Общее уравнение динамики. При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ всех приложенных активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к системе, на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения. При этом переменные силы на элементарном перемещении точек их приложения считаются постоянными.

6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система с идеальными связями включает груз и два диска – однородного радиусом R или r и ступенчатого. Ступенчатый диск состоит из двух одноосных цилиндров радиусом R и r. Радиусы дисков указаны на схеме. Тела соединены нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя под действием сил тяжести, постоянной силы $\vec{F}$, а также пары сил с переменным моментом M. Направление действия силы $\vec{F}$ и наклон плоскости движущихся тел определяются углами α и β. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

Качение дисков без проскальзывания. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует. Движение грузов по плоскости без трения. Нити и стержни, соединяющие груз и диски, параллельны соответствующим плоскостям, по которым двигаются тела.

Найти уравнение движения центра масс диска 3. Определить реакцию шарнира диска 2 в момент времени $t = 1$ с.

Варианты задания приведены на рис. 6.4, 6.5. Исходные данные выбираются из табл. 6.1.

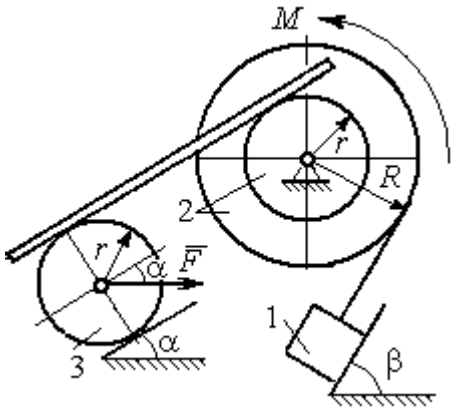
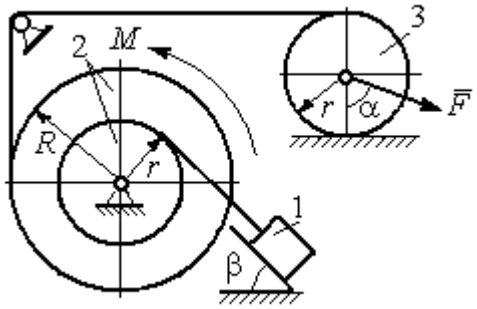
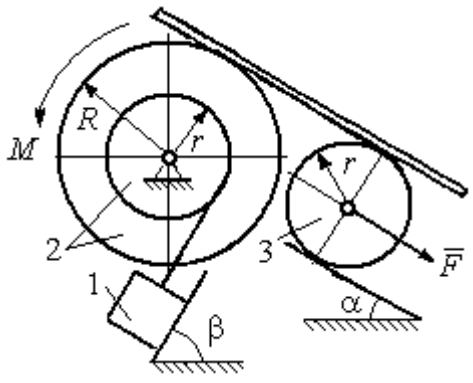
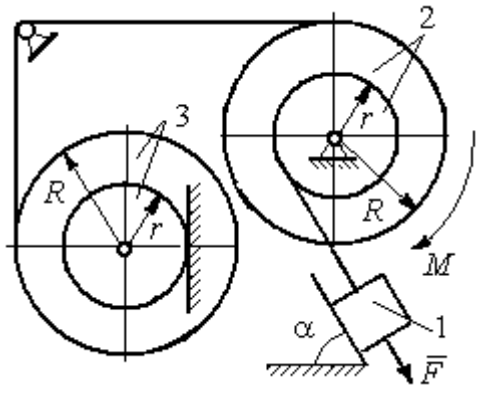
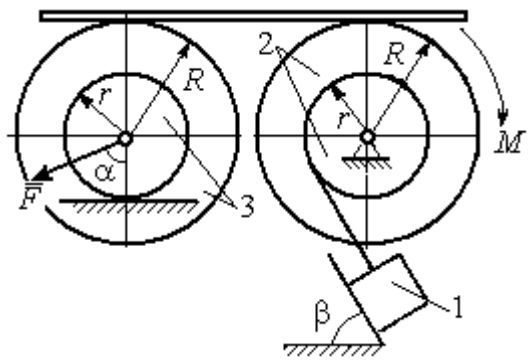
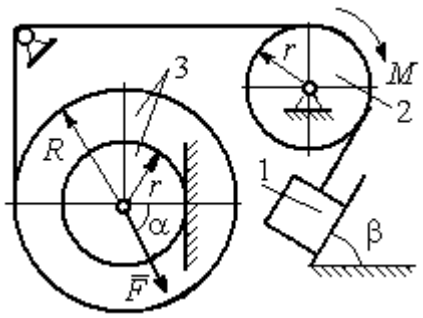
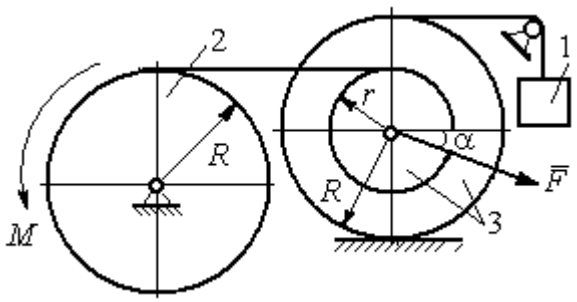
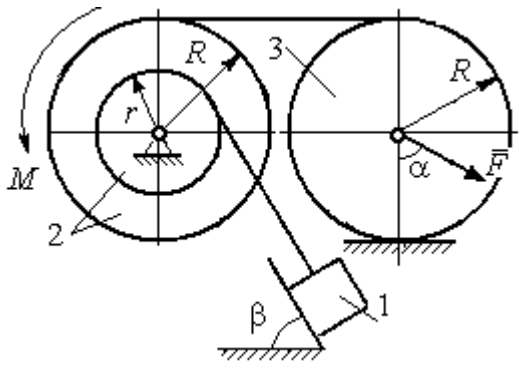
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Варианты 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	

Рис. 6.4. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

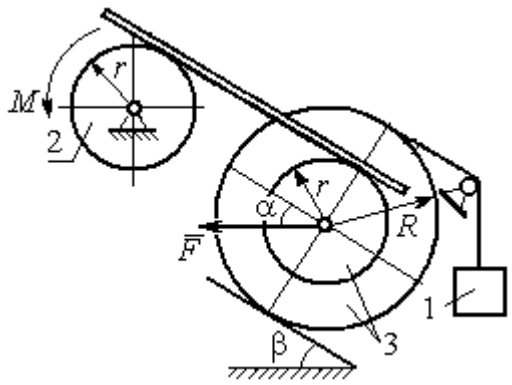
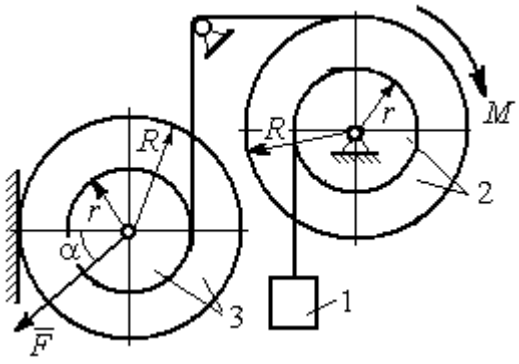
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.5. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики. Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 6.1

Исходные данные задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
1	10	20	8	20	$3(2+t^2)$	30	60	0,6	0,3	0,4
2	10	22	15	15	$4(t+3)$	30	30	0,8	0,4	0,6
3	5	18	10	6	$8(t^2+1)$	90	30	0,4	0,3	0,3
4	5	22	10	5	$14(t^2+t+1)$	30	–	0,6	0,5	0,6
5	5	20	16	9	$3(t^2+4)$	45	60	0,6	0,3	0,5
6	10	16	14	15	$4(5+t)$	60	30	1,0	0,6	0,8
7	6	20	20	8	$9(3t^2+2)$	45	–	0,8	0,6	0,8
8	16	25	15	12	$5(t^2+4)$	30	60	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	$4(3+5t)$	60	30	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	10	$5(3t+6)$	30	–	1,0	0,8	0,9
11	4	22	8	15	$2+ t^2$	45	45	0,8	0,4	0,6
12	15	18	15	10	$5(t+3)$	30	60	1,0	0,5	0,7
13	6	20	10	4	$5(t^2+2)$	30	60	0,6	0,5	0,4
14	10	25	15	8	$16(t+2)$	60	–	0,8	0,6	0,7
15	8	18	20	10	$6(t+2)$	30	90	1,2	0,6	1,0
16	8	18	12	12	$5(3+t^2)$	90	60	0,8	0,6	0,7
17	5	20	10	10	$2t^2+20$	60	–	0,9	0,6	0,8
18	20	15	20	15	$3(t+4)$	60	30	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	10	$4(3+t)$	45	45	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	6	$6(3t+4)$	45	–	1,0	0,6	0,9
21	15	25	12	12	$6+t^2$	60	60	0,6	0,3	0,5
22	20	22	18	15	$2(2t+9)$	45	45	0,8	0,4	0,6
23	8	24	12	8	$7(3t^2+2)$	30	45	0,8	0,5	0,6
24	12	20	18	10	$6(t+4)$	90	–	0,5	0,3	0,4
25	5	20	12	12	$9(2+t^2)$	60	30	1,4	0,7	1,2
26	10	12	10	8	$6(2+t)$	30	45	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	14	$8(2t^2+3)$	30	–	0,8	0,2	0,6
28	10	20	20	20	$3(t^2+3)$	45	30	0,6	0,3	0,5
29	10	18	8	12	$5(4+t+ t^2)$	30	60	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	15	$8(t^2+5)$	60	–	1,0	0,8	0,9

Пример выполнения задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система состоит из груза 1, движущегося поступательно, ступенчатого диска 2 (каток), катящегося по неподвижной поверхности цилин-

дрической ступенькой, и однородного диска 3 (блок), вращающегося вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс блока (рис. 6.6). Качение катка 2 без проскальзывания, скольжение груза 1 – без трения. Движение системы происходит под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$, приложенной к грузу 1 и пары сил с моментом M, приложенной к диску 3.

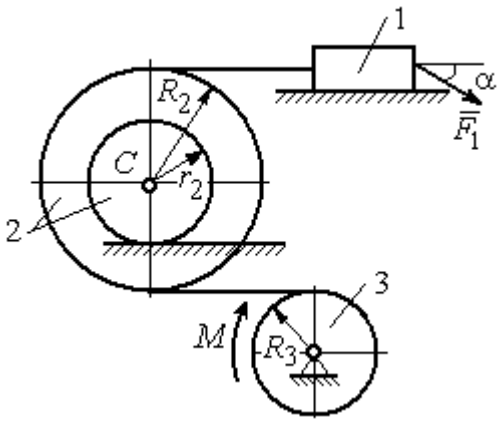


Рис. 6.6. Схема движения механической системы

Найти уравнение движения центра масс катка 2 если движение системы началось из состояния покоя. Определить реакцию шарнира диска 3 в момент t = 1 с, если: P_1 = 10 Н; $P_2 = 20$ Н; $P_3 =$ 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 6(1+2t)$ Н·м; R_2 = 0,8 м; r_2 = 0,2 м; R_3 = 0,4 м; i_{2C} = 0,6 м.

Решение

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом M (рис. 6.7). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности без трения, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

Предположим, направление движения в системе задаёт пара сил с моментом M, приложенная к блоку 3. Обозначим ω_3, ε_3 – угловая скорость и угловое ускорение блока 3, V_C, a_C – скорость и ускорение центра масс катка 2, V_1, a_1 – скорость и ускорение груза 1. Направления векторов скоростей и ускорений точек и угловых скоростей и ускорений тел в соответствии с выбранным направлением движения системы показаны на рис. 6.7.

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0 .$$

Присоединим к телам системы силы инерции. Груз 1 движется поступательно. Главный вектор сил инерции груза 1 $\vec{R}_1^{\text{и}}$ приложен в центре масс груза и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_1$ груза 1. Модуль главного вектора сил инерции груза 1 $R_1^{\text{и}} = m_1 a_1$, где m_1 – масса груза 1; a_1 – величина ускорения груза 1.

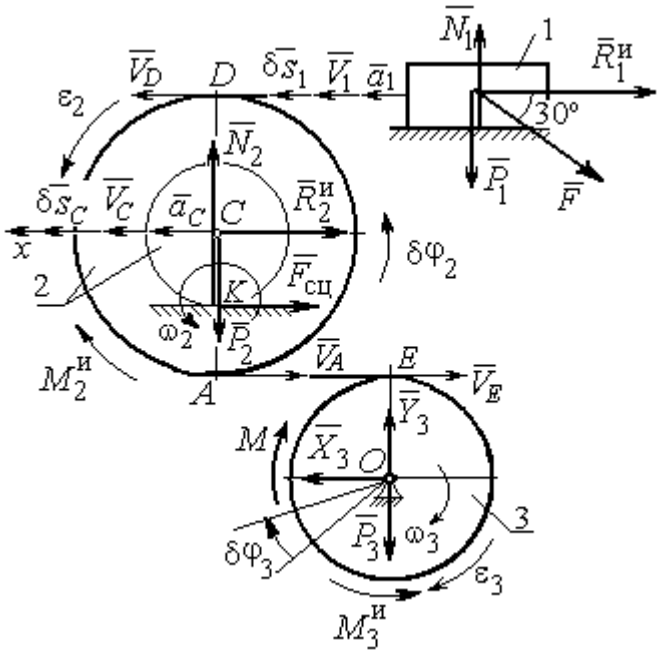


Рис. 6.7. Расчётная схема исследования движения механической системы

Система сил инерции катка 2, приводятся к силе, равной главному вектору сил инерции $\vec{R}_2^{\text{и}}$, приложенному в центре масс катка 2, и паре сил с моментом, равным главному моменту сил инерции $\vec{M}_2^{\text{и}}$ относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. Главный вектор сил инерции направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$, и составляет $R_2^{\text{и}} = m_2 a_C$, где m_2 – масса катка 2; a_C – величина ускорения центра масс. Главный момент сил инерции: $M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2$, где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; ε_2 – угловое ускорение катка 2. Направлен главный момент сил инерции $M_2^{\text{и}}$ в сторону, противоположную угловому ускорению ε_2.

Главный вектор сил инерции, приложенных к блоку 3 и приведённых к центру масс блока, равен нулю, так как блок вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс, и ускорение центра масс блока равно нулю. В результате силы инерции блока 3 приводятся к паре сил, момент которой ра-

вен главному моменту сил инерции $\vec{M}_3^{\text{и}}$ относительно оси вращения. Главный момент сил инерции блока 3 равен по величине $M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3$, где J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения; ε_3 – угловое ускорение блока 3, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению ε_3. Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.8.

Определим кинематические соотношения между скоростями точек системы и выразим их через скорость V_C центра масс катка 2. Каток 2 катится по неподвижной поверхности без скольжения. Мгновенный центр скоростей катка находится в точке *K* касания катка с поверхностью (см. рис. 6.7). Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Скорость точки *A* катка 2: $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2(R_2 - r_2) = V_C \dfrac{R_2 - r_2}{r_2}$. Скорость точки *E* блока 3 равна скорости точки *A* катка 2, $V_E = V_A$. Тогда угловая скорость блока 3:

$$\omega_3 = \frac{V_E}{R_3} = \frac{V_A}{R_3} = V_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Скорость груза 1 равна скорости точки *D* катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2(R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}.$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Для того чтобы найти соотношения между перемещениями, выразим кинематические равенства между скоростями в дифференциальном виде и, полагая, что действительное перемещение является возможным, т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$, получим соотношения между возможными перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \ \ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \ \ \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Сообщим системе возможное перемещение, совпадающее с действительным. Элементарная работа реакций связи на любом возможном перемещении системы равна нулю, так как связи в системе идеальные.

Найдем элементарные работы активных сил и выразим их через перемещение центра масс катка 2. Прежде заметим, что элементарные работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как направления перемещений точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0, \ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0.$$

Элементарная работа силы тяжести блока 3 равна нулю, так как точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается: $\delta A(\vec{P}_3) = 0$.

Элементарная работа пары сил с моментом M, приложенных к блоку 3:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Элементарная работа силы $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ.$$

Сумма элементарных работ всех активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ =$$

$$= \left[6(1 + 2t)\left(\frac{0{,}8 - 0{,}2}{0{,}4 \cdot 0{,}2} \right) - 5(t + 1)\left(\frac{0{,}8 + 0{,}2}{0{,}2} \right) 0{,}866 \right] \delta s_C = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции в зависимости от ускорения a_C центра масс катка 2:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g} a_1 = \frac{P_1 (R_2 + r_2)}{g r_2} a_C, \quad R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g},$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = m_2 i_{2C}^2 \varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2},$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{m_3 R_3^2}{2}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3^2}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}a_C = \frac{P_3 R_3 (R_2 - r_2)}{2g r_2}a_C,$$

где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; i_{2C} – радиус инерции катка 2; J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения, проходящей через его центр масс, $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции на возможном перемещении системы и выразим их в зависимости от перемещения δs_C центра масс катка 2:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = R_1^{\text{и}}\delta s_1 \cos 180^\circ = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = R_2^{\text{и}}\delta s_C \cos 180^\circ = -\frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C,\ \delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}}\delta\varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}}\delta\varphi_3 = -\frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C =$$

$$= -\frac{a_C \delta s_C}{g}\left[\frac{10(0{,}8 + 0{,}2)^2}{0{,}2^2} + 20 + \frac{20 \cdot 0{,}6^2}{0{,}2^2} + \frac{15(0{,}8 - 0{,}2)^2}{2 \cdot 0{,}2^2}\right] = -52{,}75\, a_C \delta s_C,$$

где $g = 9{,}81$ м/с^2.

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C \delta s_C = 0,$$

откуда ускорение центра масс катка 2:

$$a_C = 0{,}44 + 1{,}29t.$$

Выберем ось x по направлению движения центра масс катка 2 (см. рис. 6.7). Проектируя вектор $\vec{a}_C$ ускорения точки C на ось x, получим дифференциальное уравнение $a_C = \ddot{x}_C = 0{,}44 + 1{,}29t$. Интегрируя дважды это уравнение, найдём закон движения: $x_C = 0{,}44\dfrac{t^2}{2} + 1{,}29\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$. Подставляя сюда начальные условия: $t = 0$, $V_C = 0$, $x_C = 0$, найдём константы интегрирования: $C_1 = C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения центра масс диска 2 представим в виде:

$$x_C = 0{,}22t^2 + 0{,}21t^3.$$

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом M и реакция нити $\vec{H}_3$ (см. рис. 6.8). Реакция нити, равная силе натяжения нити, приложена к блоку 3, направлена вдоль нити, связывающей каток 2 и блок 3. Присоединим к блоку 3 силы инерции. Направления сил, моментов пар сил и главного момента сил инерции, действующих на блок 3, показаны на рис. 6.8.

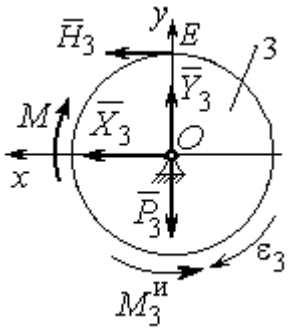


Рис. 6.8. Расчётная схема определения натяжения нити и реакции шарнира блока 3

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил (включая силы инерции) относительно оси вращения. Получим $M - H_3 R_3 - M_3^{и} = 0$, где $M_3^{и} = J_{3O}\varepsilon_3 = \dfrac{P_3 R_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2}$. Из уравнения находим величину натяжения нити:

$$H_3 = \frac{M}{R_3} - \frac{P_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2} = \frac{6(1 + 2t)}{R_3} - \frac{P_3 (R_2 - r_2)}{2 g r_2}(0{,}44 + 1{,}29t) = 13{,}99 + 27{,}04t.$$

В момент времени $t = 1$ с натяжение нити: $H_3 = 41{,}04$ Н.

Так как главный вектор сил инерции блока 3 равен нулю, то составленные по принципу Даламбера уравнения равновесия блока 3 в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси содержат только внешние силы. Имеем: $X_3 + H_3 = 0$, $Y_3 - P_3 = 0$ (см. рис. 6.8). Отсюда находим составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени t = 1 с: $X_3 = -H_3$= – 41,04 Н, $Y_3 = P_3$= 15 Н. Отрицательное значение горизонтальной составляющей реакции шарнира X_3 означает её противоположное направление.

Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2}$ = 43,69 Н.

6.3. Уравнения Лагранжа II рода

Обобщенными координатами механической системы называется совокупность любых s независимых параметров $q_1, q_2, \ldots, q_S$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменяются на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_S$, называемые вариациями обобщенных координат, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_S$. Величина Q_k, равная коэффициенту при вариации δq_k обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k, \quad k = 1, 2, \ldots, s,$$

где T – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, \ldots, q_S$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots, \dot{q}_S$ – обобщенные скорости; s – число степеней свободы системы.

6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус 1, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3. Радиусы ступеней ступенчатого диска и радиус однородного диска указаны на схеме.

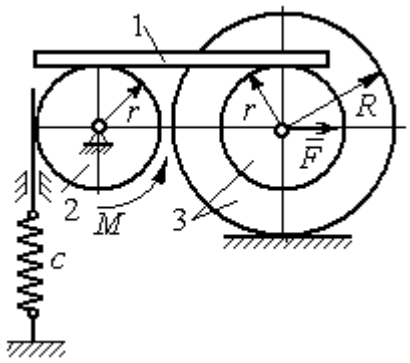
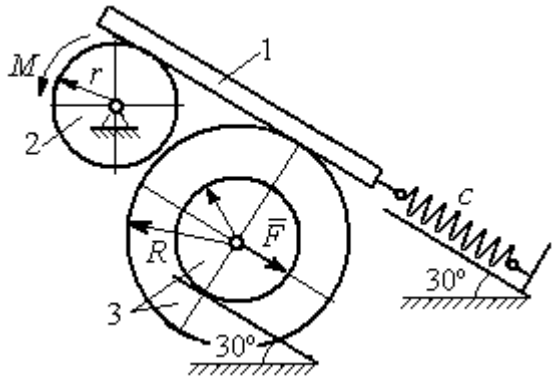
Качение катка 3 происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует. В задачах, где пружина соединяется с блоком 2, передача движения блоку 2 производится посредством невесомого стержня без скольжения.

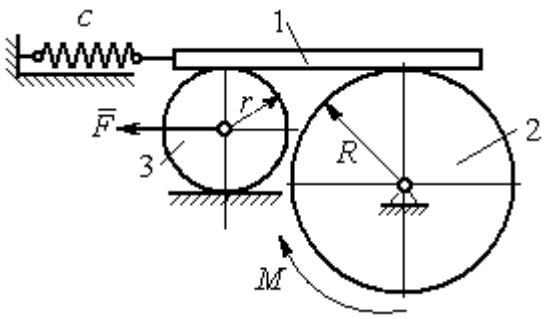
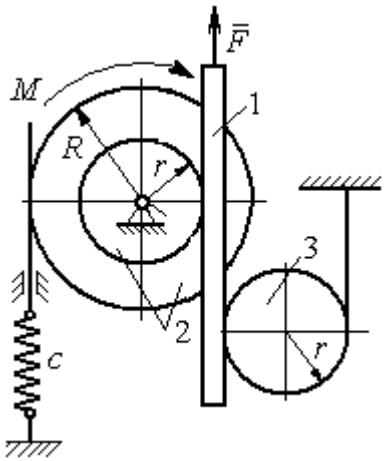
Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M.

Определить закон движения бруса 1 и закон угловых колебаний блока 2, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость ω_{20}, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Варианты заданий даны на рис. 6.9, 6.10. Варианты исходных данных в табл. 6.2. Отрицательные значения величин F или M в табл. 6.2 означают, что при заданных модулях силы или момента направление вектора силы $\vec{F}$ или момента M на схеме следует изменить на противоположные.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

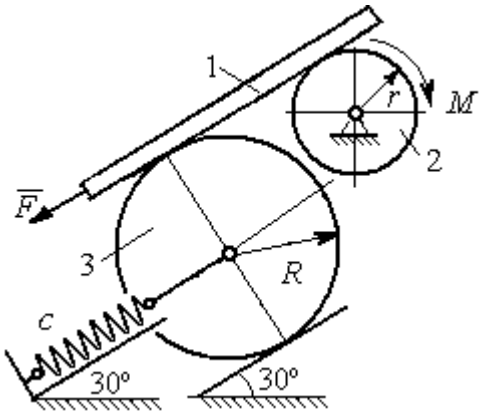
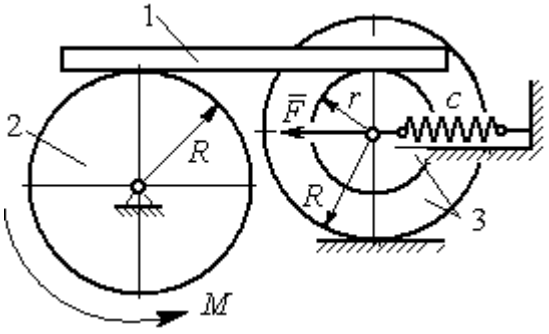
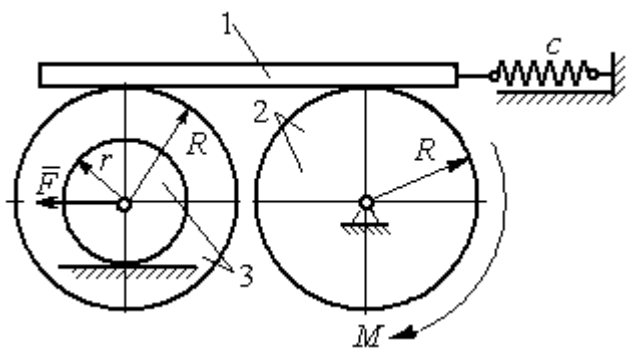
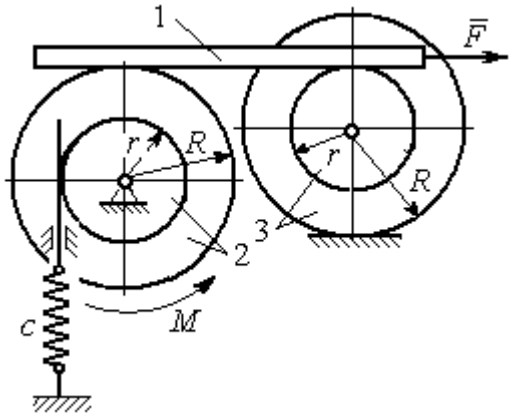
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 6.9. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

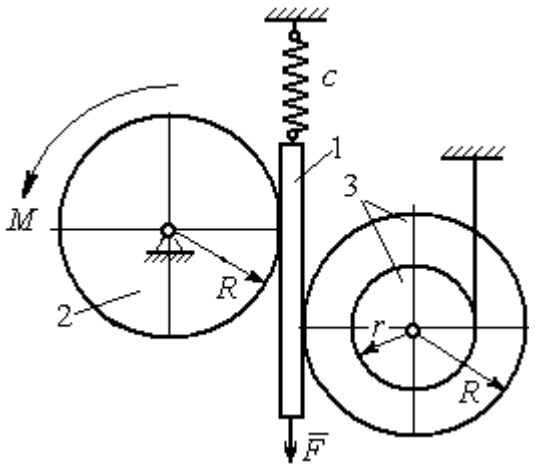
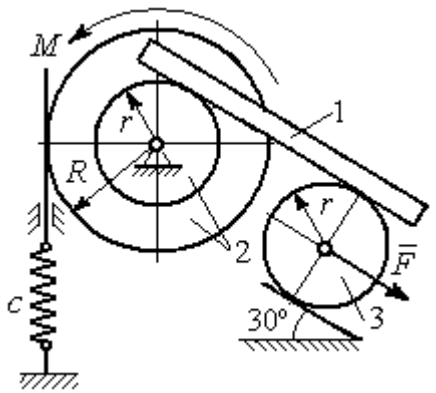
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.10. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.2

Исходные данные задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{20}, рад/с	R, м	r, м	i_z, м
1	8	12	18	15	3	50	0,3	0,6	0,3	0,4
2	10	8	15	12	5	55	0,4	0,8	0,5	0,6
3	5	18	10	8	4	60	0,2	0,5	0,3	–
4	5	20	12	10	6	70	0,5	0,6	0,5	0,6
5	5	8	16	8	8	65	0,2	0,6	0,3	–

Окончание табл. 6.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{20}, рад/с	R, м	r, м	i_z, м
6	8	10	14	6	2	50	0,1	1,0	0,6	0,8
7	10	12	15	12	3	65	0,2	0,8	0,6	0,7
8	12	15	15	6	2	50	0,3	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	4	75	0,1	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	5	12	60	0,4	1,0	0,8	0,9
11	4	10	12	–10	–2	60	0,2	0,8	0,4	0,6
12	5	8	15	–8	3	50	0,5	1,0	0,5	0,7
13	6	15	8	–12	–4	65	0,4	0,6	0,5	–
14	10	25	10	6	10	55	0,1	0,8	0,6	0,7
15	8	6	20	–10	2	70	0,2	1,2	0,6	–
16	10	12	12	–5	6	60	0,3	0,8	0,6	0,7
17	12	16	12	–6	–2	55	0,4	0,9	0,6	0,8
18	10	20	20	10	4	60	0,1	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	–10	6	65	0,2	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	–3	6	50	0,24	1,0	0,6	0,9
21	5	12	15	12	–3	55	0,3	0,6	0,5	0,55
22	10	15	18	6	–2	65	0,1	0,8	0,4	0,6
23	8	20	12	–8	2	45	0,2	0,8	0,6	–
24	12	20	18	–4	–8	70	0,4	0,5	0,3	0,4
25	6	10	15	–6	–2	60	0,1	1,4	0,7	–
26	8	12	10	10	–3	65	0,2	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	5	–3	70	0,2	0,8	0,2	0,6
28	8	12	12	–6	2	65	0,3	0,6	0,3	0,5
29	10	18	20	–10	4	60	0,2	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	8	6	75	0,1	1,0	0,8	0,9

Пример выполнения задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3 (рис. 6.11). Радиусы ступеней ступенчатого диска R и r, радиус однородного диска r. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Движение катка 3 по неподвижной поверхности происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует.

Передача движения от пружины блоку 2 производится посредством невесомого вертикального стержня без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, i_z.

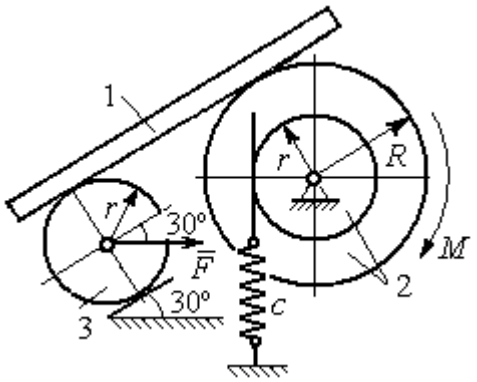


Рис. 6.11. Механическая система с одной степенью свободы

Исходные данные задачи: $P_1 = P$ Н, $P_2 = 2P$ Н, $P_3 = P$ Н, $F = 2P$ Н, $M = Pr$ Н·м, $R = 1{,}5r$ м, $i_z = r\sqrt{2}$ м, $c = P/r$ Н/м.

Определить законы движения блока 2 и бруса 1 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0 = 0{,}5$ рад/с, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Решение

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.11) имеет одну степень свободы, так как в системе не допускается независимое друг от друга движение тел. В качестве обобщённой координаты q выберем перемещение x верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня, при котором пружина длиной l_0 находилась в нерастянутом состоянии (рис. 6.12). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

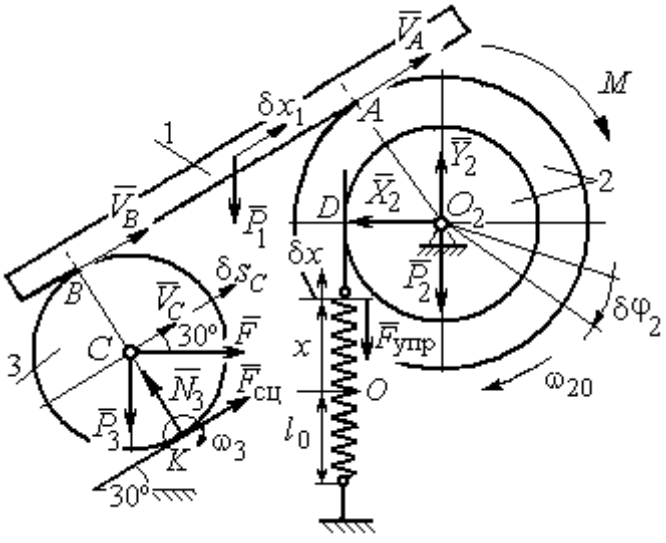


Рис. 6.12. Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы с одной степенью свободы, имеет вид $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \dfrac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где T –

кинетическая энергия системы, Q_x – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате *x*.

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий бруса, блока и катка: $T = T_1 + T_2 + T_3$. Кинетическая энергия поступательного движения бруса 1: $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где m_1, V_1 – масса и скорость бруса. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где ω_2 – угловая скорость блока, J_{2z} – момент инерции блока 2 относительно оси *z*, $J_{2z} = m_2 i_z^2$.

Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где V_C – скорость центра масс катка 3; J_{zC} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; *r* – радиус катка; ω_3 – угловая скорость катка.

Выразим скорость V_1 бруса 1, угловые скорости ω_2, ω_3 блока 2 и катка 3, а также скорость V_C центра масс катка 3 через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки *D* блока 2 равна скорости верхнего края пружины $V_D = \dot{x}$. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \frac{V_D}{r} = \frac{\dot{x}}{r}$. Скорость бруса 1 равна скорости точки *A* блока 2 и вычисляется по формуле $V_1 = V_A = \omega_2 R = \frac{\dot{x} R}{r}$. Так как брус совершает поступательное движение, то $V_B = V_1$. Угловая скорость катка 3 $\omega_3 = \frac{V_B}{2r} = \frac{V_1}{2r} = \frac{\dot{x} R}{2r^2}$. Здесь при определении угловой скорости катка 3 учтено, что точка *K* касания катка 3 с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей катка. Скорость центра катка 3 $V_C = \frac{V_B}{2} = \frac{\dot{x} R}{2r}$.

Подставляя исходные данные задачи с учётом найденных кинематических соотношений, получим кинетическую энергию тел системы

$$T_1=\frac{1}{2}m_1V_1^2=\frac{P}{2g}\left(\frac{\dot{x}R}{r}\right)^2=1{,}125\frac{P}{g}\dot{x}^2,\ \ T_2=\frac{1}{2}J_{2z}\omega_2^2=\ \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(r\sqrt{2}\right)^2\left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2=2\frac{P}{g}\dot{x}^2,$$

$$T_3=\frac{1}{2}m_3V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_3^2=\frac{1}{2}\frac{P}{g}\left(\frac{\dot{x}R}{2r}\right)^2+\frac{1}{2}\frac{Pr^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}R}{2r^2}\right)^2=0{,}422\frac{P}{g}\dot{x}^2.$$

Тогда полная кинетическая энергия системы:

$$T=T_1+T_2+T_3=3{,}547\frac{P}{g}\dot{x}^2.$$

Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой *x*, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине, находящейся в произвольном положении, возможное (бесконечно малое) перемещение δx в положительном направлении оси *x* (см. рис. 6.12). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$: $\delta\varphi_2=\frac{\delta x}{r}$, брус 1 переместится на расстояние δx_1: $\delta x_1=\frac{\delta xR}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние δS_C: $\delta S_C=\frac{\delta xR}{2r}$. Все перемещения получены из установленных ранее кинематических соотношений и показаны на рис. 6.12.

При заданном возможном перемещении системы работу совершают силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ бруса 1 и катка 3, пара сил с моментом *M*, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины (см. рис. 6.12). Элементарная работа вращающего момента *M*, приложенного к блоку 2, будет $\delta A(M)=M\delta\varphi_2=M\frac{\delta x}{r}$. Работа силы тяжести бруса 1 определяется равенством $\delta A(P_1)=P_1\delta x_1\cos120^\circ=-P_1\delta x_1\cos60^\circ=-\frac{P_1\delta xR}{2r}$. Работы силы тяжести катка 3 и силы *F*: $\delta A(P_3)=P_3\delta s_C\cos120^\circ=-P_3\frac{\delta xR}{4r}$, $\delta A(F)=F\frac{\delta xR}{2r}\cos30^\circ$. Модуль силы упругости пружины, растянутой из неде-

формированного положения на расстояние x: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.12). Работа силы упругости при перемещении вдоль линии действия на расстояние δx вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}}\delta x\cos 180^\circ = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи составляет

$$\delta A = \delta A(M) + \delta A(P_1) + \delta A(P_3) + \delta A(F) + \delta A(F_{\text{упр}}) =$$

$$= M\frac{\delta x}{r} - \frac{P_1\delta xR}{2r} - P_3\frac{\delta xR}{4r} + F\frac{\delta xR}{2r}\cos 30^\circ - cx\delta x = P(1{,}174 - 5x)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P(1{,}174 - 5x)$.

Составим уравнения Лагранжа. Вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенной скорости $\dot{x}$ и координате x: $\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = 7{,}094\frac{P}{g}\dot{x}$, $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$. Определим полную производную по времени: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x}$. Результаты расчетов подставим в уравнения Лагранжа II рода и получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x} = P(1{,}174 - 5x), \text{ или при } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2,\ \ddot{x} + 6{,}91x = 1{,}62.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные; k – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{6{,}91} = 2{,}63$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{частн}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим $b = 0{,}23$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1\sin 2{,}63t + C_2\cos 2{,}63t + 0{,}23$.

Произвольные постоянные C_1, C_2 находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки *D* блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость ω_{20}, то $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}23$.

Вычисляем скорость движения пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 2{,}63C_1 \cos 2{,}63t - 2{,}63C_2 \sin 2{,}63t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}038$. Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}038 \sin 2{,}63t - 0{,}23 \cos 2{,}63t + 0{,}23$ м.

Уравнения колебательных движений бруса 1 и блока 2 найдём из ранее полученных кинематических соотношений:

$$x_1 = \frac{xR}{r} = 1{,}5\, x(t) = 0{,}057 \sin 2{,}63t - 0{,}34 \cos 2{,}63t + 0{,}34 \text{ м};$$

$$\varphi_2 = \frac{x}{r} = 5\, x(t) = 0{,}19 \sin 2{,}63t - 1{,}15 \cos 2{,}63t + 1{,}15 \text{ рад}.$$

Амплитуда колебаний бруса $A = \sqrt{0{,}057^2 + 0{,}34^2} = 0{,}35$ м.

6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы

Механическая система, состоящая из четырёх тел, из состояния покоя движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом *M*. Качение тел во всех случаях происходит без проскальзывания, скольжение грузов по поверхностям – без трения. Радиусы дисков одинаковы и равны *R*. Найти уравнения движения системы в обоб-

щённых координатах. Варианты заданий и рекомендуемые обобщённые координаты даны на рис. 6.13, 6.14, варианты исходных данных – в табл. 6.3.

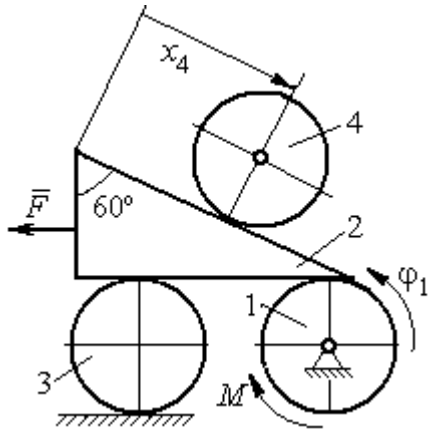
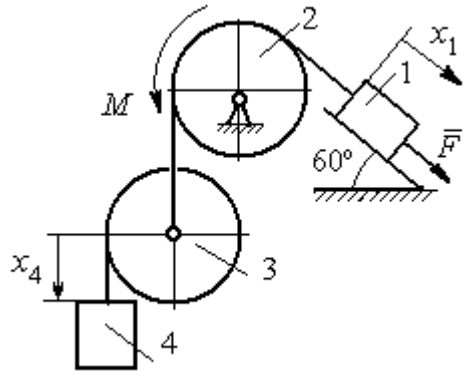
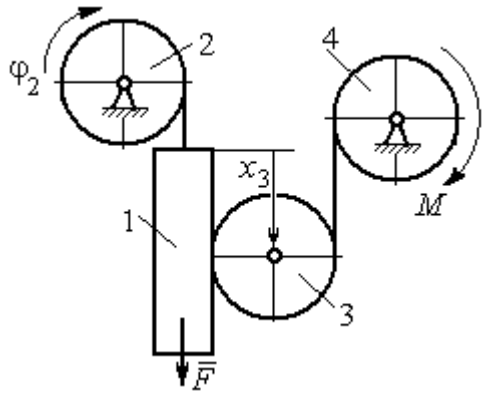
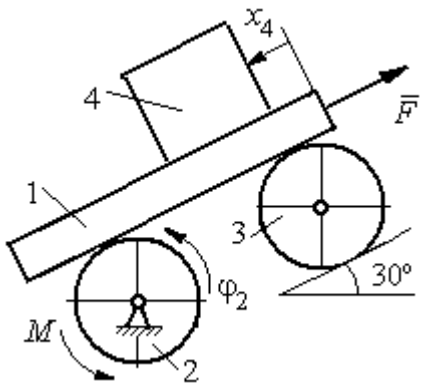
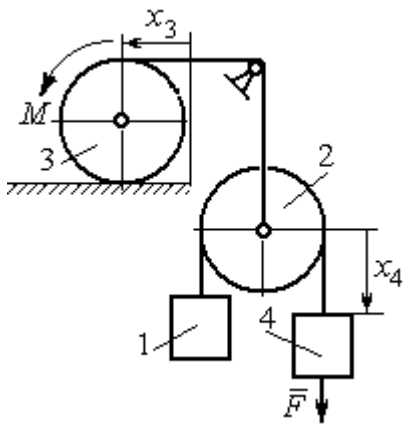
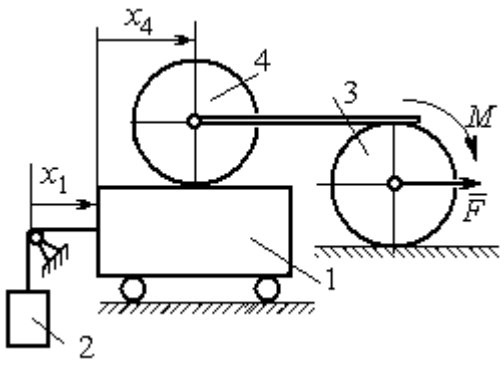
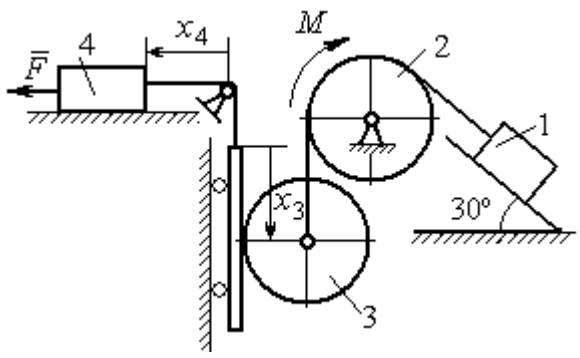
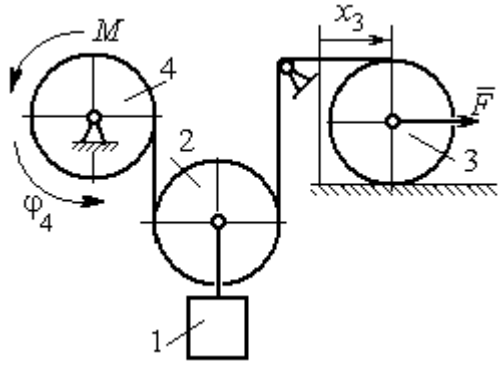
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	
Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	

Рис. 6.13. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д8

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

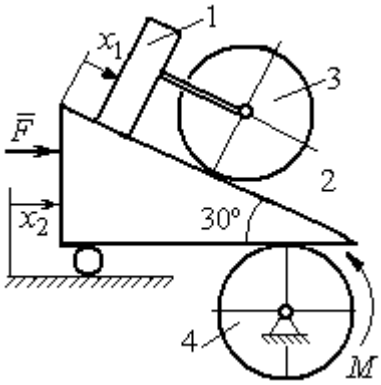
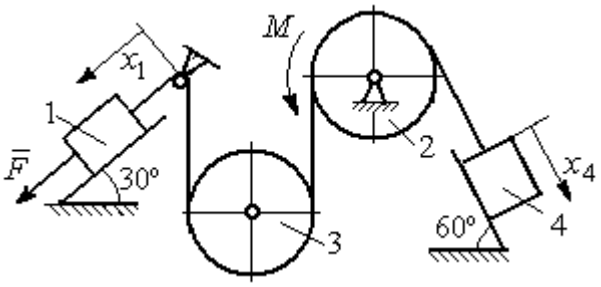
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.14. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.3

Исходные данные задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
P_1, Н	P	$2P$	P	$1{,}5P$	P	$3P$	P	$1{,}2P$	$3P$	P	$2P$	P	P	$2P$	P
P_2, Н	$3P$	$3P$	$4P$	$3P$	$2P$	P	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3P$	$4P$	$3P$
P_3, Н	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	P	$2P$
P_4, Н	$2P$	P	P	$2P$	$3P$	$3P$	P	P	$2P$	P	P	P	$2P$	$2P$	$2P$
R, м	$2r$	$1{,}5r$	$2{,}5r$	$1{,}2r$	$2r$	r	$1{,}5r$	r	$2r$	r	$1{,}5r$	$1{,}2r$	$2r$	$2r$	$2r$
F, Н	P	$2P$	P	$3P$	P	P	$2P$	$4P$	P	$2P$	P	$2P$	$1{,}5P$	$4P$	$2P$
M, Н·м	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$2Pr$

Окончание табл. 6.3

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P_1, Н	4P	1,5P	P	2P	P	P	1,5P	1,5P	2P	P	P	2P	1,2P	3P	1,2P
P_2, Н	2P	2P	2P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	2P	2P	1,2P	2P	3P	2P
P_3, Н	2P	2P	3P	2P	2P	3P	2P	2P	P	2P	3P	2P	P	P	3P
P_4, Н	1,5P	2P	3P	P	2P	2P	2P	P	2P	3P	P	P	2P	P	2P
R, м	1,5r	r	1,5r	2r	r	1,2r	2r	1,5r	2r	r	1,5r	2r	r	1,2r	2r
F, Н	2P	2P	P	3P	4P	2P	3P	2P	3P	P	3P	1,5P	4P	2P	3P
M, Н·м	3Pr	2Pr	4Pr	Pr	4Pr	4Pr	2Pr	Pr	4Pr	2Pr	4Pr	2Pr	2Pr	3Pr	2Pr

Пример выполнения задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Платформа 3 лежит горизонтально на катке 5 и блоке 4 одинакового радиуса R (рис. 6.15). На платформу действует горизонтальная сила $\vec{F}$. К блоку 4, вращающемуся вокруг неподвижной оси, приложена пара сил с моментом M. Каток 5 катится по горизонтальной поверхности. К краю платформы одним концом прикреплена горизонтальная нить, а к другому концу, перекинутому через невесомый блок, прикреплён груз 6, движущийся вертикально. На платформе 3 установлен каток 2 радиуса R. К центру катка прикреплена нить, расположенная параллельно платформе и натянутая грузом 1, движущимся вертикально (см. рис. 6.15). Движение системы началось из состояния покоя. Качение тел без проскальзывания. Определить уравнения движения системы в обобщённых координатах, если $R = 2r$, веса тел $P_1 = P_6 = P$, $P_3 = 3P$, $P_4 = P_5 = P_2 = 2P$, $F = P$, $M = 3Pr$.

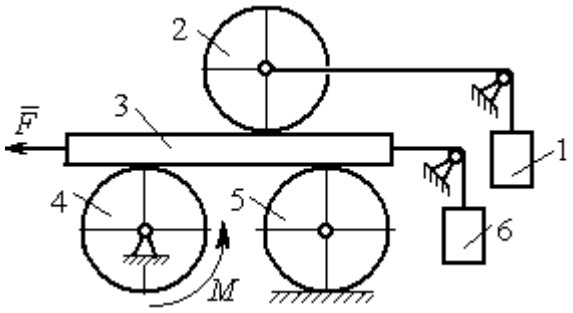


Рис. 6.15. Механическая система с двумя степенями свободы

Решение

Рассматриваемая механическая система, включающая катки 2, 5, платформу 3, блок 4 и грузы 1, 6, имеет две степени свободы, так как перемещение

катка 2 относительно платформы 3 не зависит от перемещения самой платформы. За обобщенные координаты выберем перемещение x_2 центра масс катка 2 относительно края платформы и перемещение x_3 платформы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.16). Обобщенные скорости – скорость $\dot{x}_2$ центра масс катка 2 относительно края платформы и скорость платформы $\dot{x}_3$ относительно неподвижной вертикали. Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_2}=Q_{x_2}, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_3}=Q_{x_3},$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_{x_2}, Q_{x_3} – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

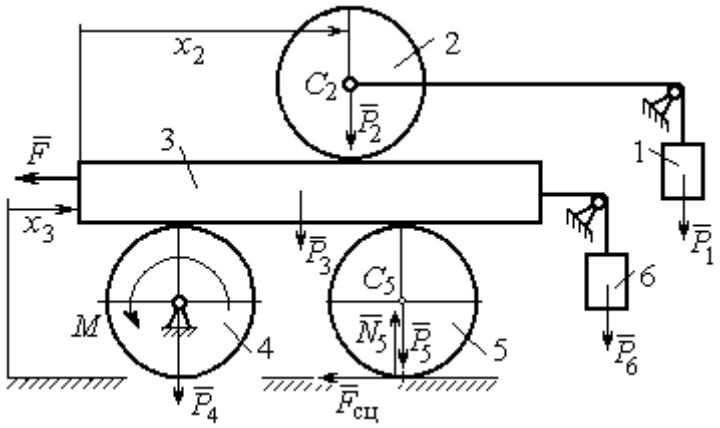


Рис. 6.16. Действующие силы
и обобщённые координаты механической системы

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий тел.

Платформа 3 совершает поступательное движение. Кинетическая энергия платформы $T_3=\frac{P_3}{2g}V_3^2$, где V_3 – скорость платформы, причём, в соответствии с выбором обобщённых координат и скоростей, $V_3=\dot{x}_3$.

Блок 4 вращается вокруг неподвижной оси. Энергия вращательного движения блока $T_4=\frac{1}{2}J_4\omega_4^2$, где J_4, ω_4 – осевой момент инерции блока 4 и его угловая скорость. Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_3}{R_4}=\frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Каток 5 совершает плоскопараллельное движение, его кинетическая энергия вычисляется по формуле: $T_5 = \frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2 + \frac{1}{2}J_5\omega_5^2$, где J_5 – момент инерции катка относительно оси вращения, проходящей через его центр масс; ω_5, V_{C_5} – угловая скорость и скорость центра масс катка 5. Для определения скорости центра масс катка 5 заметим, что точка касания катка с платформой имеет скорость, равную скорости платформы, а точка *K* касания катка с неподвижной горизонтальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Следовательно, скорость центра катка равна половине скорости платформы: $V_{C_5} = \frac{1}{2}V_3 = \frac{1}{2}\dot{x}_3$. Угловая скорость катка 5 $\omega_5 = \frac{V_3}{2R_5} = \frac{\dot{x}_3}{4r}$ (рис. 6.17, *a*).

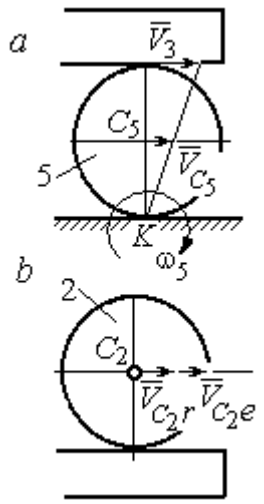


Рис. 6.17. Скорости центров катков 2 и 5

При расчёте кинетической энергии катка 2 необходимо учитывать, что каток совершает сложное движение. Качение катка по поверхности платформы является относительным движением, перемещение его вместе с платформой – переносным. Абсолютная скорость V_{C_2} центра масс катка 2 представляется в виде векторной суммы $\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_2r} + \vec{V}_{C_2e}$ (рис. 6.17, *b*), где $\vec{V}_{C_2e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости платформы, $V_{C_2e} = V_3 = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{C_2r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине скорости центра масс катка 2 относительно края платформы, $V_{C_2r} = \dot{x}_2$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 2 равен сумме $V_{C_2} = V_{C_2r} + V_{C_2e} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$ (рис. 6.17, *b*).

Угловая скорость переносного движения катка 2 равна нулю, поскольку переносное движение катка – это поступательное движение платформы. В результате угловая скорость катка 2 равна его угловой скорости в относительном

движении: $\omega_2 = \dfrac{V_{C_2 r}}{R_2} = \dfrac{\dot{x}_2}{2r}$. Кинетическая энергия катка 2 рассчитывается по формуле: $T_2 = \dfrac{1}{2}\dfrac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \dfrac{1}{2}J_2\omega_2^2$, где J_2 – осевой момент инерции катка 2; ω_2 – угловая скорость катка; V_{C_2} – абсолютная скорость центра масс катка 2.

Движение грузов 1 и 6 поступательное, их кинетические энергии вычисляются по формулам: $T_1 = \dfrac{P_1}{2g}V_1^2$, $T_6 = \dfrac{P_6}{2g}V_6^2$. При этом скорость груза 1 равна абсолютной скорости центра катка 2: $V_1 = V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, а скорость груза 6 равна скорости платформы: $V_6 = V_3 = \dot{x}_3$.

Выразим кинетическую энергию системы через обобщённые скорости. Кинетическая энергия:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 =$$

$$= \frac{P_1}{2g}V_1^2 + \frac{1}{2}\frac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \frac{1}{2}J_2\omega_2^2 + \frac{P_3}{2g}V_3^2 + \frac{1}{2}J_4\omega_4^2 + \frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2 + \frac{1}{2}J_5\omega_5^2 + \frac{P_6}{2g}V_6^2,$$

где значения скоростей: $V_1 = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $\omega_2 = \dfrac{\dot{x}_2}{2r}$, $V_3 = \dot{x}_3$, $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$, $V_{C_5} = \dfrac{1}{2}\dot{x}_3$, $\omega_5 = \dfrac{\dot{x}_3}{4r}$, $V_6 = \dot{x}_3$. Значения осевых моментов инерции катков: $J_2 = \dfrac{P_2 R_2^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$, $J_4 = \dfrac{P_4 R_4^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$, $J_5 = \dfrac{P_5 R_5^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$. Подставляя значения скоростей, моментов инерции и данные задачи, получим выражение кинетической энергии системы в виде

$$T = \frac{P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_2}{2r}\right)^2 + \frac{3P}{2g}\dot{x}_3^2 +$$

$$+\frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{4r}\right)^2 + \frac{P}{2g}\dot{x}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2}\frac{P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{23P}{8g}\dot{x}_3^2 = \frac{2P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_2\dot{x}_3 + \frac{35P}{8g}\dot{x}_3^2.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_3, оставляя координату x_2 без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_2 = 0$ (рис. 6.18). При таком перемещении каток 2 стоит на платформе и движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_5$, $\vec{P}_3$ катков 2, 5 и платформы 3 равна нулю, так как перемещения точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил (см. рис. 6.18). Работа силы тяжести $\vec{P}_4$ равна нулю, так как точка приложения силы лежит на неподвижной оси вращения блока 4.

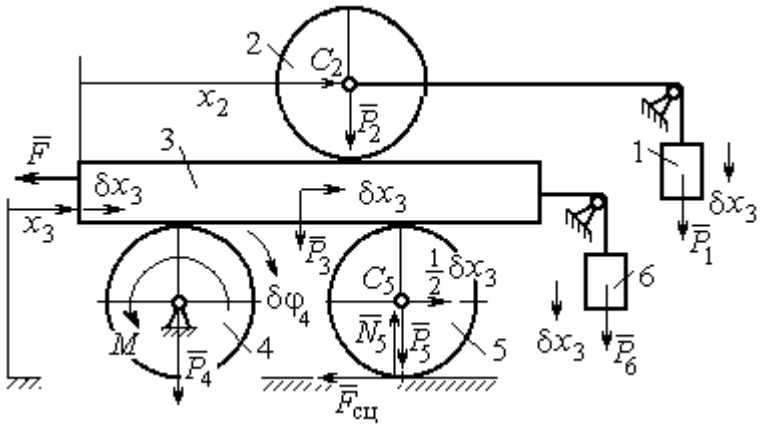


Рис. 6.18. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_3 > 0$, $\delta x_2 = 0$

Работу будут производить сила $\vec{F}$, пара сил с моментом M и силы тяжести грузов $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_6$. Суммарная работа сил на перемещении δx_3: $\delta A = -F\delta x_3 - M\delta\varphi_4 + P_1\delta x_3 + P_6\delta x_3$.

Представим полученное ранее соотношение $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$ в дифференциальном виде: $d\varphi_4 = \dfrac{dx_3}{2r}$. Поскольку дифференциалы координат также являются возможными перемещениями, получим нужное соотношение $\delta\varphi_4 = \dfrac{\delta x_3}{2r}$. Теперь элементарную работу сил на возможном перемещении δx_3 с учётом значений сил можно представить в виде:

$$\delta A = -P\delta x_3 - 3Pr\frac{\delta x_3}{2r} + P\delta x_3 + P\delta x_3 = -\frac{1}{2}P\delta x_3,$$

отсюда обобщённая сила, соответствующая координате x_3: $Q_{x_3} = -\dfrac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате x_2, оставляя координату x_3 без изменения: $\delta x_2 > 0, \delta x_3 = 0$ (рис. 6.19).

При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 2, который катится по поверхности неподвижной платформы, и груза 1, который опускается вертикально вниз. Работу совершает только сила тяжести груза 1. Выражая работу в виде $\delta A = P_1 \delta x_2 = P \delta x_2$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате x_2: $Q_{x_2} = P$.

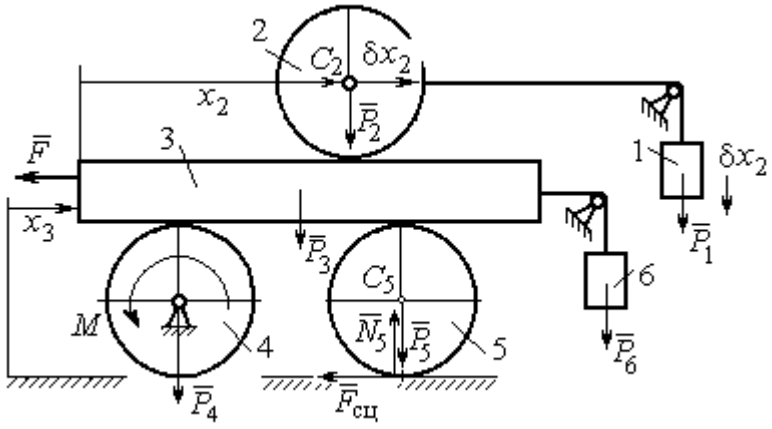


Рис. 6.19. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_2 > 0$, $\delta x_3 = 0$

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям $\dot{x}_3$ и $\dot{x}_2$:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} = \frac{3P}{g}\dot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\dot{x}_3, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = \frac{4P}{g}\dot{x}_2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_3$$

и по обобщённым координатам: $\frac{\partial T}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$

Определим полные производные по времени от частных производных кинетической энергии по скоростям:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{3P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\ddot{x}_3, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right) = \frac{4P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{3P}{g}\ddot{x}_3.$$

Подставляя результаты расчётов в уравнения Лагранжа с учётом вычисленных значений обобщённых сил, получим систему дифференциальных уравнений, описывающих движение системы в обобщённых координатах:

$$12\ddot{x}_2 + 35\ddot{x}_3 = -2g, \quad 4\ddot{x}_2 + 3\ddot{x}_3 = g.$$

Алгебраическим решением системы служат значения ускорений:

$$\ddot{x}_3 = -\frac{5}{26}g = -0{,}19g \quad \text{и} \quad \ddot{x}_2 = \frac{41}{104}g = 0{,}39g.$$

Полученные выражения представляют собой дифференциальные уравнения, проинтегрировав которые дважды с нулевыми начальными условиями (движение началось из состояния покоя), найдём уравнения абсолютного движения платформы и относительного движения центра масс катка 2:

$$x_3 = -0{,}095gt^2, \quad x_2 = 0{,}195gt^2.$$

Отрицательное значение координаты x_3 означает, что движение платформы происходит в отрицательном направлении оси x_3 (см. рис. 6.16).

Абсолютное движение центра катка 2 представляется суммой относительного и переносного движений: $x_{C_2} = x_2 + x_3 = 0{,}1gt^2$.

Уравнение вращательного движения катка 2 находится на основании выражения $\varphi_2 = \frac{1}{R_2}x_2 = \frac{1}{2r}x_2 = 0{,}097\frac{gt^2}{r}$. Вращение блока 4 описывается уравнением $\varphi_4 = \frac{1}{R_4}x_3 = \frac{1}{2r}x_3 = -0{,}047\frac{gt^2}{r}$.

Движение катка 5 описывается двумя уравнениями: уравнением движения центра масс катка $x_{C_5} = \frac{1}{2}x_3 = -0{,}047gt^2$ и уравнением вращательного движения катка $\varphi_5 = \frac{x_3}{2R_5} = -0{,}024\frac{gt^2}{r}$.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бать М. И., *Джанелидзе Г. Ю.*, *Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

Бутенин Н. В., *Лунц Я. Л.*, *Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: в 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

Вебер Г. Э., *Ляпцев С. А*. Лекции по теоретической механике. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебн. для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

сборник заданий для расчетно-графических работ

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов

Редактор *Л.В. Устьянцева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 9,75 Уч. изд. л. 6,5 Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ 73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки. 73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки 73
4.3. Колебания материальной точки 80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки 84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки. 95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки
с применением теоремы об изменении кинетической энергии 96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы . 103
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы 104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. 112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы
с применением теоремы об изменении кинетической энергии 114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА 124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики 124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы
с применением общего уравнения динамики 126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода 136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы
с применением уравнений Лагранжа 137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы 145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 155