

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИМПОЗИУМ «УРАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ШКОЛА – РЕГИОНАМ»

12-21 апреля 2010 г.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, АВТОМАТИЧЕСКОЕ
УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 658.012.011.56:658.512

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА В МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ПРОЦЕССА ДЕГАЗАЦИИ, МОДЕЛЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЕНСАЦИИ

РЕШЕТНИКОВ Д. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Процесс дегазации является одним из основных средств снижения метановыделения в горных выработках и широко применяется на угольных шахтах как России, так и зарубежья. В условиях современной высокопроизводительной добычи угля дегазация становится единственным процессом, который позволяет удерживать концентрацию метана в горных выработках ниже уровней, регламентируемых Правилами безопасности.

Большое значение для выбора необходимых средств контроля и автоматизации дегазационных систем имеют сведения о режимах работы отдельных звеньев этой системы и, в первую очередь, о пределах измерения параметров газовой смеси в трубопроводах и у устья скважин.

Параметры газовой смеси могут изменяться следующим образом:

- разрежение у устья скважин от 0 до 270 (редко до 330) гПа, в участковых и магистральных трубопроводах от 0 до 530 гПа;
- относительная влажность газовой смеси до 100 % (возможно присутствие капельной влаги);
- содержание метана в смеси от 0 до 100 об. %;
- содержание углекислого газа от 0 до 2 об. %;
- скорость струи газовой смеси в трубопроводе от 0,5 до 20 м/с;
- температура газовой смеси от – 5 до +35 °С (за исключением трубопроводов, в которых наблюдается капельная влага; для таких газопроводов температура газовой смеси изменяется от +5 до +35 °С);
- газовая смесь – взрывоопасная, агрессивная 1-й категории.

Существуют различные методы определения концентрации метана в дегазационных установках, но наиболее приемлемы термокондуктометрические газоанализаторы, отличающиеся простотой, надежностью и малой потребляемой мощностью. Поэтому в последнее время принципы, заложенные в этих газоанализаторах, широко применяются в средствах контроля параметров газовой смеси в шахтных дегазационных комплексах как у нас в стране, так и за рубежом*. Основным недостатком этого метода измерения метана является зависимость от температуры и давления, что непосредственно увеличивает абсолютную погрешность измерения.

* Карпов Е. Ф., Рязанов А. В. Автоматизация и контроль дегазационных систем. – М.: Недра, 1983.

Для уменьшения влияния давления необходимо определить модель, т.е. зависимость результатов измерения метана от величины давления, рассчитать величину отклонения показаний датчика, произвести коррекцию показаний в зависимости от величины давления.

Чтобы определить модель влияния давления на результаты измерения, была разработана методика испытаний и испытательный стенд. В качестве метанометра использовался датчик метана стационарный ДМС03, разработанный фирмой НПЦ АТБ (г. Москва).

В результате экспериментов была получена зависимость показаний датчика от величины давления в газовом тракте. Зависимость имеет вид, представленный на рисунке.

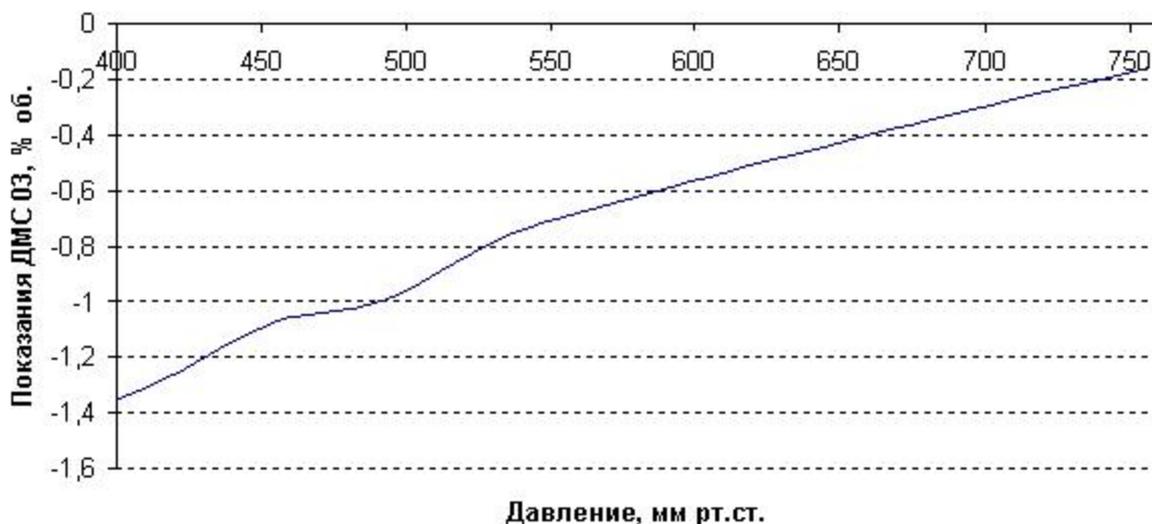


График зависимости показаний ДМС 03 от изменения давления при нулевой концентрации в измерительном газовом тракте

С помощью экспериментальных данных построены зависимости показаний датчика ДМС 03 от значения величины давления. Было вычислено значение отклонения (ошибки) измерения от исходной величины.

В результате исследований было выяснено, что величина давления оказывает также влияние на нулевые показания датчика, то есть происходит «смещение» (уход) нуля. Таким образом «уход» нуля датчика в зависимости от величины давления влияет на результат измерения при ненулевых концентрациях метана в газовом тракте.

Для компенсации влияния величины давления на результат измерения необходимо произвести компенсацию ухода «нуля» датчика. Для этого была вычислена модель величины ошибки измерения от значения давления при нулевой исходной концентрации метана в измерительном газовом тракте. Эта модель имеет вид:

$$C_{\text{выч}} = -0,003363 \cdot P + 2,4727,$$

где $C_{\text{выч}}$ – вычисленное значение ошибки измерения; P – значение величины давления в измерительном газовом тракте.

В результате исследований была получена модель для коррекции значения концентрации метана в диапазоне измерения от 5 до 100 % об. с помощью датчика ДМС 03, работающего в режиме кондуктометра с учетом величины давления в измерительном газовом тракте. Модель имеет вид:

$$C_{\text{комп.}} = C_{\text{изм.}} + (0,003363 \cdot P + 2,4727),$$

где $C_{\text{комп.}}$ – скомпенсированное значение концентрации метана; $C_{\text{изм.}}$ – измеренное значение концентрации метана, P – измеренное значение величины давления в газовом тракте.

Благодаря полученной модели удалось увеличить точность измерения в 2,3-8 раз в зависимости от исходной концентрации метана в диапазоне измерения от 5 до 100 % об. (2,3 раза при концентрации 91,1 % об., а в 8 раз при концентрации 10,5 % об.).

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ДЕГАЗАЦИОННОЙ СЕТИ ШАХТЫ

АБДРАХМАНОВ М. И.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Современные подземные сети дегазационных систем угольных шахт представляют собой комплекс рассредоточенных инженерно-технических сооружений для извлечения и изолированного отвода метана с дегазируемых участков угольного пласта. Расстояние от вакуум-насосной станции до скважин может достигать 5 км и более [1].

При эксплуатации подземных сетей возникают аварийные ситуации, которые связаны с полной или частичной разгерметизацией дегазационных скважин и трубопроводов, изменением сопротивления трубопроводов, что приводит к значительному снижению эффективности работы дегазационной системы в целом [2, 3]. В связи с этим необходимо поддерживать оптимальные условия работы системы дегазации путем оперативного выявления возникновения нарушений в дегазационной сети и их устранения.

В настоящее время разработаны методики [3], в которых специалисты предлагают оценивать работу дегазационных сетей по количественным критериям на основе определения ее пропускной способности и аэродинамических характеристик. Изменение этих параметров происходит в результате длительной эксплуатации оборудования и возникновения нарушений. Следует отметить, что эти изменения могут иметь плавный или скачкообразный вид.

Решением задачи оценки состояния дегазационной сети и локализации мест нарушений является периодическое сравнение измеренных значений дебита метана и давления на концах участка с расчетными данными, которые определяются на основе построенной статической модели.

Такое решение дает информацию лишь о факте произошедшего нарушения и не позволяет вовремя провести профилактические работы. Возможность оперативного прогноза может предоставить диагностическая система дегазационной сети шахты (ДСШ). Схема такой системы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Диагностическая система дегазационной сети шахты

Под объектом контроля и управления рассматривается дегазационная сеть шахты. Информация о состоянии сети поступает от датчиков и вычислительных устройств. Эти данные передаются в математическую модель и модель диагностики ДСШ. В математической модели производится расчет параметров ДСШ (абсолютного давления и дебита метановоздушной смеси). В диагностической модели идентифицируется состояние объекта, классы и виды отказов, а также локализация мест нарушения. Далее информация поступает в блок принятия решений, где по определенному алгоритму обосновывается необходимость проведения мероприятий по устранению и профилактике нарушений работоспособности.

Объект контроля и управления может находиться в следующих состояниях: нормальное функционирование; функционирование с нарушениями (отказами); функционирование с изменениями, которые могут привести к возникновению нарушений; неработоспособное состояние.

Каждое из этих состояний характеризуется определенными значениями контролируемых параметров. Аварийные состояния классифицируются по классам и видам возможных отказов. Они приведены на рис. 2. Функциональная структура диагностической модели представлена на рис. 3.



Рис. 2. Классы и виды отказов

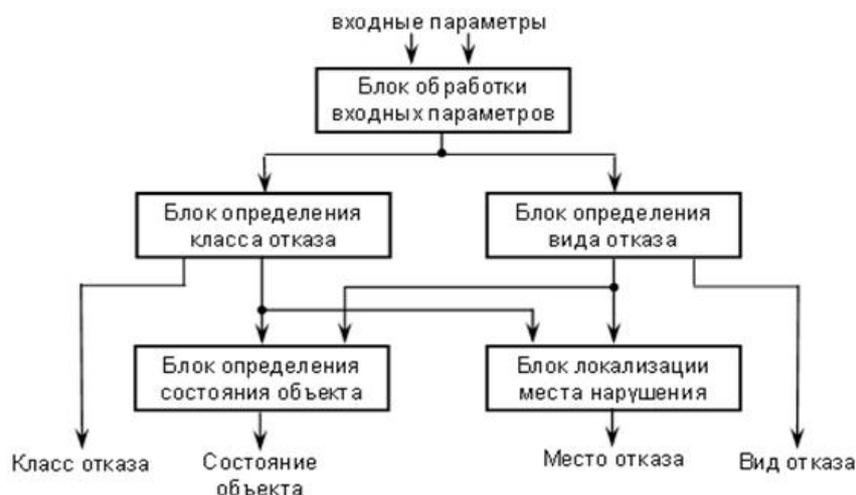


Рис. 3. Функциональная структура диагностической модели

В результате проведенного исследования была сформирована структура системы диагностики дегазационной сети шахты, проведена классификация отказов и состояний системы, построена диагностическая и математическая модель. Разработаны алгоритмы распознавания классов и видов отказов, определения состояний участков дегазационной сети и локализации мест нарушения их функционирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпов Е. Ф., Рязанов А. В. Автоматизация и контроль дегазационных систем. – М.: Недра, 1983. – 190 с.
2. Малашкина В. А., Вострикова Н. А. Особенности транспортирования метановоздушной смеси в подземных дегазационных трубопроводах угольных шахт. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 19 с.
3. Малашкина В. А. Дегазационные установки: учеб. пособие. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 189 с.

ВИБРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА РОТОРНЫХ МАШИН

ШНАЙДЕР И. В., МАТВЕЕВ В. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

С целью обеспечения безопасных условий работы установлены требования и нормы к уровням вибрации. В большинстве случаев нормы устанавливаются с учетом конструктивных особенностей и условий эксплуатации оборудования. В табл. 1 представлена классификация машин по группам.

Таблица 1

Классификация машин

Группа машин	Описание группы
1	Машины номинальной мощностью более 300 кВт, но не более 50 МВт Электрические машины с высотой оси вращения вала выше 315 мм
2	Машины номинальной мощностью от 15 до 300 кВт Электрические машины с высотой оси вращения вала от 160 до 315 мм
3	Насосы центробежного типа, со смешанными или осевыми потоками с отдельным приводом и номинальной мощностью более 15 кВт
4	Насосы центробежного типа, со смешанными или осевыми потоками с встроенным приводом и номинальной мощностью более 15 кВт

Специалисты выделяют 4 зоны вибрационного состояния (А, В, С, D), для которых определены границы (табл. 2).

Если вибрация машины находится ниже зоны А, то ее уровень вибрации низок, а сама машина в хорошем состоянии; от А до В – вибрация средняя, состояние удовлетворительное; от В до С – повышенный уровень вибрации, состояние плохое; от С до D – высокий уровень вибрации, состояние аварийное, необходима остановка машины.

Для оценки вибрационного состояния машин рекомендуют применять два критерия оценки. Один из них рассматривает сами значения, а другой – их изменения. Если изменение вибрации превышает 25 % значения верхней границы зоны В, то оно является существенным. В этом же документе установлены ограничения на функционирование машин. Установлен уровень «предупреждение» и «останов». Уровень «предупреждение» устанавливают относительно некоторого базового значения для конкретной машины и определенных точек контроля, исходя из опыта эксплуатации этой машины. Рекомендуется уровень «предупреждение» устанавливать выше базовой линии на 25 % значений верхней границы зоны В. Уровень «останов» рекомендуется устанавливать в пределах зон С или D. Он не должен превышать более чем в 1,25 раза верхнюю границу зоны С (для отечественных машин это жесткий критерий).

Базовое значение вибрации машин рекомендуется периодически (после ремонта, изменения условий эксплуатации) уточнять. Для оценки технического состояния машин выделяют группы степеней риска отказа, соотнесенные с зонами технических состояний. На основе этих данных принимается решение о необходимости проведения дополнительного обследования (табл. 3).

С целью оценки состояния оборудования используются не только прямые показатели (табл. 2), но и комбинированные критерии. Одним из них является ПИК-коэффициент. Для реализации этого метода акселерометр устанавливают вблизи наружной обоймы подшипника. С датчика снимается двухполярный сигнал шумового характера, симметричный относительно временной оси. На рис. 1, а представлен такой сигнал при исправном подшипнике. При возникновении и начале развития дефектов в этом сигнале появляются амплитудные пики (рис. 1, б). С дальнейшим развитием дефектов увеличивается количество пиков и их амплитуды (рис. 1, в). Функции пиковых и среднеквадратичных значений являются монотонными и малоинформативными (рис. 2). Но отношение ПИК/СКЗ, называемое ПИК-фактором, является показателем, который позволит однозначно поставить диагностическую оценку состояния подшипника и проследить развитие дефекта. Эта функция из-за временного сдвига между ПИК и СКЗ имеет явно выраженный максимум

на временной оси. На этом и основывается метод ПИК-фактора. Момент прохода функции ПИК-фактор через максимум соответствует остаточному ресурсу подшипника порядка 2-3 недель.

Таблица 2

Границы зон вибрационного состояния для машин группы 1

Класс опоры	Граница зон	СКЗ* перемещения, мкм	СКЗ виброскорости, мм/с
Границы зон вибрационного состояния для машин группы 1			
Жесткие	A/B	29	2,3
	B/C	45	4,5
	C/D	71	7,1
Податливые	A/B	45	3,5
	B/C	90	4,5
	C/D	140	7,1
Границы зон вибрационного состояния для машин группы 2			
Жесткие	A/B	22	1,4
	B/C	45	2,8
	C/D	71	4,5
Податливые	A/B	37	2,3
	B/C	71	4,5
	C/D	113	7,1
Границы зон вибрационного состояния для машин группы 3			
Жесткие	A/B	18	2,3
	B/C	36	4,5
	C/D	56	7,1
Податливые	A/B	28	3,5
	B/C	56	7,1
	C/D	90	11,0
Границы зон вибрационного состояния для машин группы 4			
Жесткие	A/B	11	1,4
	B/C	22	2,8
	C/D	36	4,5
Податливые	A/B	18	2,3
	B/C	36	4,5
	C/D	56	7,1

* СКЗ – среднеквадратичное значение

Таблица 3

Группы степеней риска отказа

Риск отказа	Зона технического состояния	Дополнительное обследование
Низкий	Зона А (хорошо)	Нецелесообразно, так как дефекты носят не проявленный характер
Умеренный	Зона В (удовлетворительно)	Целесообразно для принятия превентивных мер
Повышенный	Зона С (плохо)	Целесообразно, с целью снижения скорости развития дефектов
Высокий	Зона D (аварийно)	Целесообразно, потому что необходима остановка с дальнейшей разборкой машины

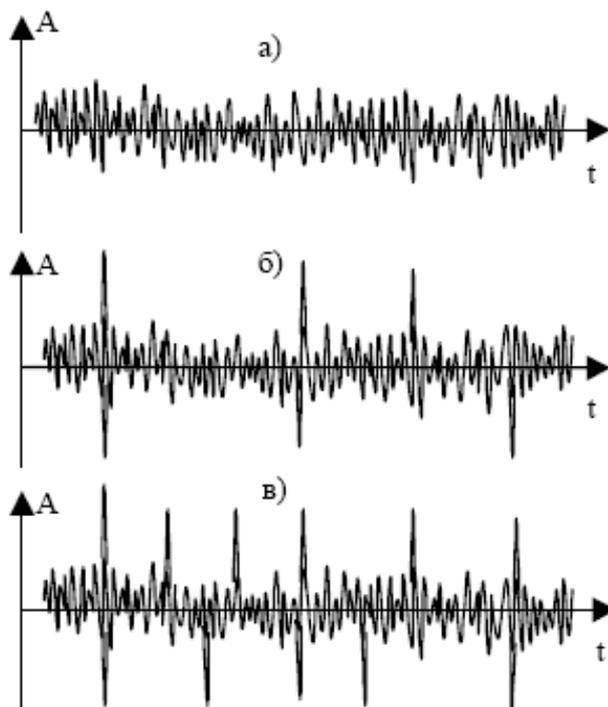


Рис. 1. Вид сигнала вибрации подшипникового узла

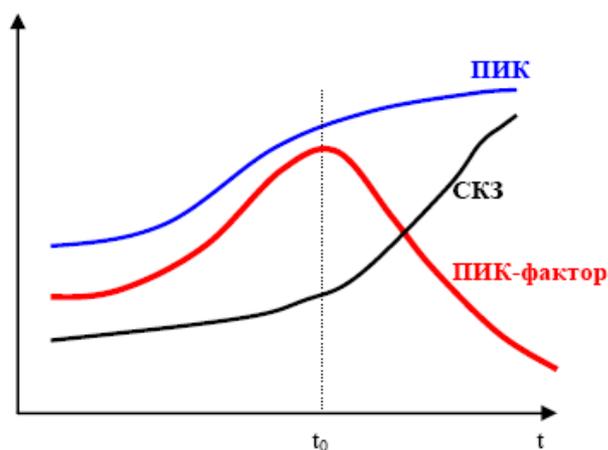


Рис. 2. Графическое представление метода ПИК-фактора

В результате проведенного анализа было определено, что существуют определенные стратегии вибрационного мониторинга и диагностики, реализация которых осуществляется с помощью средств, методов и процедур. В качестве чувствительного элемента в датчиках применяются пьезоэлементы.

В дальнейшем планируется проведение исследований по изучению использования датчиков параметров вибрации, созданных на основе микромеханических сенсоров и оценки возможности применения существующих методов обработки сигналов с этих сенсоров.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО УРОВНЯ ПОЛНОТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

МАЛЫГИН П. А., БАБЕНКО А. Г.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Опасные условия труда, связанные с возможностью внезапных выбросов метана и последующим его воспламенением, предопределили применение систем автоматической газовой защиты (АГЗ), обеспечивающих безопасность при добыче угля. Для эффективного обеспечения безопасности людей и технологического оборудования под землей необходимо гарантировать работоспособное состояние средств АГЗ и поддерживать его в течение всего жизненного цикла.

Основные требования к системам аэрогазового контроля (АГК) и АГЗ сформулированы в РД 15-06-2006 [9]. Одним из принципов построения систем АГК и АГЗ является надежность, однако конкретные требования к показателям надежности не сформулированы, подразумевается, что надежность обеспечивается в соответствии с требованиями Государственной системы промышленных приборов [1]. С 2008 года в Российской Федерации введены в действие стандарты ГОСТ Р МЭК 61508 [2-8]. Таким образом, задача анализа систем АГЗ и формулирования требований к ней в терминах стандартов по функциональной безопасности является новой и актуальной.

Для формирования требований к безопасности системы АГЗ проведем оценку риска, возникающего при отсутствии этой системы. Для определения класса риска [6] составим таблицу, связывающую частоты опасных событий с их последствиями (табл. 1).

Таблица 1

Классификации рисков в горнопромышленной отрасли

Количество событий	Последствия			
	катастрофические	критические	граничные	незначительные
более 1 раз в год	I	I	I	II
более 1 раз в 5 лет	I	I	II	III
более 1 раз в 10 лет	I	II	III	III
более 1 раз в 20 лет	II	III	IV	IV
более 1 раз в 50 лет	III	III	IV	IV
Более 1 раз в 100 лет	IV	IV	IV	IV

Примечания: 1) катастрофические последствия означают смерть более 5 чел., критические – смерть 1-5 чел., граничные – небольшие травмы более чем у 5-ти чел. или серьезные травмы 1-5 чел., незначительные – травмы, не требующие квалифицированной медицинской помощи у 1-5 чел.; 2) класс I относится к категории недопустимого риска, II и III – промежуточного риска, IV – незначительного риска.

Блокировка напряжения при превышении допустимой концентрации метана происходит на угольных шахтах практически ежедневно, следовательно, в отсутствие системы АГЗ частота взрывов составляла бы более 1 раза в год. Анализ статистики взрывов метана на российских шахтах [10] показал, что в худшем случае взрыв метана уносит жизни более 5 чел. В сочетании с частотой взрывов, данные условия соответствуют классу риска I. В соответствии с концепцией *ALARP* [6], данный риск может быть оправдан только при исключительных обстоятельствах, которыми является потребность целого ряда отраслей промышленности в угле как основном ресурсе. Для снижения риска взрыва метана в основном используются системы АГЗ.

Определим требуемый уровень полноты безопасности, которому должны соответствовать системы АГЗ. Для этого воспользуемся методом графов риска [6], пояснения к которому приведены в табл. 2 и на рис. 2.

Исходные данные для использования графов риска

Параметр риска	Классификация	
Последствия взрыва метана	CA	Небольшая травма одного-пяти человек (небольшая травма не требует квалифицированной медицинской помощи)
	CB	Небольшая травма более чем у пяти человек, серьезная травма одного-пяти человек (серьезная травма требует госпитализации)
	CC	Серьезная травма более чем у пяти человек, смерть одного-пяти человек
	CD	Смерть более пяти человек
Частота и продолжительность пребывания во взрывоопасной зоне	FA	Пребывание во взрывоопасной зоне от 1 до 5 минут в сутки
	FB	Пребывание в опасной зоне более 5 минут в сутки
Возможность избежать действия взрыва	PA	Возможно (если предусмотрено автоматическое оповещение персонала об отказе средств АГЗ и при отказе средств АГЗ отключается электроснабжение во взрывоопасной зоне)
	PB	Невозможно
Частота возникновения опасности взрыва	W1	Менее 0,1 раза в год
	W2	От 0,1 до 1 раза в год
	W3	Более одного раза в год

В соответствии с графами риска (рис. 2), вышеприведенные условия (X5) подразумевают применение требований уровня полноты безопасности SIL 4.

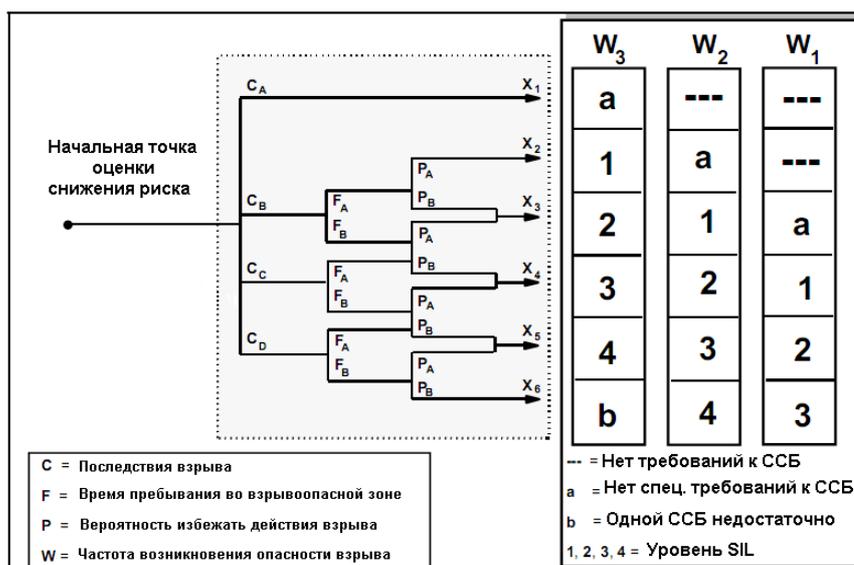


Рис. 2. ССБ-система, связанная с безопасностью. Графы риска

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы.

1. РД 15-06-2006 [9] являются неполными с точки зрения современных представлений о функциональной безопасности, поэтому в его тексте необходимо дать ссылки на ГОСТ Р МЭК 61508 и привести требования к уровням полноты безопасности для каждой соответствующей составляющей системы АГК.
2. Учитывая частоту и катастрофические последствия взрыва метана в шахте, надежность системы АГЗ должна определяться требованиями наивысшего уровня полноты безопасности по ГОСТ Р МЭК 61508 – SIL 4.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 24032-80 «Приборы шахтные газоаналитические. Общие технические требования. Методы испытаний».
2. ГОСТ Р МЭК 61508-1-2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 1. Общие требования».
3. ГОСТ Р МЭК 61508-2-2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 2. Требования к системам».
4. ГОСТ Р МЭК 61508-3-2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 3. Требования к программному обеспечению».
5. ГОСТ Р МЭК 61508-4-2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 4. Термины и определения».
6. ГОСТ Р МЭК 61508-5-2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 5. Рекомендации по применению методов определения уровней полноты безопасности».
7. ГОСТ Р МЭК 61508-6-2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 6. Руководство по применению ГОСТ Р МЭК 61508-2-2007 и ГОСТ Р МЭК 61508-3-2007».
8. ГОСТ Р МЭК 61508-7-2007 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 7. Методы и средства».
9. Методические рекомендации о порядке проведения аэрогазового контроля в угольных шахтах. РД-15-06-2006.
10. <http://www.rian.ru/spravka/20070320/62283456.html>.

УДК 519.8:622.68

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КАРЬЕРА

РЫЖКОВ Д. С.

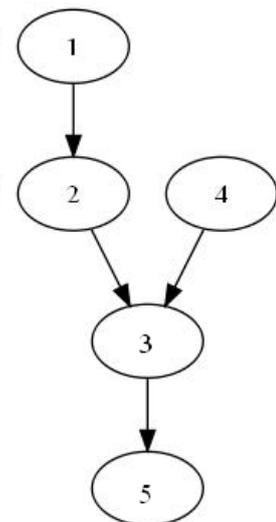
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Развитие автоматизированных методов планирования открытых горных работ и диспетчерского управления карьерным автотранспортом связано с необходимостью создания математических моделей, с использованием которых будут решаться задачи оперативного управления.

Транспортировка горной массы на карьере происходит по определенным маршрутам. Путь состоит из участков дорог и узлов (см. рисунок). Узлом считается точка, в которой участок дороги меняет свои характеристики. Это может быть изменение наклона трассы, съезд на другой горизонт и пр. Данные пути образуют транспортную сеть карьера.

Зная производительность экскаватора, объем погрузочных работ, объем транспортного средства, можно представить транспортировку породы в виде заявок к транспортной сети. Если предположить, что время погрузки и транспортировки остаются постоянными, то поток заявок к транспортной сети будет постоянным.

Пропускная способность транспортной сети определяется участками с самыми жесткими ограничениями. Проведя отсечения вариантов, не соответствующих ограничениям данного участка, можно сократить объем рассматриваемых вариантов при дальнейших расчетах. Зная максимально допустимые характеристики транспортных средств, пригодных для работы на данном пути, можно подобрать такое сочетание погрузочного и транспортного средств, что потери за счет простоя будут минимальны. В данном виде расчета распределения транспортных средств возможно



Пример участка пути

учитывать ограничения, накладываемые как транспортной сетью, так и пунктами погрузки и отгрузки.

На (рис. 1) показан пример пути, вершинами показаны узловые точки. В данном случае транспортные потоки из вершин 1 и 4 приходят в вершину 5. При этом на основе данных о характеристиках участков дороги можно выбрать транспортные средства, использование которых обеспечит стабильную работу всей системы.

Данный подход позволяет решать задачи планирования на различных уровнях управления. На уровне стратегического планирования решаются задачи об управлении транспортными путями после ввода в эксплуатацию новых забоев, временных складов, изменения требований к поставляемому сырью.

Расчет оптимальных путей заключается в решении транспортной задачи. Пусть имеется несколько выработок, в которых горные породы различаются по содержанию полезного компонента, крупности, и несколько заказов на поставку руды с определенными характеристиками. В результате решения будет составлен план перевозок, минимизирующий затраты на транспортировку. В дальнейшем на основе полученной информации составляется расписание, которое можно проверить с помощью различных моделей.

Статистические модели позволяют узнать среднюю продолжительность рейса, расход топлива, оптимальное количество транспортных средств. Но при этом они не могут дать ответ на вопрос: «Что произойдет, если ...?».

Имитационные модели позволяют провести ряд проверок и увидеть, какое состояние примет система через определенный промежуток времени при заданных начальных условиях.

На уровне оперативного управления данный подход позволяет получить расчетные значения коэффициентов использования оборудования, данные об участках дорог, где возможны возникновения заторов. Также возможен расчет времени восстановления нормальной работы транспортной системы после устранения поломки на узле.

Узлы транспортной сети представляют собой объекты с заданным множеством атрибутов и состояний. Изменения в состоянии объекта происходят в дискретные моменты времени.

В качестве примера рассмотрим задачу моделирования работы перегрузочного пункта в составе модели транспортной сети.

Перегрузочный пункт является критически важным ресурсом в процессе транспортировки горной массы. Когда работа пункта останавливается, то в транспортной сети останавливается работа всех последующих узлов, связанных с данным пунктом.

Перегрузочный пункт представляет собой систему массового обслуживания с бесконечной очередью заданными временными характеристиками обработки заявок (разгрузка транспортного средства) и равномерным потоком заявок на обслуживание. Зная интенсивность поступления новых заявок и время их обработки, можно рассчитать длину очереди, восприимчивость к изменению в интенсивности потока заявок, коэффициент простоя и другие характеристики.

Данная модель может применяться для решения широкого класса задач управления транспортными потоками на горнодобывающем предприятии.

УДК 004.6

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К РАБОТЕ С БОЛЬШИМИ ОБЪЕМАМИ ПЛОХО СТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ

АЖИПА И. А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Что же такое плохо структурированные данные? Плохо структурированные данные – данные, не имеющие четкой структуры, о которой можно делать какие-либо предположения. Для таких данных характерно динамическое изменение структуры, типа и состава. Напротив, для структурированных данных схема известна априори.

Почему возникает необходимость работы с плохо структурированными данными? Прежде всего, это связано с тем, что любая компания при своей работе сталкивается с потоками таких

данных. Будь то технологические или бизнес процессы, в их рамках порождается огромное количество потоков данных от оперативного интегрированного анализа и интерпретации которых во многом зависит адекватность принятия решений. Выявление полезной информации в таких объемах данных представляется нетривиальной задачей и не может эффективно решаться человеком самостоятельно, в силу объективных ограничений. В связи с этим приходится прибегать к применению специализированных инструментов анализа и структурирования данных.

Возникший в сфере бизнеса термин *Business Intelligence (BI)* является общим именованием тех методов анализа корпоративных данных, которые позволяют нужной информации попасть к заинтересованному в ней человеку в нужное время. Такая глобальная цель достигается, в частности, с помощью следующих инструментов: средств создания отчетов, инструментов интеграции и очистки данных (*ETL*), аналитических хранилищ данных (*Data Warehouse*) и средств интеллектуального анализа данных (*Data Mining*).

Для применения методов *BI* в рамках конкретных процессов необходимо определиться с тем, что будет выступать в роли источника данных. На сегодняшний день практически на всех предприятиях данные хранятся в реляционных базах данных (РБД). Этот подход прекрасно работает в рамках небольших объемов данных (десятки тысяч записей) или отсутствующих требований в оперативности их обработки. Если же объемы данных велики и оперативность является одним из ключевых факторов, то в качестве источника данных необходимо использовать специализированные аналитические хранилища (*Data Warehouse*).

Для представления данных в хранилищах используется специально спроектированная для оптимизации скорости запросов технология *OLAP (On-Line Analytical Processing)*. Оценочное время обработки запросов *OLAP* в десять раз ниже, чем таковое для реляционных запросов. Для достижения такой скорости данные в *OLAP* представляются в виде специального многомерного массива данных – *OLAP-куб*.

Каждая ячейка куба хранит значения, именуемые фактами (*fact*). Оси куба являются измерениями (*dimension*) – множество объектов одного или нескольких типов, организованных в виде иерархической структуры и обеспечивающих информационный контекст факта. Каждое значение измерения именуется меткой или членом (*member*) [1].

Высокая скорость работы *OLAP-кубов* достигается за счет реструктуризации данных в вид, ориентированный на ключевые показатели (факты), существующие в рамках контекстной информации (измерения), определяющей их структуру. Выбор показателей и их контекстных привязок осуществляется человеком – это является ключевым моментом всей технологии. От того, насколько точно будут произведены операции на этой стадии, зависит успешность последующего анализа.

Таким образом, *OLAP* добавляет к структурной информации БД информацию приоритетных данных. И уже на основе того, что мы имеем на данном шаге, можно строить «быстрые» отчеты, позволяющие специалистами оперативно получать информацию.

Следующим шагом анализа является применение методов *Data Mining* (интеллектуальный анализ данных), позволяющих определить скрытые зависимости, внутреннюю структуру данных.

Применение всех методов *Data Mining* предполагает следующие стадии [2]:

1. Выявление закономерностей (свободный поиск);
2. Использование выявленных закономерностей для предсказания неизвестных значений (прогностическое моделирование);
3. Анализ исключений – выявление аномалий, найденных в закономерностях.

На стадии свободного поиска осуществляется поиск по шаблону. Для осуществления такого поиска аналитиком ему пришлось бы создавать множество нетривиальных запросов, на обдумывание которых ушло бы много времени. *Data Mining* позволяет автоматизировать этот процесс и обрабатывать гораздо большие объемы данных при меньших затратах времени.

В рамках свободного поиска применяются следующие методы:

1. Выявление закономерностей условной логики (*conditional logic*);
2. Выявление закономерностей ассоциативной логики (*associations and affinities*);
3. Выявление трендов и колебаний (*trends and variations*).

Стадия прогностического моделирования является ключевой стадией процесса *Data Mining*. В ее рамках осуществляется выявление закономерностей, использующихся непосредственно для прогнозирования.

Прогностическое моделирование включает в себя:

1. Предсказание неизвестных значений (*outcome prediction*);
2. Прогнозирование развития процессов (*forecasting*).

Анализ исключений осуществляется на основе информации о норме данных, выявленной в рамках стадии прогностического моделирования.

К наиболее популярным методам *Data Mining* можно отнести следующие [3]:

1). Метод ассоциативных правил, который проектировался как метод анализа покупательской корзины. В рамках метода вводится понятие «набор элементов» (*itemset*) как комбинация элементов в единичной транзакции. Алгоритм сканирует данные и проверяет, сколько раз каждый «набор элементов» встречается в транзакциях.

2). Кластерный анализ. Производится разбиение данных на основе схожести характеристик в кластеры. Используя кластеры, можно судить о взаимосвязях в данных. Часто метод применяется для обнаружения аномальных данных как данных, не относящихся ни к одному кластеру.

3). Деревья решений. Используется для прогнозирования на основе дискретных и непрерывных переменных. Результаты применения данного метода очень легко интерпретировать:

- при применении непрерывных данных будет получено дерево регрессии – дерево, для каждого узла которого определен вид формулы множественной линейной регрессии;
- дискретные данные используются для выделения узлов дерева.

4). Линейная регрессия. Используется для прогнозирования только непрерывных данных, используя множественную линейную регрессию. Является упрощенным вариантом дерева решений.

5). Логистическая регрессия. Метод похож на линейную регрессию с тем исключением, что в основе лежат нейронные сети.

6). Наивный Бейес. Алгоритм рассчитывает для каждого состояния целевого атрибута вероятности каждого из возможных состояний исходного атрибута. Применяется для прогнозирования изменения целевого атрибута на основе известных исходных атрибутов.

7). Нейронные сети. Используется при предсказании значений с нелинейными функциональными зависимостями.

8). Поточная кластеризация. Метод основывается на предположениях отличных от схожести характеристик, вместо этого анализируются потоки событий в Марковских цепях.

9). Временные серии. Метод используется для предсказания значений непрерывных переменных, для чего могут использоваться два алгоритма:

- при краткосрочном предсказании используется алгоритм авто-регрессионных деревьев (*ART*);
- при долгосрочном предсказании используется алгоритм авто-регрессионного интегрированного скользящего среднего (*ARIMA*).

Все методы *Data Mining* можно классифицировать на использующие статистические методы и методы искусственного интеллекта (*AI*). Таким образом, эти методы производят «обогащение» исходных данных эвристиками, т. е. применение таких методов «обогащения» данных ограничено системами поддержки решений как в рамках бизнес-, так и технологических процессов, а в этой нише методы *BI* позволяют во многих случаях получать удовлетворительные результаты в рамках жестких временных ограничений.

Средства *BI* развиваются крупнейшими компаниями сферы информационных технологий, например, существуют такие решения [4]:

- *Microsoft SQL Server + SQL Server Integration Services + SQL Service Analysis Services + SQL Server Reporting Services + Business Intelligence Development Studio*;
- *IBM DB2 + DB2 Cube Views + Cognos 8 BI + Cognos Reporting + Cognos Analysis*;
- *Oracle BI Enterprise Edition+*;
- *SAP Business Objects + BW* и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архипенков С. Я., Голубев Д. В., Максименко О. Б. Хранилища данных. От концепции до внедрения. – М.: Диалог-МИФИ, 2002. – 528 с.
2. Чубукова И. А. *Data Mining*. – М.: БИНОМ, 2008. – 384 с.

3. Veerman E., Lachev T., Sarka D. *Microsoft SQL Server 2008-Business Intelligence Development and Maintenance*. Redmond, Washington, USA: Microsoft Press, 2009. 652 с.
4. *Business Application Research Center(BARC)*. – 2010 [Электронный ресурс].
5. URL: <http://www.bi-verdict.com>.

УДК 621.38

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

ЧУВАШКИН А. П., ЛЕОНОВ Р. Е.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

В современной России происходит формирование, развитие и усовершенствование новых систем образования. В каждом ВУЗе сложились и закрепились конкретные способы подготовки качественных специалистов, но считать методы образования, отвечающие современным требованиям, в полной мере нельзя.

Основные причины этого в том, что практические занятия в вузах проводятся часто на устаревших стендах и оборудовании. Кроме того, информационные технологии быстро развиваются. В идеале это требует постоянной замены лабораторного оборудования. Этого, к сожалению, не происходит. В то же время наблюдается несколько тенденций: переход все большего числа студентов на заочное, а также дистанционное обучение. Это, соответственно, не дает студентам на практике в полной мере ощутить себя в роли настоящего инженера.

Сейчас практически у каждого студента есть персональный компьютер. К тому же в вузах созданы информационные центры. В связи с этим существует уникальная возможность перейти на виртуальные лабораторные работы, практические занятия и компьютерные курсы. Безусловно, эти курсы не должны полностью заменить лабораторные работы на реальных стендах, а должны сочетаться с ними.

На рынке появляется ряд хорошо разработанных электронных методических пособий. Нам представляется, что они могут быть частично и продуктивно использованы, конечно, с учетом специфики горного университета.

Хотелось бы остановиться на некоторых конкретных пособиях с учетом специфики специалистов по автоматике. В первую очередь следует отметить «Практикум по основам измерительных технологий» [1]. Практикум создан на основе компьютерных моделей, благодаря чему лабораторные работы могут выполняться как в учебной лаборатории в рамках традиционно организованного учебного процесса, так и на собственном компьютере во время самостоятельной работы в библиотеке или дома, в частности, при дистанционном образовании. Основой практикума является комплекс прикладных программ, созданный в инструментальной среде разработки приложений *LabVIEW*.

В специфике нашего вуза данный курс может быть полезен преподавателям и студентам дисциплин:

- Метрология, стандартизация и сертификация, 2 курс.
- Технические измерения и приборы, 3 курс.
- Теоретические основы автоматизированного управления, 4 курс.
- Автоматические измерения и технологический контроль, 5 курс.

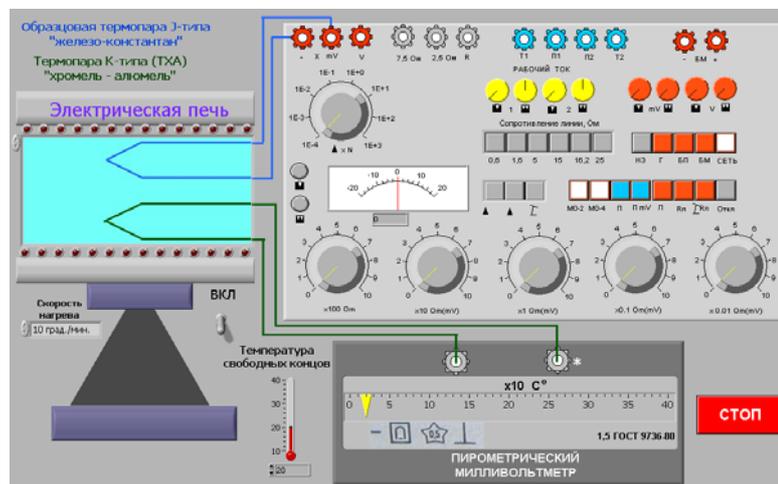
В практикуме представлено 4 раздела:

- Обработка и представление результатов измерений, 6 работ.
- Проверка средств измерений, 2 работы.
- Измерение электрических величин, 8 работ.
- Измерение неэлектрических величин, 5 работ.

Всего 21 уникальная, показательная работа по 4 разным направлениям.

В качестве примера мы выбрали работу «Термоэлектрические измерительные преобразователи. Измерение температуры», на которой хотели бы показать возможности использования данного пособия и программы, входящей в комплект продукта.

Лабораторный стенд представляет собой *LabVIEW* компьютерную модель, располагающуюся на рабочем столе персонального компьютера. На стенде (см. рисунок) находятся модели потенциометра постоянного тока, пирометрического милливольтметра (пирометра), термометра, а также модель электрической печи с помещенными в нее двумя термопарами – образцовой (железо-константановой) и поверяемой (хромель-алюмелевой), входящий в состав проверяемого прибора.



Модель лабораторного стенда

Модели средств измерений при выполнении работы используются для решения следующих задач. При помощи модели электрической печи производится имитация регулируемого изменения температуры, во время которого осуществляется проверка комплекта пирометра и термопары. Модель потенциометра в комплекте с образцовой термопарой (железо-константановой) обеспечивает измерение термоЭДС с образцовой точностью. Модель пирометрического милливольтметра (пирометра) служит поверяемым средством измерений в составе комплекта. Модель термометра служит для определения температуры свободных концов образцовой термопары с целью внесения необходимой поправки. Поверяемая термопара с соблюдением полярности подключена к пирометрическому милливольтметру. Образцовая термопара подключена к потенциометру с соблюдением полярности.

В методическом обеспечении описан порядок работы на стенде, включающий следующие этапы. Включение электрической цепи. Наблюдение за изменением показаний пирометра. Как только произойдет повышение температуры и стрелка установится на следующем делении, измерение с помощью потенциометра термоЭДС. Повторение этих действий до достижения делением пирометра температуры, соответствующей 400 °С включительно.

Все показания следует вносить в лабораторный журнал, созданный в среде *MS Excel*, служащий для формирования отчета по результатам выполнения работы. Форма журнала приведена в методическом обеспечении. Наконец, следует сделать выводы по проделанной работе, удовлетворяет ли поверяемый вторичный прибор своему классу точности.

Аналогичный комплекс работ имеется по дисциплине «Электротехника и электроника» [2]. Комплекс включает в себя 37 работ. По каждой из них имеется необходимый теоретический материал, описание виртуального лабораторного стенда, порядок проведения, форму отчета и контрольные вопросы.

Несмотря на осведомленность о таких работах, преподаватели и студенты достаточно мало информированы об эффективности и удобстве предлагаемого метода проведения лабораторных работ, поэтому мы считаем, что исследование и применение данных практикумов имеет дальнейшие перспективы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батоврин В. К., Бессонов А. С., Мошкин В. В. *LabVIEW*: практикум по основам измерительных технологий / под ред. В. К. Батоврина. 2-е изд, переработ. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 232 с.
2. Марченко А. Л., Освальд С. В. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде *Multisim*: учебное пособие для вузов. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 448 с.: ил.

УДК 65.011.56

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ (ЦЕНТРОВ)

АНИСИМОВ М. П.
ООО Концерн «Недра»

ХАДЖИУ А. М.
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

На сегодняшний день вопрос автоматизации деятельности организаций становится все актуальнее. Бумажные технологии уходят в прошлое, тогда как ведение электронного документооборота набирает свои обороты.

У электронного документооборота имеется ряд преимуществ по сравнению с ведением учета по бумажным технологиям. Рассмотрим основные преимущества. Во-первых, это систематизация хранения данных, т. е. приведение информации к определенному единому формату. Во-вторых, быстрый поиск необходимой информации. В-третьих, электронная система позволяет быстро строить различные отчеты по хранимой информации, производить статистическую обработку, представлять хранимые данные в удобном виде.

При построении такой системы необходимо учитывать ряд особенностей. Как правило, учет деятельности любой организации можно разделить на две условных части: бухгалтерскую и управленческую.

Автоматизация бухгалтерского учета позволяет с наименьшими затратами времени обработать первичную документацию, введя ее в программу и выполнить на основании первичных документов и после проведения ряда регламентных операций подготовку отчетов для налоговых органов и фондов. Программное обеспечение по автоматизации бухгалтерской деятельности должно отвечать требованиям налогового законодательства и соответствовать видам деятельности предприятия.

Рассмотрим автоматизацию управленческой деятельности предприятия. Часть ведения управленческого учета пересекается с бухгалтерским учетом, так как также связано с обработкой первичной документации. Поэтому необходимо учитывать возможность переноса первичной документации, необходимой для составления отчетности, из управленческой базы в бухгалтерскую базу. В противном случае необходимо осуществлять повторный ввод информации в бухгалтерскую базу. В этом случае процесс автоматизации деятельности не является полным.

Необходимо отметить, что ведение управленческого учета является первичным по отношению к ведению бухгалтерского учета, так как требует актуального ведения информации, тогда как ведение бухгалтерского учета не требует ежедневного ввода информации, а может быть построено по данным, перенесенным из управленческого учета в соответствии со сроками предоставления налоговой отчетности. При этом данные из управленческой базы в бухгалтерскую базу могут переноситься не более раза в месяц. Таким образом, управленческая база должна соответствовать требованиям ведения первичной документации плюс позволять осуществлять дополнительные возможности для управления деятельностью предприятия.

Задачи, которые может решать блок управленческого учета, могут быть самые разнообразные, например, ведение клиентской базы, историю общения с контрагентами, т. е. так называемый блок *CRM* – управление взаимоотношением с клиентами. Данный блок позволяет классифицировать покупателей по доле прибыли, приносимой организации, позволяет классифицировать покупателя по статусу: постоянный, разовый и т. д., позволяет оценить эффективность работы менеджеров и многое другое. Таким образом, можем сделать вывод, что блок управленческого учета может

автоматизировать различные участки работы организации по вводу, хранению, обработке информации, сводя к минимуму время, необходимое на обработку хранящейся информации.

Задачи, решаемые блоком управленческого учета, как мы выяснили, могут быть самыми разнообразными, и для каждой отдельной отрасли существуют отдельные особенности учета, которые необходимо учитывать в процессе автоматизации. Создавать единое универсальное программное обеспечение, которое позволяло бы полностью автоматизировать деятельность любой организации, не имеет смысла. В противном случае оно было бы очень громоздким, было бы очень сложным в обслуживании и доработке и имело ряд ненужных для конкретной отрасли функций. Таким образом, каждое решение по автоматизации управленческой деятельности организации должно содержать единый блок по первичной документации и особенности учета тех или иных процессов в отрасли.

Автоматизация деятельности лабораторий может быть рассмотрена как отраслевое решение, позволяющее учесть особенности учета в данной деятельности. Рассмотрим, какие задачи должно решать программное обеспечение по автоматизации учета в лабораториях, помимо ведения первичного учета.

Любая лаборатория должна получить аккредитацию на проведение тех или иных видов работ по исследованию. Подготовка к процессу аккредитации может занимать длительное время, если все документы, необходимые для предоставления, не систематизированы и не актуализированы (т. е. не соответствуют текущему состоянию), хранятся только на бумажных хранителях или в различных разрозненных электронных источниках информации (например, просто в отдельных файлах). Создание единой информационной базы для хранения информации, необходимой для подготовки аккредитации, позволит решить следующие задачи: значительно уменьшить сроки предоставления необходимой информации для получения аккредитации, вести оперативный учет по оборудованию, которым располагает лаборатория и многое другое.

Следующим большим блоком является процесс автоматизации лабораторного контроля. Данный блок учета должен решать вопросы получения проб, проведения лабораторного исследования и протоколирование полученных результатов в различных формах в зависимости от проводимого исследования.

В третий блок учета можно выделить работу с поставщиками и заказчиками. Данный блок учета должен позволять автоматизировать получение оборудования и материалов от поставщика и получение заявок от заказчиков на проведение лабораторных исследований и покупку оборудования, предоставление отчетности по проведенным исследованиям. Автоматизировать составление и хранение договоров с заказчиками.

Как видно из описанных блоков учета по автоматизации деятельности лабораторий, некоторые процессы в разных блоках перекликаются. Например, поступление оборудования может использоваться как в блоке аккредитации, где необходимо учитывать, каким оборудованием располагает лаборатория, чтобы соответствовать статусу для проведения тех или иных лабораторных исследований, а также, чтобы отразить движение по работе с поставщиками, рассмотренное в блоке по работе с поставщиками и заказчиками. Таким образом, можем сделать вывод, что программное обеспечение для автоматизации деятельности лабораторий может решать как отдельные задачи, так и автоматизацию лаборатории в целом. При этом, располагая единой информационной базой, автоматизирующей все блоки учета, позволяем сэкономить время, так как используются единые справочники в разных блоках, и нет необходимости дублировать информацию в различных базах.

Таким образом, внедрение программного обеспечения по автоматизации деятельности лабораторий позволит сократить время, необходимое на подготовку документов к аккредитации, сократить время по лабораторному контролю и составлению сопутствующей документации, ведению первичной документации. Наличие механизма обмена между управленческой и бухгалтерской базами позволит сократить время, необходимое на подготовку бухгалтерской и налоговой отчетности.

ОЦЕНКА РОБАСТНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

КАЗЫМОВ Р. Н., СИЛАЧЕВ В. В.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Работа посвящена исследованию автоматической системы регулирования (АСР) замкнутого контура процесса измельчения калийной руды. Процесс измельчения оказывает значительное влияние на качество дальнейшего обогащения. Ухудшение качества работы системы автоматического регулирования может привести к ухудшению качества готового продукта, что недопустимо. Вследствие этого исследование «грубости» АСР (робастности) является актуальной и важной задачей.

Объектами с такой системой автоматического регулирования сложно управлять, используя общепринятые способы регулирования, так как при изменении параметров АСР переходной процесс становится колебательным или вообще ведет к неустойчивости системы.

Положительная обратная связь увеличивает время переходного процесса, это усложняет регулирование системы, так как оно производится по отклонению от заданного параметра.

Важный параметр, характеризующий качество работы системы – это ее чувствительность. По определению, чувствительность S

$$\frac{\partial \ln(\Phi_{zc})}{\partial \ln(T)} = \frac{\partial \Phi_{zc}}{\partial T} \cdot \frac{T}{\Phi} \quad (1)$$

Для решения проблем, связанных с особенностями автоматических систем регулирования замкнутого контура, необходимо использовать робастные системы, для которых при изменении параметров объекта управления выходные величины не изменяются или изменяются незначительно.

Для исследования разработана схема модели автоматической системы регулирования замкнутого контура процесса измельчения калийной руды (рис. 1). Она отражает процессы и аппараты действующей обогатительной фабрики ОАО «Сильвинит». Технологическая схема включает в себя стержневую мельницу W_1 , зумпф W_2 , два дуговых сита W_3 , регулятор с исполнительным механизмом и регулирующим органом W_4 , датчик плотности W_5 .

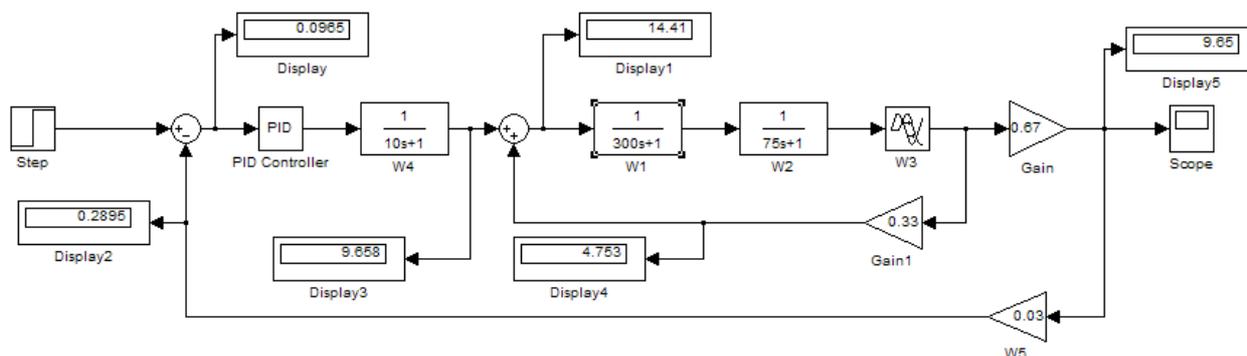


Рис. 1. Схема модели автоматической системы регулирования замкнутого контура процесса измельчения калийной руды

Анализ чувствительности выполнен по отношению к двум наиболее важным параметрам: постоянной времени мельницы T и типу руды, который влияет на коэффициент разделения продукта помола на дуговых ситах K .

Анализ включает в себя:

- определение передаточных функций агрегатов, входящих в систему;
- определение общей передаточной функции замкнутой системы;

– определение производной полученной передаточной функции системы по анализируемому параметру и ее зависимости от частоты.

В соответствии с порядком анализа чувствительности определяем передаточные функции агрегатов, входящих в систему.

Передаточная функция мельницы W_1 имеет вид

$$W_1 = \frac{1}{Tp+1}. \quad (2)$$

Передаточная функция зумпфа W_2 имеет вид

$$W_2 = \frac{1}{75p+1}. \quad (3)$$

Передаточная функция дугового сита W_3 имеет вид

$$W_3 = e^{-pt}. \quad (4)$$

Звено запаздывания, отображенное на схеме, включает в себя запаздывание в мельнице, трубопроводе и на дуговых ситах.

Далее определяется передаточная функция замкнутой системы.

$$W_{zc} = \frac{100(1-k)e^{-130p}}{750Tp^3 + (750+85T)p^2 + (85+T)p - (k10p+4k-3)e^{-130p}}. \quad (5)$$

Следующим шагом определяется чувствительность замкнутой АСР при различных T , а также чувствительность по k

$$S_T = \frac{(750p^3 + 85p^2 + p)T}{750Tp^3 + (750+85T)p^2 + (85+T)p - (k10p+4k-3)e^{-130p}}. \quad (6)$$

$$S_k = \frac{750Tp^3k + (750+85T)p^2k + (T+85)pk - (10pk+4k-3)ke^{-130} - (10p+4)ke^{-130p}}{750Tp^3 + (750+85T)p^2 + (T+85)p - (k10p+4k-3)e^{-130}}. \quad (7)$$

Графики чувствительности приведены на рис. 2, 3.

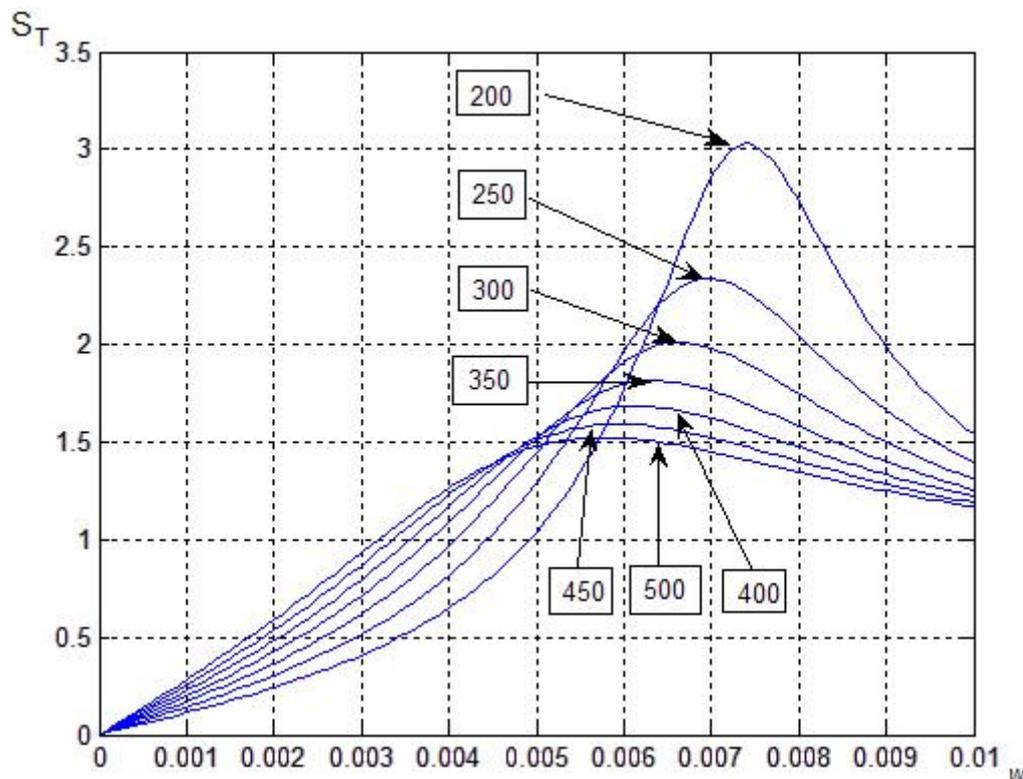


Рис. 2. График чувствительности замкнутой АСР при различных T

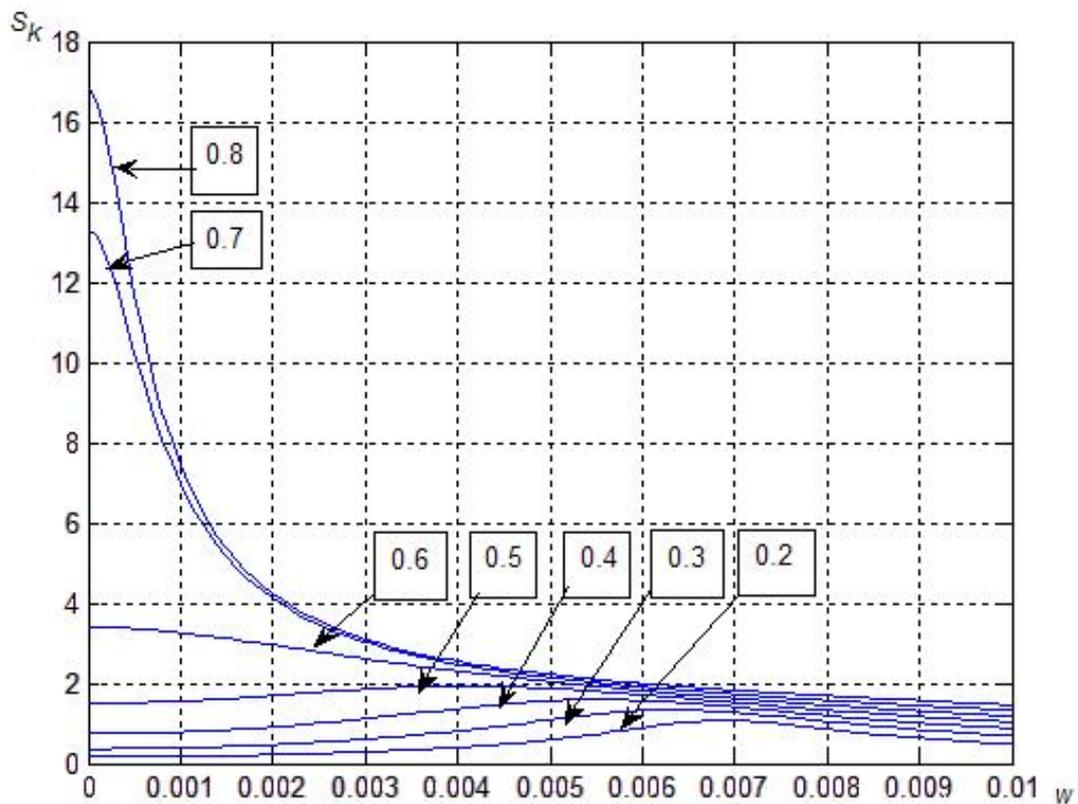


Рис. 3. График чувствительности замкнутой АСР при различных k

Из графиков видно, что при всех частотах чувствительность значительно больше нормальных значений. Это говорит о низком качестве регулирования АСР замкнутого цикла. Таким образом, анализ показал, что замкнутый цикл как объект управления является очень чувствительным к изменению параметров, которые зависят от постоянной времени мельницы и коэффициента разделения молотого продукта на дуговых ситах. По-видимому, из-за этого АСР с замкнутым циклом является мало пригодной для регулирования обычными методами. Для управления следует использовать АСР с моделью или комбинированные системы.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

КОРЮКОВ А. А., КАРЯКИН А. Л.

ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Современный одноковшовый экскаватор представляет собой совокупность сложных технических систем, которые требуют квалифицированного обслуживания и контроля. Кроме того службам эксплуатирующих организаций необходимо иметь полную и объективную информацию о показателях работы экскаваторов для последующего анализа эффективности их работы, контроля над выполнением технологического плана, оценки выработанного ресурса, принятия своевременных оперативных решений и др. Таким образом, возникает необходимость оборудования экскаватора системой сбора, обработки и хранения данных, которые могли бы быть использованы в информационной системе предприятия в целом.

В настоящее время на рынке представлен ряд систем, решающих задачу диспетчеризации горных работ комплексно для всего основного технологического оборудования карьера или разреза. Эти системы в качестве основного технологического оборудования для получения информации о показателях вскрыши и добычи могут использовать данные с экскаваторов либо транспортных средств. Примером систем, ключевым элементом для которых является экскаватор, являются *ProVision®* (корпорация *Modular Mining Systems*), *BenchManager* (производство *Wenco International Mining Systems Ltd.*) и их отечественные аналоги. Однако основными входными переменными для большинства таких систем являются пространственные координаты машины и ее рабочего оборудования, полученные с помощью систем «*NAVSTAR GPS*» (США) и «*ГЛОНАСС*» (Россия). Кроме них учитываются и некоторые технологические параметры работы машин. Таким образом, эти системы путем осуществления определенных действий с входными переменными позволяют получить достаточно полную информацию о технологических процессах горных работ, полезную для технологического персонала предприятия, однако потребность технических специалистов в информации остается неудовлетворенной.

Специалистами ООО «Уралмаш-Инжиниринг» при содействии кафедры электрификации горных предприятий Уральского государственного горного университета была разработана система сбора, обработки и представления информации потребителю об основных показателях технологического процесса экскавации, автоматизации контроля за работой оборудования, вычисления, хранения, визуализации и документирования учитываемых показателей работы экскаватора.

Основными функциями системы являются автоматический контроль за работой электрооборудования, защита рабочего оборудования, учет производительности экскаватора, учет потребленной и переданной в сеть активной и реактивной электроэнергии, видеонаблюдение за работой механического оборудования, представление информации машинисту на мониторе операторской станции и передача данных на пульт диспетчера.

Система при работе экскаватора контролирует следующие параметры: температуру нагрева подшипников моторных валов редукторов механизмов подъема и напора, подшипников электрических машин главных приводов, масла в системе смазки механизма поворота, воздуха в кабине машиниста и за бортом экскаватора, наличие протоков охлаждающего воздуха через двигатели главных приводов, давление сжатого воздуха в пневмосистеме, наличие протоков масла в системе смазки механизма поворота, уровень масла в редукторах механизмов подъема, напора и хода, угол стояния экскаватора в продольной и поперечной плоскостях, параметры работы системы управления главными приводами и системы автоматической смазки, время наработки электрического и механического оборудования, потребленную активную и реактивную электрическую энергию.

Для защиты рабочего оборудования карьерного экскаватора предусмотрены следующие функции системы: защита стрелы от ударов ковшом и рукоятью, от удара рукоятью выше напорного вала, от удара при забросе ковша, ограничение хода рукояти, ограничение подъема ковша, ограничение боковых нагрузок при черпании, защита от чрезмерных подъемов стрелы, ограничение длины разматывания подъемного каната. Расположение защитных зон системы показано на рис. 1.

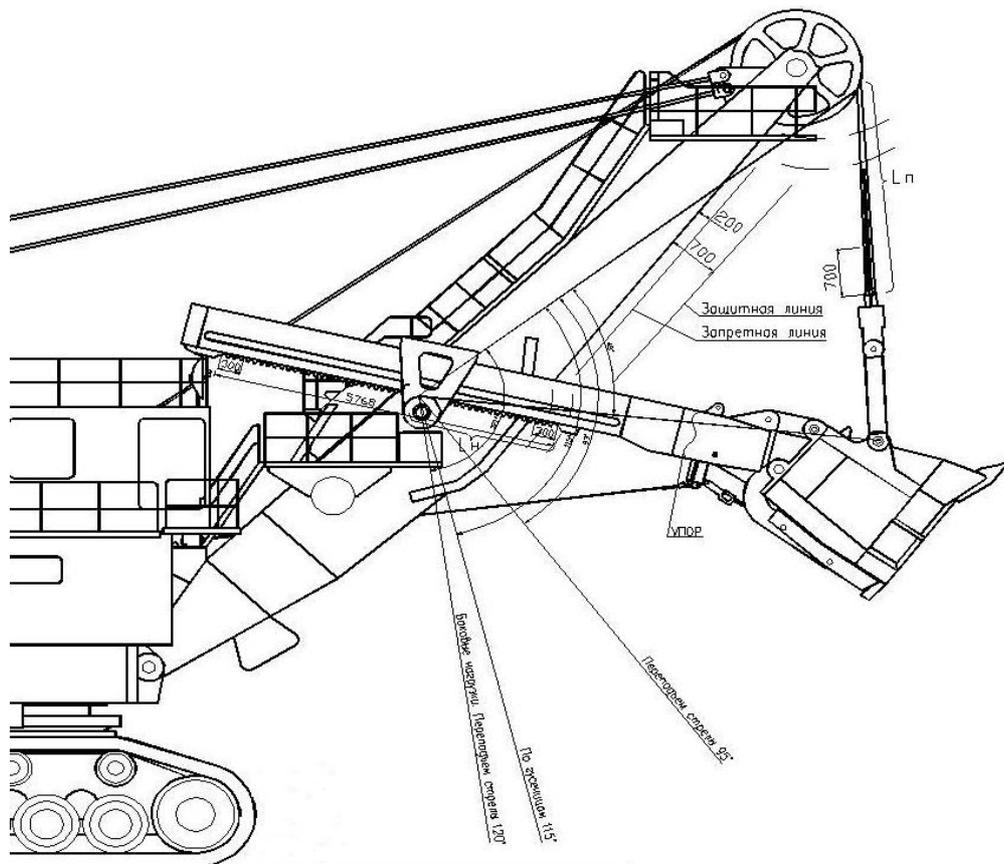


Рис. 1. Расположение защитных зон для карьерного экскаватора

Кроме того, система вычисляет показатели производительности экскаватора: вес горной массы в ковше, вес и объем погруженного грунта в транспортные средства, количество погруженных транспортных средств, время погрузки, вспомогательных работ, передвижения и простоя.

Одним из преимуществ системы является взвешивание горной массы непосредственно в ковше экскаватора. Это избавляет потребителя от необходимости оборудовать свои транспортные средства весоизмерительными датчиками, которые требуют своевременной поверки, а их применение на подвижном оборудовании имеет свои недостатки. Все данные архивируются в «бортовой журнал» и доступны для просмотра на мониторах в кабине машиниста и диспетчерском пункте.

Структурная схема информационной системы представлена на рис. 2. Основным ее узлом является контроллер *PLC1*. На него поступает информация с датчиков системы, низковольтного комплектного устройства управления электроприводами и системы автоматической смазки. Связь с датчиками, расположенными в ходовой тележке экскаватора, осуществляется посредством интерфейса *Bluetooth*, так как осуществить надежную связь с помощью проводных линий не представляется возможным. В контроллере реализованы основные алгоритмы обработки данных, и выработки воздействий, поступающих в систему управления для реализации защит и в бортовой компьютер для визуализации информации на мониторе. Связь информационной системы отдельного экскаватора с диспетчерским пунктом осуществляется по беспроводной связи посредством *Wi-Fi* или *GSM*.

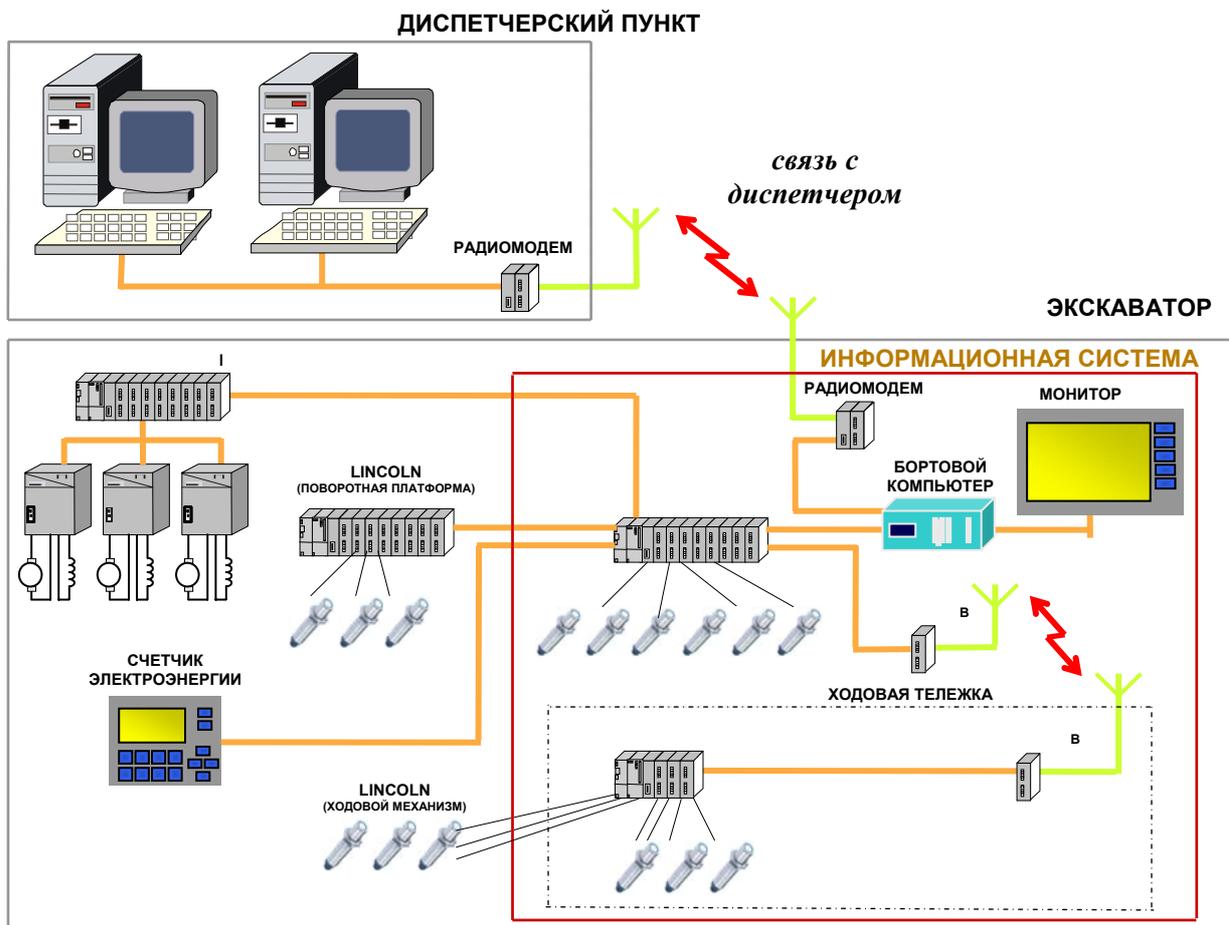


Рис. 2. Структурная схема информационной системы

Данная система с октября 2009 года успешно эксплуатируется на экскаваторе ЭКГ-12А в ОАО «Карельский окатыш», г. Костомукша. Система может быть установлена как на карьерные, так и на шагающие экскаваторы