

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу  
**Макаровой Валерии Викторовны**  
**«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ХОДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА  
В УСЛОВИЯХ ПАО «УРАЛАСБЕСТ»»**  
представленную  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины»

На отзыв представлены: диссертация, состоящая из введения, четырех глав, заключения и десяти приложений, общим объемом 197 страниц, содержит 19 таблиц, 65 рисунков, список литературы включает 142 наименования; автореферат диссертации на 23 страницах.

### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

Объемы выемочно-погрузочных работ карьерными экскаваторами типа механическая лопата составляют значительную долю от всех выполняемых работ на карьере. Ритмичность работы экскаваторно-автомобильных комплексов существенно зависит от работоспособного состояния основных узлов горных и транспортных машин. Одним из ответственных компонентов карьерного экскаватора является его ходовое оборудование.

Ходовое оборудование карьерного экскаватора обеспечивает передвижение машины по забою и воспринимает значительные нагрузки в процессе эксплуатации. В современных условиях повышение надежности и эффективности функционирования ходового оборудования карьерных экскаваторов является важной народно-хозяйственной задачей. Оценка технического состояния элементов ходового оборудования при помощи методов технической диагностики и проведение процедур технического сервиса на его основе позволяют сократить время простоя экскаватора и затраты на проведение экскавационных работ.

Исходя из изложенного, следует, что тема диссертационной работы Макаровой В.В. «Повышение эффективности функционирования ходового оборудования карьерного экскаватора в условиях ПАО «УРАЛАСБЕСТ», действительно является актуальной.

## **2. Степень обоснованности и достоверности защищаемых положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Прежде всего, необходимо отметить, что диссертант в работе опирается на совокупность нормативных документов по анализу вибрации, на результаты исследований известных ученых в областях вибродиагностики, твердометрии и тензометрии. С учетом этого оценим степень обоснованности и достоверности защищаемых положений, выводов и рекомендаций.

**Первое научное положение**, выносимое на защиту, подтверждается в работе обоснованием существенного влияния эксплуатационных, конструктивных, технических и эргономических факторов. Первое научное положение построено на корректном применении теории планирования многофакторного эксперимента, на основании которой решена задача определения числа натуральных испытаний, необходимых и достаточных для оценки напряженно-деформированного состояния элементов карьерных экскаваторов. Поэтому первое положение следует признать обоснованным и достоверным.

**Второе научное положение** обосновывается в работе установлением зависимости производительности карьерного экскаватора с учетом простоев, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом ходового оборудования от коэффициента технической готовности учитывающего время простоев из-за дефектов ходового оборудования. Таким образом, второе научное положение следует признать обоснованным и достоверным.

**Третье научное положение** базируется на анализе нагрузок, действующих на ведущее колесо гусеничного хода карьерного экскаватора ЭКГ-10, с учетом влияния материала на напряженно-деформируемое



состояние ведущего колеса. На основании проведенного анализа применения различных марок сталей, было выявлено, что наименьшее максимальное напряжение получено при использовании стали 30ХГСФЛ. Третье научное положение в результате следует признать достоверным и научно обоснованным.

Материалы диссертации изложены технически грамотно, логически последовательно, с достаточным количеством таблиц и графического материала, обладают научной новизной. По всем главам имеются обоснованные выводы.

Обоснованность научных положений, результатов и выводов по диссертационной работе подтверждается значительным объемом статистических данных об отказах и разрушениях металлоконструкций ходового оборудования карьерного экскаватора в условиях эксплуатации на ПАО «Ураласбест», применением стандартизованных методов неразрушающего контроля с использованием современной виброизмерительной, тензометрической и регистрирующей аппаратуры, получением статистически значимых экспериментальных результатов, удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, расхождение между которыми не превышает 10 %.

### **3. Анализ структуры диссертационной работы**

**Введение** посвящено общей характеристике работы, обоснованию актуальности темы, постановке цели и задач исследований.

**В первой главе** рассмотрены особенности конструкции гусеничных карьерных экскаваторов, определены основные показатели технического состояния ходового оборудования, проведен анализ исследований российских и зарубежных авторов по техническому состоянию карьерных экскаваторов, рассмотрены методы регистрации и контроля деформаций и нагрузок, действующих на конструкцию ходового оборудования.

Показано, что тензометрический метод, метод магнитной памяти металла, вибродиагностический метод, тепловизионный и ультразвуковой методы подходят для адекватной оценки технического состояния карьерных экскаваторов. А применение этих методов позволяет скорректировать этапы технического обслуживания и ремонта, что в конечном итоге повысит надежность и эффективность работы экскаватора, а именно снизит затраты на ремонт и уменьшит время простоев карьерных экскаваторов.

**Во второй главе** приведены результаты планирования многофакторного эксперимента по установлению закономерностей влияния факторов на напряжение в металлоконструкциях ходового оборудования карьерного экскаватора. Рассмотрены эксплуатационные, конструктивные, технические и эргономические факторы. Выявлено, что существенное влияние оказывают физико-механические свойства разрабатываемых горных пород, скорость движения экскаватора, уклон рабочей площадки и коэффициент управления.

Представлена матрица данных влияния факторов на отклик для регрессионного анализа, в которой отражены значения указанных факторов:  $N_1$  - фракция куски породы на рабочей площадке экскаваторного забоя (от 5 до 150 мм) по толщине;  $N_2$  – коэффициент крепости породы на рабочей площадке экскаваторного забоя (для хризотил-асбеста от 8 до 16);  $N_3$  – скорость движения экскаватора (от 0,1 до 0,19 м/с);  $N_4$  – уклон рабочей площадки карьерного экскаватора (от 1 до 12°);  $N_5$  – коэффициент управления – коэффициент учитывающий опыт и практические навыки машиниста экскаватора (от 0,61 до 0,98).

С применением программного пакета Statistika проведен анализ множественной регрессии. Построена регрессионная модель со стандартной ошибкой оценки 5 %. Получен коэффициент детерминации, объясняющий функциональную связь между факторами и функцией отклика  $R^2=0,98$ .

Приведены графические характеристики статистической значимости, полученной линейной множественной регрессии наиболее значимых



факторов, влияющих на напряжение в металлоконструкциях ходового оборудования карьерного экскаватора.

В работе автором была выведена и представлена оригинальная формула для определения числа натуральных экспериментов.

**Третья глава** посвящена описанию методики и результатам экспериментов для объекта исследования – карьерного экскаватора ЭКГ-1 №333 включая его характеристики и анализ отказов в процессе эксплуатации. В главе разработана методика проведения экспериментальных исследований и непосредственно описаны результаты выполненных исследований напряженно-деформированного состояния редукторов гусеничного хода с применением вибродиагностического и тензометрического методов, метода твердометрии для оценки состояния ведущего, опорного и натяжного колеса гусеничного хода данного карьерного экскаватора.

По результатам анализа параметров вибрации было выявлено:

- нарушение смазки в левом редукторе хода ;
- повышенный уровень вибрации предположительно на частоте зубозацепления (431,25 Гц) в спектрах правого редуктора.

По результатам проведения тензометрических испытаний, в условиях аналогичных принятым при планировании эксперимента, наибольшее значение главных напряжений  $\sigma_{\max}=43,85$  МПа было выявлено в точке правого редуктора хода.

Приведена блок-схема методики проведения диагностического исследования ходового оборудования карьерного экскаватора.

**В четвертой главе** проведен анализ нагрузок, действующих на ведущее колесо гусеничного хода карьерного экскаватора ЭКГ-10, и рассмотрено влияние материала на напряженно-деформируемое состояние ведущего колеса. В программном пакете APM WinMachine проведен расчет нагрузок на ведущее колесо в двух расчетных положениях для материала ведущего колеса 35ХМЛ. Проанализировано влияние материала на

напряженно-деформированное состояние, рассмотрено шесть марок сталей, в результате которого было выявлено, что наименьшее максимальное напряжение получено при использовании стали 30ХГСФЛ, На основании проведенных исследований предложена новая конструкция ведущего колеса «Ведущее колесо привода гусеничного ходового оборудования транспортного средства».

**В заключении** приводятся основные выводы, научные и практические результаты, полученные в работе, включая экономический эффект 257 тыс. руб, подтвержденных актом внедрения на ПАО «Ураласбест».

Работа включает **10 приложений** в которых содержатся результаты статистического анализа, фотофиксация отказов ходового оборудования, технико-экономический расчет, акт внедрения.

Результаты научных исследований опубликованы автором в 18 научных статьях, в том числе 3 - в изданиях, входящих в перечень ВАК, 1 – в рецензируемых научных изданиях Scopus / Web of Science. По результатам исследований получено положительное решение по заявке № 2024108330 от 26.04.2024 на изобретение «Ведущее колесо привода гусеничного ходового оборудования транспортного средства».

Результаты работы докладывались и обсуждались на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях. Содержание автореферата и диссертации соответствует основным идеям и выводам диссертационной работы.

#### **4. Новизна исследований и полученных результатов**

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Установлена зависимость влияния факторов, оказывающих существенное воздействие на напряжение в металлоконструкциях ходового оборудования карьерного экскаватора;

2. Обоснован критерий эффективности функционирования экскаватора с учетом применения методов технической диагностики в межремонтный период его эксплуатации;



3. Разработан метод прогнозирования возникновения дефектов ходового оборудования карьерного экскаватора, основанный на использовании теории статистических решений для конкретных условий эксплуатации.

### **5. Теоретическая значимость работы**

Научно обосновано и доказано повышение эффективности функционирования ходового оборудования карьерного экскаватора на основе разработки рациональной структуры ремонтного цикла с использованием в межремонтный период методов вибродиагностики, тензометрии и твердометрии.

### **6. Практическая значимость**

1. Проведены экспериментальные исследования по выявлению внешних и внутренних факторов возникновения напряженно-деформированного состояния в элементах конструкции ходового оборудования карьерного экскаватора;

2. Разработан ремонтный цикл обслуживания ходового оборудования с применением диагностических методов исследования;

3. Разработана методика проведения диагностического исследования;

4. Разработана конструкция ведущего колеса с учетом напряженно-деформированного состояния в металле на основе выборе рационального материала для его изготовления.

### **7. Замечания по содержанию и оформлению диссертации**

По тексту диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Требуется пояснения следующее утверждение (стр. 43): «*Факторы группы  $K$  (контролируемые неуправляемые) и  $S$  (неконтролируемые неуправляемые) не учитываются в модели вследствие их незначительного влияния*», при этом к группе факторов  $K$  отнесены качество подготовки забоя и гранулометрический состав взорванного массива, при котором содержание

негабаритов достигает 45% (стр. 42) - что сложно назвать незначительным влиянием;

2. Третью главу целесообразно было бы назвать «Разработка методики проведения экспериментальных исследований и оценки состояния ходового оборудования», так как именно об этом идет речь в 3 главе;

3. На стр. 73 применен некорректный термин – «Отцентровка генератора вращения-хода», корректно использовать термин – центровка (восстановление соосности валов);

4. В табл. 3.2 (стр. 78) приводятся передаточные отношения ступеней редуктора, но не указано число зубьев шестерен, а ведь именно произведение числа зубьев на частоту вращения характеризует частоту зубозацепления 1-2 валов редуктора (вероятно 431,25 Гц модулированную частотой 11,25 Гц представленную на рис. 3 автореферата и 3.9. диссертации). Зная частоту зубозацепления, определенный по характеру спектра дефект зубчатой пары редуктора, будет однозначным;

5. Спектры вибрации, представленные в параграфе 3.2 (рис. 3.7, 3.8, 3.11, 3.13) целесообразно было бы представить с разбивкой на несколько диапазонов по частоте, например 2 – 400 Гц, 200 – 600 Гц и т.д. для детального анализа спектра и точной постановки диагноза;

6. В работе при выполнении тензометрических испытаний (стр. 88) предлагается размещение тензорезисторов по четвертьмостовой схеме с 2-х проводным подключением. При этом обоснование такого подключения и сравнение с другими схемами не приводится;

7. По тексту работы присутствуют опечатки и повторы текста.

## **8. Общее заключение**

Отмеченные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы В. В. Макаровой, в которой на основе проведенных исследований решается актуальная научно-техническая задача повышения эффективности функционирования ходового оборудования карьерного экскаватора в условиях ПАО «Ураласбест» за счет применения новой



системы технического обслуживания с внедрением методов диагностики и изменения конструкции ведущего колеса. Диссертационная работа Макаровой Валерии Викторовны «Повышение эффективности функционирования ходового оборудования карьерного экскаватора в условиях ПАО «УРАЛАСБЕСТ», является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, (в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Макарова Валерия Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины».

Официальный оппонент

Доцент кафедры технологии и комплексной механизации горных работ филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, кандидат технических наук (05.05.06 – горные машины), доцент (2.8.8 – геотехнология, горные машины)

Кузин Евгений Геннадьевич

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева в г. Прокопьевске.

653039 Кемеровская область-Кузбасс, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а

Контактные телефоны

Приемная директора: 8(3846)62-00-16

Адрес электронной почты [kuzstu@rambler.ru](mailto:kuzstu@rambler.ru)

Подпись Кузина Евгения Геннадьевича заверяю

Ученый секретарь совета  
ФГБОУ ВО «КузГТУ»

Костина Татьяна Михайловна