

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
**ЛЕТНЕВА Константина Юрьевича** «Обоснование рациональных режимных параметров главных механизмов карьерных экскаваторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины»

На рецензию представлена рукопись диссертационной работы полным объемом 131 с. машинописного текста, в том числе 105с. занимает основной текст, 31 рисунков, 16 таблицы, 2 приложения и библиография из 133 наименований. Работа содержит введение, 4 основных главы и заключение.

### 1 Актуальность избранной темы

Одной из быстро развивающихся отраслей горного производства является добыча полезных ископаемых открытым способом, удельный вес которой в горнодобывающей промышленности непрерывно возрастает. Экономичность открытых разработок в наибольшей мере определяется стоимостью производства экскаваторных и транспортных работ в карьерах как основных звеньев технологического процесса. Поэтому в проектной практике и исследовательских работах приходится решать разнообразные задачи, связанные с повышением эффективности функционирования горной техники карьеров и, в первую очередь, экскаваторного оборудования.

Вместе с тем вопросы, связанные с изучением режимов работы главных исполнительных механизмов (подъемного и напорного) карьерных экскаваторов типа ЭКГ, рассмотрены в научно-технической литературе недостаточно полно в силу особенностей функционирования таких систем, как эргатических. В частности, мало изучен вопрос взаимодействия главных механизмов при их совместной работе в процессе экскавации горных пород в различных областях рабочей зоны экскаватора. Анализ характера взаимодействия главных исполнительных механизмов при их совместной работе в процессе экскавации горных пород в конкретных горнотехнических условиях отработки экскаваторного забоя позволяет повысить эффективность функционирования экскаватора.

Установление взаимосвязей между кинематическими параметрами главных механизмов при перемещении ковша в процессе отработки забоя и рычажного механизма рабочего оборудования экскаватора позволит повысить качество управления рабочим процессом последнего, заложить новые

эффективные решения при проектировании и модернизации конструкций карьерных экскаваторов.

Таким образом, диссертационную работу Летнева К.Ю. «Обоснование рациональных режимных параметров главных механизмов карьерных экскаваторов» следует считать актуальной.

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

В первую очередь следует отметить, что представленная диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины», а именно области исследования: 15. «Методы и средства повышения эксплуатационных характеристик и надежности горных машин и оборудования, в том числе за счет обоснования рациональных режимов их функционирования на открытых и подземных горных работах».

К сожалению, автором диссертационной работы из-за чрезмерной краткости формулировок недостаточно четко прописана цель диссертационной работы. Хотя, необходимо констатировать, она была достигнута: выявлены закономерности формирования нагруженности главных механизмов экскаватора в процессе копания горной массы рабочим оборудованием, определяющие энергозатраты на экскавацию для научно обоснованного решения и разработок улучшения эксплуатационных характеристик карьерных экскаваторов типа прямая лопата, в том числе за счет обоснования рациональных режимов их функционирования, имеющие существенное значение для развития горной отрасли страны.

Диссертация должна быть написана автором самостоятельно, обладать внутренним единством, свидетельствовать о личном вкладе автора диссертации в науку, содержать новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Все эти признаки представлены в диссертационной работе. Однако формулировка положений, вынесенных на защиту, не достаточно удачна и во многом очевидна без доказательств. При этом, в диссертационной работе нашли свое доказательство выявленные автором, закономерности, положенные в основу модели процесса копания карьерного экскаватора с учетом скоростей и усилий рабочих движений, позволяющие оценивать загруженность главных приводов экскаватора при реализации заданной траектории перемещения режущей кромки ковша по забою, а также обоснованно выбирать детерминированное усилие напора в функции загруженности привода подъема, обеспечивая полную загрузку ковша при рациональных энергетических затратах на экскавацию.

Полученные результаты обосновываются корректностью использования известных проверяемых данных и согласуются с опубликованными результатами исследований по теме диссертации и по смежным областям. Выводы базируются на анализе теоретических моделей, разработанных на основе анализа практической деятельности предприятий, занимающихся эксплуатацией горных машин. В результате исследования установлено количественное совпадение результатов, полученных с помощью аналитических, экспериментальных и численных методов.

Степень обоснованности научных положений базируется на планировании экспериментальных исследований, заключающихся в составлении плана численного эксперимента, обеспечении необходимого количества измерений, статистической обработке результатов измерений, подтверждается согласованностью дополненных оригинальных решений, предложенных автором.

### **3 Достоверность защищаемых положений, выводов и рекомендаций**

Положения, вынесенные на защиту, выводы и рекомендации, приведенные в работе, достоверны. Теория построена на известных проверяемых данных, фактах, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по надежности работы горнотранспортного оборудования и оборудования в смежных отраслях.

В работе использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике, установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках.

Оригинальность содержания диссертации составляет более 80% от общего объема текста, цитирование оформлено корректно, заимствованного материала, использованного в диссертации без ссылки на автора либо источник заимствования, не обнаружено, научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылок на соавторов, не выявлено.

### **4 Новизна научных положений, сформулированных в диссертационной работе**

В диссертационной работе доказаны положения:

о взаимосвязи кинематических и энергетических зависимостей, характеризующих процесс копания;

о согласовании и совместном взаимодействии приводов главных механизмов напора и подъема карьерного экскаватора в процессе копания.

Разработана математическая модель процесса копания карьерного экскаватора с учетом скоростей и усилий рабочих движений, позволяющая оценивать загруженность главных приводов экскаватора при реализации заданной траектории перемещения режущей кромки ковша по забою, а также обосновано выбирать детерминированное усилие напора в функции загруженности привода подъема, обеспечивая полную загрузку ковша при рациональных энергетических затратах на экскавацию.

Раскрыты существенные проявления теории: выявлено несоответствие вклада в энергозатраты на экскавацию полезного ископаемого экскаватором при несогласованном функционировании приводов подъема и напора.

Изучены факторы, существенно влияющие на эксплуатационные показатели экскаватора с учетом кинематических параметров последнего.

Проведена модернизация существующих математических моделей, алгоритмов изменения уровня работоспособности процесса копания экскаватора, обеспечивающих получение новых результатов по теме исследований.

## **5 Практическое значение диссертационной работы**

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что результаты исследования защищены патентом «Ковш землеройной машины»; внедрены в хозяйственную деятельность и используются в аналитической работе ООО «Комплексное проектирование»; приняты к использованию в опытно-конструкторские работы отдела экскаваторного оборудования ПАО «Уралмашзавод»; приняты к внедрению в учебный процесс ФГАОУ ВШ «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» при подготовке студентов по направлению 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы».

Определены пределы и перспективы практического использования теории на практике. Создана система практических рекомендаций по совершенствованию рабочего оборудования карьерного экскаватора.

Представлены предложения по дальнейшему совершенствованию детерминированного функционирования механизмов подъема и напора карьерного экскаватора.

## **6 Замечания по диссертационной работе**

**6.1** Автореферат и текст диссертационной работы не в полной мере соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 ДИССЕРТАЦИЯ И АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ. Структура и правила оформления. Во введении

диссертационной работы даны не корректные формулировки разделов: «Теоретическая значимость работы» «Практическая значимость работы» (*Теоретическая и практическая значимость работы*), «Степень достоверности положений» «Апробация результатов работы» (*Степень достоверности и апробация результатов*).

**6.2** Заявленные автором задачи исследования не предполагают:

- анализ и обобщение теоретических и экспериментальных исследований по теме;
- проведение теоретических и экспериментальных исследований;
- проведение мероприятий по практическому использованию, полученных автором диссертации, научных результатов исследования.

Однако, решение этих задач, в том или ином виде, присутствует в материалах диссертации.

**6.3** На стр. 32 «При совместном функционировании *главных механизмов и рабочего оборудования* экскаватора в процессе экскавации *образуется общий передаточный механизм приводов главных механизмов*», что дополнительно поясняется схемой на рисунке 2.3 (и рисунок 1 автореферата). Здесь терминологически неверно объединены совершенно разные понятия: *передаточный механизм* – это система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемое движение других тел, и главные механизмы, суть машины, преобразующие электрическую энергию в механическое движение, передаваемое посредством собственных трансмиссий рычажному двухзвенному механизму, состоящему из седлового подшипника и рукояти с ковшем.

**6.4** Там же на странице 32 приводится структурный анализ рычажного механизма, который выполнен неточно. В качестве нулевого звена или стойки принята стрела, но последняя соединена с корпусом седлового подшипника посредством вращательной пары (5-го класса) а подвижное соединение рукояти и седлового подшипника образуют поступательную пару двухзвенного рычажного механизма, со степенью подвижности равном двум, при этом именно рукоять является приводным звеном и для ее детерминированного перемещения необходимо иметь два двигателя, в качестве которых выступают механизмы подъема и напора. При этом никакой двухподвижной кинематической пары, то есть пары четвертого класса – нет. Рассматривать же «*звено 2 в виде стержня CD (подъемный канат и подвеска ковша) и звено 3 в виде кривошипа (головной блок стрелы), образующие вращательные пары между собой, со звеном 1 и стойкой O<sub>2</sub>*» не правомерно, так как звено 3 головной блок стрелы кривошипом (звеном кривошипного механизма, которое может совершать полный оборот вокруг неподвижной оси) быть не может по определению, а стержень *CD* суть отрезок подъемного каната каждое мгновение имеет различную длину, таким образом в каждый отдельный момент времени мы будем иметь хоть и однотипные, но различные механизмы.

Однако, предложенный автором формальный искусственный прием формирования механизмов имеет право на существование, при условии предварительного наложения ограничений и области применимости. Так, при введении в рассмотрение не отдельного механизма, а множества отдельных однотипных мгновенных механизмов для заданных точек траектории движения рабочего оборудования экскаватора, ограничено возможно применение кинестатического и силового анализа для получения искомых величин параметров.

6.5 На стр. 47 указано «... в процессе экскавации горных пород происходит «обратимость» главных механизмов, т.е. ведущим (начальным) звеном общего передаточного механизма является звено «рукоять-ковш», а звенья главных механизмов становятся ведомыми.» Здесь опять перепутаны понятия: главные механизмы суть машины (двигатели), приводящие в действие двухзвенный рычажный механизм седловой подшипник-рукоять и в этом двухзвенном механизме приводным звеном, очевидно является рукоять, при этом главные механизмы ведомыми быть не могут по определению.

6.6 По тексту диссертации и автореферату имеют место быть терминологические ошибки, описки и пропуски, так на стр. 19 диссертации (в таблице 1.1) указано «Мощность силового трансформатора (двигателя) кВт, что не верно – эта мощность измеряется в кВА, либо надо оговаривать, что речь идет лишь об активной мощности двигателя.

На стр. 22 указано «... по эквидистантным траекториям параллельным откосу уступа ...», но параллельными являются только прямые линии на плоскости, которые не пересекаются, эквидистантные же расположены на одинаковом расстоянии от чего-либо.

На стр. 32 написано «Основой математической модели является структурный, кинематический и силовой анализ рычажного механизма», что фактически невозможно.

На странице 37 указано «...звено «рукоять-ковш» в процессе экскавации горных пород при работе механизма напора совершает возвратно-поступательное движение...». Возвратно поступательное движение – это движение, которое происходит в заданном направлении вперед и затем возвращается обратно к исходной точке, чего при работе экскаватора не наблюдается. На самом деле звено рукоять-ковш совершает сложное движение: поступательное вдоль оси рукояти и вращательное вокруг оси поворота седлового подшипника.

На странице 45 выражением 2.10 представлено передаточное отношение привода механизма подъема, однако оно имеет размерность, что невозможно, если это передаточное отношение.

Страница 60 «...в двигательном режиме с обратным вращением» - следует писать в режиме реверсивного движения.

Страница 77 Приведенный алгоритм рис. 3.16 рассматривает последовательно определяет массив значений искомым параметров по наперед заданным траекториям, а не алгоритм формирования траекторий.

Стр. 9, 10 автореферата в выражениях (2)-(6) не все переменные, входящие в указанные выражения, имеют расшифровку.

Стр. 42, 90 100 после формул указаны обозначения единиц. В соответствии с ГОСТ 8.417-2002, п.8.7: «Допускается применять обозначения единиц в пояснениях обозначений величин к формулам. Помещать обозначения единиц в одной строке с формулами, выражающими зависимости между величинами или между их числовыми значениями, представленными в буквенной форме, НЕ ДОПУСКАЕТСЯ.»

## **7 Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертационная работа Летнева К.Ю. представляет собой самостоятельную, законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований по выявлению закономерностей формирования нагруженности главных механизмов экскаватора в процессе копания горной массы, определяющих энергозатраты на экскавацию, дано научно обоснованное решение и разработки улучшения эксплуатационных характеристик карьерных экскаваторов типа прямая лопата, в том числе за счет обоснования рациональных режимов его функционирования, имеющие существенное значение для развития горной отрасли страны.

Написанная автором диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты.

Автореферат диссертации отражает ее основные научные положения, выводы и рекомендации, а также научную и практическую ценность работы.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.8.8. – «Геотехнология, горные машины» в части пунктов, отражающих область исследования 15.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 24 рецензируемых изданиях, в том числе 6 статьях опубликованы в двух рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 11 статей в изданиях, входящих в Международные базы Scopus или WoS. Получен патент на полезную модель.

Замечания по диссертационной работе не снижают ее научной и практической ценности, не умаляют результатов выполненных исследований.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 26.10.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присужде-

нии ученых степеней»), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор **ЛЕТНЕВ Константин Юрьевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8. – «Геотехнология, горные машины».

Официальный оппонент доктор технических наук,  
профессор кафедры машиностроения Федерального  
государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, про-  
фессор

\_\_\_\_\_ Иванов Сергей Леонидович  
«12» ноября 2023 г.

Почтовый индекс: 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия д.2;  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение выс-  
шего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы  
Екатерины II»,  
кафедра машиностроения  
Тел.: +7 (812) 3288632; e-mail: [Ivanov\\_SL@pers.spmi.ru](mailto:Ivanov_SL@pers.spmi.ru)

Я, Иванов С.Л., даю свое согласие на включение своих персональных данных  
в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальней-  
шую обработку

«12» ноября 2023 г.

С.Л. Иванов