

ОТЗЫВ

**официального оппонента
на диссертационную работу Безкорвайного Павла Геннадьевича
на тему «Обоснование рациональных параметров рабочего оборудования
прямая лопата гидравлического экскаватора», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины**

1. Актуальность темы

В настоящее время для открытых горных работ доказана целесообразность дальнейшего увеличения применения карьерных гидравлических экскаваторов. При равной вместимости ковша гидравлические экскаваторы по сравнению с канатными имеют меньшую в 1,8-2,2 раза металлоемкость, большие в 1,3-1,5 раза усилия копания, обеспечивают селективную добычу полезных ископаемых, зачистку подошвы уступа. Следовательно, гидравлические экскаваторы позволяют решить задачи по снижению металлоемкости горных машин, повышению производительности труда. Несмотря на длительный срок производства гидравлических экскаваторов все же имеется ряд вопросов, требующих решения. Во время эксплуатации у некоторых моделей наблюдается появление трещин в стреле и рукояти. Это объясняется применением при проектировании методик расчета параметров, не обеспечивающих достаточную прочность. Разработка методики определения значений параметров, при которых будет продлен ресурс работы рабочего оборудования, позволит снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт. Таким образом, диссертация Безкорвайного П. Г., решающая научную задачу обоснования рациональных параметров рабочего оборудования гидравлического экскаватора является актуальной.

2. Новизна исследований и полученных результатов

1. Разработана математическая модель кинематического и силового анализа при выполнении операций заполнения и транспортирования для определения возможных усилий копания с учетом ограничений по максимальным усилиям на штоках гидроцилиндров и устойчивости экскаватора, для последующего выполнения исследований напряженно-деформированного состояния рабочего оборудования.

2. Для модели кинематического и силового анализа разработан алгоритм определения возможных усилий копания. В методике расчета усилий копания обеспечено выявление лимитирующих механизмов поворота стрелы, рукояти или ковша, что позволяет осознанно принимать решения по изменению параметров на этапах проектирования новых экскаваторов или при эксплуатации.

3. Границу рабочей зоны предложено определять не только по линейным размерам элементов экскаватора, как в известных методиках, но и с учетом реализации рабочей функции заполнения ковша. Поэтому в математическую модель включены силы тяжести элементов рабочего оборудования, а в алгоритм введено

условие исключения областей, в которых не обеспечивается задаваемое минимально допустимое усилие копания.

3. Обоснованность и достоверность положений, выносимых на защиту, выводов и рекомендаций

Сформулированные в диссертационной работе положения соответствуют поставленной цели – обоснованию параметров рабочего оборудования гидравлических экскаваторов.

1. Научное положение *«Максимальное усилие на зубьях ковша гидравлического экскаватора определяется с учетом всех предельных усилий на штоках гидроцилиндров рабочего оборудования и устойчивости экскаватора»*

Для доказательства первого научного положения составлены математические модели кинематического и силового анализа, разработаны алгоритм и компьютерная программа на алгоритмическом языке для двух схем рабочего оборудования: базовой с гидроцилиндрами поворота стрелы и новой с напорной балкой. Проведенными исследованиями доказано, что при расчете усилий на зубьях ковша необходимо учитывать действие всех трех основных механизмов рабочего оборудования и устойчивость экскаватора, так как при превышении допустимого усилия на штоке любого гидроцилиндра произойдет снижение усилия на ковше.

2. Научное положение *«Конструкция рабочего оборудования гидравлического экскаватора при исключении гидроцилиндров поворота стрелы и использовании механизма с напорной балкой обеспечивает снижение массы стрелы и рукояти, за счет чего возможно увеличение вместимости ковша и, как следствие повышение производительности экскаватора»*

Для доказательства второго научного положения, составлена математическая модель кинематического и силового анализа, по которой определены действующие нагрузки, использованные для исследований напряженно-деформированного состояния рабочего оборудования, как при копании, так и при транспортировании ковша. Исследованиями в программной системе APM WinMachine доказано, что при обеспечении достаточной прочности для предлагаемой конструкции возможно снижение массы стрелы и рукояти и за счет этого на 7 % увеличение вместимости ковша приведена разработанная оригинальная схема (Патент № 2772037 С1 Российская Федерация, МПК E02F 3/30. Рабочее оборудование экскаватора: № 2021122144: заявл. 27.07.2021; опубл. 16.05.2022).

3. Научное положение *«Исследования напряженно-деформированного состояния элементов рабочего оборудования позволяют выявить закономерности определения рациональных параметров»*

Для доказательства проведены исследования в программной системе APM WinMachine. Показано, что как у базовой модели, так и предлагаемой новой модели рабочего присутствуют «излишние» запасы прочности некоторых элементов, в частности сечений листов из которых изготовлена стрела и рукоять, уменьшением сечений для исключения таких запасов может быть снижена масса стрелы и рукояти.

Достоверность положений подтверждается достаточным объемом теоретических исследований, обоснованным выбором граничных условий и методов численных экспериментов, использованием сертифицированных программных систем.

4. Практическая значимость работы заключается:

- в разработке новой конструктивной схемы рабочего оборудования гидравлического экскаватора прямая лопата с напорной балкой для поворота стрелы. Привод напорной балки расположен на надстройке по оси платформы, что значительно уменьшает опрокидывающий момент (у базовой модели массивные гидроцилиндры поворота стрелы расположены на значительном радиусе от оси вращения и составляют повышенный опрокидывающий момент). Уменьшение опрокидывающего момента при неизменном противовесе позволит увеличить массу ковша с горной массой. Механизм с напорной балкой исключает изгибающий момент от усилия гидроцилиндра стрелы, как у базовой модели, переносит действие усилия поворота стрелы на верхнюю зону стрелы, что позволяет равномерно распределить действующие силовые потоки, и за счет этого уменьшить толщины листов, из которых изготавливается стрела;

- в предложенных моделях кинематического и силового анализа, с применением которых решаются задачи определения границ рабочей зоны, требуемых для обеспечения движения ковша по заданным траекториям скоростей, действующих в элементах рабочего оборудования усилий. Для практического применения моделей в виде методик расчета составлен алгоритм и разработан программный продукт, который может быть применен при проектировании новых моделей экскаваторов;

- в разработке методики определения рациональных параметров рабочего оборудования по критерию массы с использованием программных систем, имеющих в основе метода конечных элементов;

Проведенные в работе исследования будут полезны организациям, эксплуатирующим гидравлические экскаваторы, осуществляющим их ремонт, а также фирмам-производителям и в учебном процессе.

По материалам диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе: 4 статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus, 5 в журналах из перечня ведущих рецензируемых научных и научно-технических изданий, рекомендованных ВАК, и 1 патент на изобретение.

5. Замечания по диссертации

1. На стр. 24-26 приведен анализ результатов эксплуатации зарубежных и Российских моделей гидравлических экскаваторов, но не указано, при одинаковых ли условиях эксплуатировались указанные экскаваторы.

2. На стр. 26 для исследований принят экскаватор ЭГ-110 производства ИЗ-Картэкс, проверялись ли разработанные методики для анализа причин трещин на других моделях?

3. На стр. 31 приведена фраза «Копание поворотом стрелы практически не осуществимо», но, тем не менее, далее в п.2.4 приведена математическая модель и проведены исследования при движении по задаваемой траектории, по которой участвует в работе и привод стрелы, непонятно, при каких тогда условиях не осуществимо копание поворотом стрелы?

4. В математическую модель расчета усилий включены выражения расчета реакций (стр. 45), но далее не указано, где применяются определяемые значения реакций?

5. На рис. 4.8 (стр. 102) приведен сборочный чертеж рабочего оборудования с челюстным ковшом, но на рис. 4.10 в результатах расчета приведен ковш упрощенной формы без челюсти, не приведет ли такая замена к погрешности при расчете напряжений стрелы и рукояти?

6. Не корректно указана фамилия автора в списке литературы (п. 33).

7. В заключение п.3. (стр. 121) приведено «получение оптимальных параметров рабочей зоны», непонятно из текста диссертации, что понимается под оптимизацией?

Приведенные замечания не снижают значимость полученных теоретических и практических результатов диссертационного исследования.

6. Оценка содержания диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных литературных источников, состоящего из 95 наименований, изложенных на 140 страницах, включая 52 рисунков, 13 таблиц и 4 приложений.

Диссертационная работа является научным трудом, в котором представлены все разделы исследований, позволяющих судить о работе, как о кандидатской диссертации. В качестве достоинства диссертации хочу отметить четкость и последовательность изложение материала и умение диссертанта выделить основные этапы исследований и грамотно изложить их в рецензируемой работе. По структуре работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация имеет четкую логическую структуру исследования, соответствует специальности 2.8.8. «Геотехнология, горные машины». Основные результаты диссертации докладывались на конференциях и научных семинарах. Основные положения и выводы в достаточной степени опубликованы в рецензируемых изданиях из списка ВАК и в базах Scopus.

7. Заключение

Диссертационная работа П.Г. Безкоровайного представляет собой научно-квалификационную работу, обладает признаками актуальности и новизны, имеет актуальное научно-практическое значение. В диссертации решена научно-техническая задача совершенствования карьерных гидравлических экскаваторов путем изменения конструктивной схемы рабочего оборудования и определением

рациональных параметров. Эта задача имеет важное научно-практическое значение для горнодобывающей, строительной и машиностроительной отраслей.

Достоверность результатов подтверждена, поставленные в диссертации цели и задачи исследования достигнуты, основные результаты работы обладают новизной, в достаточном объеме прошли необходимую апробацию. Основные результаты диссертационной работы опубликованы, апробированы на конференциях. В публикациях отражено основное содержание диссертации. Автореферат диссертации в полной мере раскрывает ее основные положения.

Диссертация П.Г. Безкоровайного соответствует паспорту специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины, а именно пп. 14. Критерии и технологические требования при создании новых и совершенствования применяемых горных машин с учетом особенностей условий их эксплуатации при разработке месторождений твердых полезных ископаемых; 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, а также п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Безкоровайный Павел Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 – Геотехнология, горные машины.

Официальный оппонент.

Доктор технических наук по специальности 05.05.06 «Горные машины», профессор кафедры «Горные машины и комплексы» ФГБОУ ВО Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ)

ХОРЕШОК Алексей Алексеевич

650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28,
телефон: + 7 905-904-23-44
E- mail: haa.omit@kuzstu.ru

Я, ХОРЕШОК Алексей Алексеевич, автор отзыва, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.2.423.02, и их дальнейшую обработку.