

## Научная статья

УДК 622.23.05

DOI: 10.26730/1816-4528-2025-3-80-90

Мягких Илья Дмитриевич \*, Горюнов Сергей Викторович, Удалова Юлия Сергеевна

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск

\* для корреспонденции: cliomineng06@gmail.com

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА РАМ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ****Аннотация.**

В статье рассмотрены основные причины возникновения трещин в рамах карьерного автосамосвала, приведены статистические закономерности образования трещин, которые были получены методом экспертного опроса. Результаты экспертного опроса были обработаны методами статистического анализа согласно грузоподъемности самосвалов от 55 до 360 тонн. По результатам анализов была определена актуальность исследований по причине высокой частоты возникновения различных повреждений рам в процессе штатной эксплуатации техники в сравнении с иными причинами простоев карьерных автосамосвалов, в том числе при анализе данных были выявлены локализации трещин, которые чаще всего возникают в районе второй поперечины, а также были выявлены величины повреждений в зависимости от режима работы самосвала и его грузоподъемности. В качестве наиболее типичного представителя карьерных самосвалов для дальнейшего анализа была выбрана модель БелАЗ-75605, выбор самосвала обусловлен перспективностью использования карьерных автосамосвалов большей грузоподъемности по причине упразднения парка карьерных самосвалов меньшей грузоподъемности. Была создана трехмерная модель рамы выбранного самосвала с целью компьютерного моделирования нагрузок и получения данных о наиболее нагруженных участках рамы. Проведен анализ данных, полученных путем компьютерного моделирования, который выявил величины деформации рамы в зависимости от степени загрузки автосамосвала (0%, 50% и 100% от полной загрузки) с помощью конечно-элементного анализа. Исследована зависимость изменения нагрузки на элементы рамы от толщины накладки. Предложены способы повышения ресурса рам путем применения накладок на проблемные участки рам

**Информация о статье**

Поступила:

21 января 2025 г.

Одобрена после  
рецензирования:

30 апреля 2025 г.

Принята к печати:

20 июня 2025 г.

Опубликована:

05 июня 2025 г.

**Ключевые слова:**

Карьерные автосамосвалы, сварка, ремонт, обслуживание, рама, анализ, напряжения рам

**Для цитирования:** Мягких И.Д., Горюнов С.В., Удалова Ю.С. Исследование возможности увеличения ресурса рам карьерных автосамосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2025. № 3 (179). С. 80-90. DOI: 10.26730/1816-4528-2025-3-80-90, EDN: UVYEUW

**Введение**

В сложившихся на текущий момент условиях угледобыча на горных предприятиях Кузбасса ведется преимущественно открытым способом с использованием различной техники, в том числе карьерных автосамосвалов. При открытом способе оборудование эксплуатируется в широком диапазоне климатических условий при значительных колебаниях температуры окружающей среды и влажности. Кроме того, эксплуатация автосамосвалов осуществляется на технологических дорогах, отличающихся низкой ровностью покрытия, большими продольными уклонами и малыми радиусами

поворотов, что приводит к значительным динамическим нагрузкам на элементы рамы, подвески и трансмиссии.

Особенности эксплуатации карьерного транспорта в разрезах заключаются в том, что груженный автосамосвал всегда идет на подъем, что увеличивает нагрузку на трансмиссию, подвеску и раму автосамосвала. В связи с этим возникают значительные знакопеременные нагрузки, приводящие к трещинообразованию. В настоящее время основным способом борьбы с трещинообразованием являются сварочные работы.

Актуальность темы обусловлена высокой трудоемкостью сварочных работ, снижение которой может дать значимый результат в росте производительности карьерных автосамосвалов, что приведет к повышению общей эффективности работы предприятия.

Увеличение ресурса работы сварных соединений карьерных автосамосвалов путем усиления рам должно опираться на результаты оценки напряженного состояния и исследования процессов, влияющих на деформацию металлоконструкций.

На базе Прокопьевского филиала КузГТУ в 2022-2024 годах были проведены исследования и собран статистический материал с восьми разрезов Прокопьевского района по количеству и производительности карьерных самосвалов.

На диаграмме распределения подвижного состава автосамосвалов по грузоподъемности видно (Рис. 1), что наиболее распространенными самосвалами являются самосвалы грузоподъемностью 130 т, это обуславливается расстояниями транспортирования горной массы и другими эксплуатационными факторами.

По диаграмме распределения данных по сред-



Рис. 1. Количество самосвалов разной грузоподъемности на восьми разрезах Прокопьевского района

Fig. 1. The number of dump trucks of different loading capacities in eight sections of the Prokopyevsky district

нему пробегу автосамосвалов можно сказать, что наименьший пробег у самосвалов грузоподъемностью 290 т обуславливается тем, что инфраструктура многих разрезов не рассчитана под эксплуатацию самосвалов больших грузоподъемностей, в свою очередь на нескольких разрезах введены в эксплуатацию самосвалы 360 т и пробег по отношению к меньшей грузоподъемности является средним. Самосвалы грузоподъемностью 55 и 130 т являются наиболее многочисленными, следовательно, и средний пробег также является наибольшим.

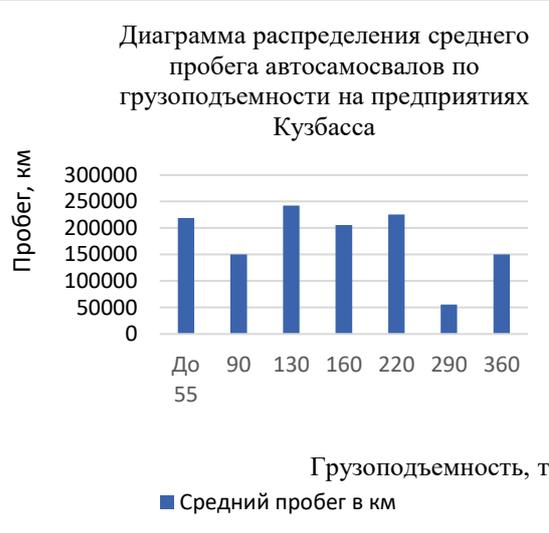


Рис. 2. Средний пробег самосвалов разной грузоподъемности на восьми разрезах Прокопьевского района

Fig. 2. The average mileage of dump trucks of different load capacities in eight sections of the Prokopyevsky district

Состояние автосамосвалов на предприятиях Кузбасса в зависимости от условий эксплуатации также будет различным. Большее количество самосвалов, отправленных на списание – самосвалы грузоподъемностью 55 т, это обусловлено тем, что большая часть этих самосвалов имеет срок службы более 10 лет.

Диаграмма распределения состояния автосамосвалов по грузоподъемности на предприятиях Кузбасса



Рис. 3. Состояние самосвалов разной грузоподъемности на восьми разрезах Прокопьевского района

Fig. 3. The condition of dump trucks of different loading capacities at eight sections of the Prokopyevsky district

Данная диаграмма подтверждает сведения о значительном превышении нормативного срока эксплуатации автосамосвалами грузоподъемностью до 55 т. В настоящее время наблюдается тенденция к списанию техники такого типа.

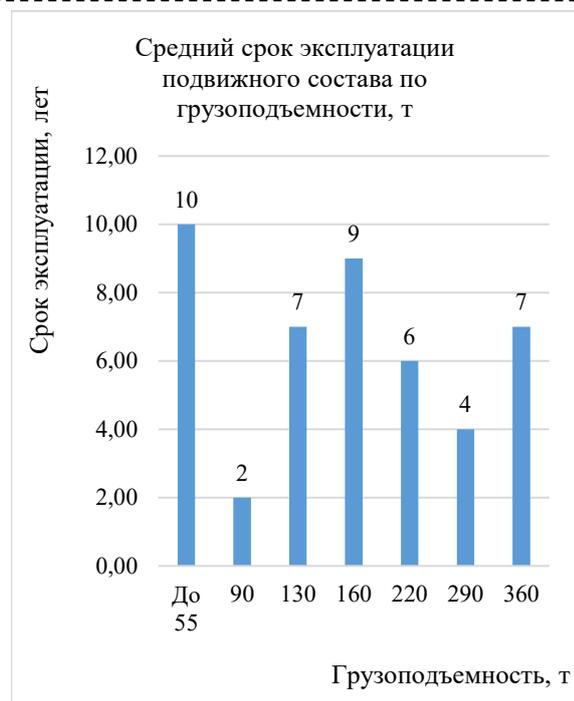


Рис. 4. Диаграмма среднего срока эксплуатации карьерных автосамосвалов

Fig. 4. Diagram of the average service life of dump trucks

Наиболее производительными самосвалами на предприятиях Кузбасса являются самосвалы грузоподъемностью 90 т. Соотношение грузоподъемности и производительности в зависимости от расчета наиболее эффективных маршрутов показало, что большое количество разрезов небольшой протяженности отдает предпочтение самосвалам средней грузоподъемности.

На данный момент все автосамосвалы вырабатывают свой ресурс на 70-90%, при этом отечественные автосамосвалы, сравнимые с импортными аналогами по грузоподъемности и производительности, сильно уступают им по надежности. Часто возникающие случаи трещинообразования могут привести к разрушениям рам, что влечет за собой значительные материальные потери как из-за снижения объемов перевозок полезного ископаемого, так и по причине дороговизны ремонтных работ крупногабаритных узлов и конструкций.

По этим причинам рамы карьерных автосамосвалов необходимо рассматривать как конструкции

повышенной ответственности, методы эксплуатации которых следует совершенствовать для обеспечения надежности и повышения эффективности эксплуатации техники в целом, а также для исключения тяжелых повреждений и разрушений [17].

Существует два вида повреждений рам:

1. Естественные (произошедшие во время обычной эксплуатации транспортного средства);
2. Искусственные (произошедшие по причине аварий).

Естественная деформация рамы происходит во время эксплуатации техники. На некоторых автомобилях конструкция рамы допускает значительный вертикальный прогиб при ударных нагрузках, возникающих при погрузке горной массы. Специфика строительства технологических дорог в угольных разрезах в сочетании с принятым нормативными документами правосторонним движением автосамосвалов предполагает, что правый поворот имеет меньший радиус, чем левый, что приводит у большегрузных автомобилей к боковой деформации рамы в правую сторону. Из-за недостаточной жесткости рамы при работе автосамосвала на технологических дорогах со сложным поперечным профилем может произойти кручение рамы [5].

Зачастую одной из наиболее распространенных причин естественной деформации рамы являются конструкторские просчеты, допущенные еще на заводе-изготовителе. К числу таких просчетов относятся:

- Марка стали, не соответствующая предстоящим эксплуатационным нагрузкам транспортного средства;
- Экономия завода на дополнительных элементах, усиливающих конструкцию грузовой рамы [18];
- Толщина составляющих рамы (лонжеронов, траверс, поясков), не соответствующая предстоящим нагрузкам;
- Универсальное основание рамы, допускающее возможность ее удлинения и, как следствие, риск ее повреждения в будущем.

Другим примером естественной деформации является боковой прогиб рамы. Как известно, траектория правого поворота меньше, чем траектория левого. Поэтому при повороте направо возникает боковая деформация, что наиболее часто встречается на «длинномерах». Различие в радиусе правого и левого поворотов является также причиной неправильного износа резины [18].

Искусственных или аварийных дефектов рам существует несколько видов:

- Изменение геометрии рамы. Они подразделяются на:

- Боковое смещение. Возникает при длительной эксплуатации с нарушением рекомендаций изготовителя, установленных норм на грузоперевозки. К этому виду износа рамы приводит столкновение, другие случаи ДТП. Рама самосвала смещается в одну из сторон. Нарушается симметрия расстояний от краев лонжеронов. При ремонте боковые смещения должны устраняться.

- Вертикальный изгиб. Вертикальная деформация рамы появляется при нарушении технологии равномерной загрузки. Платформа самосвала прогибается по центру. Это происходит из-за воздействия чрезмерных вертикальных нагрузок. Впоследствии полуприцеп может получить серьезные поломки и полностью выйти из строя. Не всегда выручает даже проведение капитального ремонта;



Рис. 6. Диаграмма причин ремонтных простоев карьерных автосамосвалов, %  
Fig. 6. Diagram of the causes of repair downtime of dump trucks

- Кручение. Этому виду деформации рамы больше всего подвержены лонжероны, поперечные балки. Происходит кручение плоскостей. Искажается их взаимное положение по горизонтали и вертикали. Скрученная рама характеризуется прямыми лонжеронами, утратившими параллельное расположение. Кручению подвергаются участки, удаленные от центра крепления. Крутящий момент поворачивает поперечные сечения вокруг оси стержня. При этом оси лонжеронов или поперечин остаются прямолинейными. Основными причинами становятся случаи ДТП, неравномерного распределения груза, неправильная эксплуатация, отсутствие своевременного ремонта. Регулировка и выравнивание обеспечат нормальную работоспособность транспортных средств;

- Диагональное смещение. Появляется после опрокидывания автотранспортного средства. Деформируется прямоугольная геометрия поперечин и продольных силовых элементов. Между лонжеронами и поперечинами рам исчезает прямой угол.

Длина одной диагонали не равняется протяженности другой. Смещение диагоналей наступает после опрокидывания самосвала при разгрузке. Сдвигаются поперечины, нарушаются прямые углы между ними и лонжеронами. Деформируются угловые соединения [16].

- Переломы рамы подразделяются на:
  - Перелом лонжерона. Это перелом лонжерона поперек в наиболее слабом месте рамы;
  - Перелом поперечины. Это отрыв поперечины по заводскому сварному шву от лонжерона;
- Трещины подразделяются на:
  - Продольное трещинообразование. Это трещина, возникшая вдоль лонжерона;
  - Поперечное трещинообразование. Это трещина, возникшая поперек лонжерона.

Был проведен хронометраж и экспертная оценка причин простоев автосамосвалов в ремонте, по результатам анализа данных построена диаграмма, представленная на Рис 6. По диаграмме видно, что основные причины простоев – сварочные работы (свыше 26%) и неисправности РМК (свыше 22%).

Проведенные исследования дефектов рам, результаты которых представлены на Рис. 7:

- 1-я поперечина. Трещины по сварным швам проушин крепления балки переднего моста.
- Стойки 2-й поперечины. Трещины по сварным швам ребер жесткости к лонжерону.
- Стойки 2-й поперечины. Трещины по основному металлу стенок.
- Стойки 2-й поперечины. Трещины по сварным швам кронштейнов цилиндров подвески.
- Лонжероны, вертикальные стенки в районе



Рис. 5. Распределение фактической среднемесячной производительности самосвалов разной грузоподъемности на восьми разрезах Прокопьевского района

Fig. 5. Distribution of the actual average monthly productivity of dump trucks of different load capacities in eight sections of the Prokopyevsky district

крепления 2-й поперечины. Трещины по основному металлу.

6. Верхняя балка 2-й поперечины. Трещины по сварным швам кронштейнов соединения со стойками [17].

7. Нижняя балка 2-й поперечины, район сопряжения с лонжеронами. Трещины по основному ме-

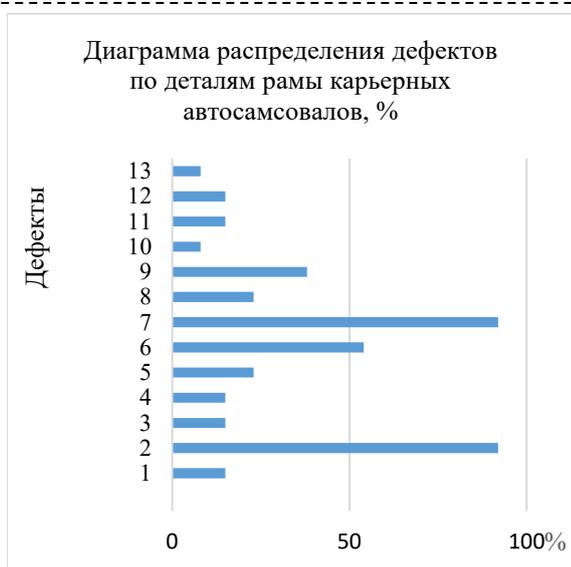


Рис. 7. Диаграмма распределения дефектов по деталям рамы карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 130 тонн

Fig. 7. Diagram of the distribution of defects in the frame parts of dump trucks with a lifting capacity of 130 tons

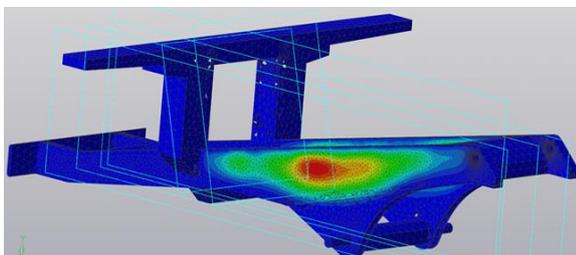


Рис. 8. Распределение упругой деформации по раме карьерного автосамосвала при погрузке ковша меньшего объема

Fig. 8. Distribution of elastic deformation along the frame of a dump truck when loading a bucket of a smaller volume

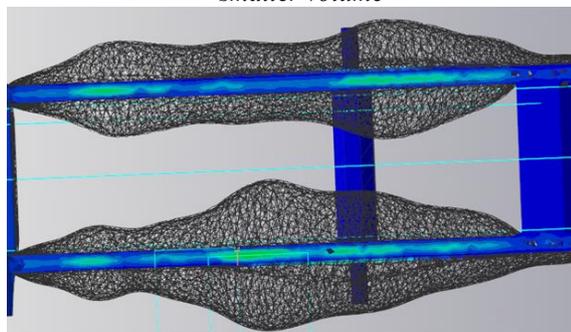


Рис. 9. Направление упругой деформации рамы карьерного автосамосвала при погрузке

Fig. 9. The direction of elastic deformation of the dump truck frame during loading

таллу и ремонтным сварным швам.

8. Лонжероны, вертикальные стенки в районе крепления 3-й поперечины. Трещины по основному металлу.

9. Лонжероны, внутренние и наружные вертикальные стенки в местах крепления 4-й поперечины. Трещины по основному металлу и сварным швам.

10. Лонжероны, внутренние вертикальные стенки в местах крепления 5-й поперечины. Трещины по основному металлу и сварным швам.

11. 5-я поперечина. Трещины по сварным швам и основному металлу проушин крепления реактивной штанги заднего моста.

12. 5-я поперечина. Трещины по сварным швам и основному металлу.

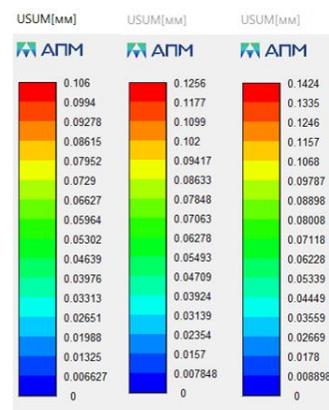


Рис. 10. Цветовое соответствие величины упругой деформации рамы карьерного автосамосвала при погрузке ковша меньшего, среднего и большего объема соответственно Fig. 10. Color matching of the elastic deformation of the dump truck frame when loading a bucket of smaller, medium and larger volume, respectively

13. 3-я поперечина. Трещины по сварным швам и основному металлу проушин крепления балки заднего моста [10]. Показано, что многие самосвалы получают однотипные повреждения, это говорит о недостаточной прочности конструкции в определенных местах.

В настоящий момент основным способом восстановления несущей способности рамы являются сварочные работы с наложением усиливающей накладки. Этот способ достаточно прост и эффективен, однако за счет применения накладок масса рамы увеличивается, что нежелательно.

В ходе исследования применялся метод математического моделирования воздействия ударной нагрузки на раму самосвала. Для определения и исследования нагрузок, возникающих в процессе погрузки самосвала, принимается ковш минимального, среднего и максимального рекомендуемых размеров объемом в 45 м<sup>3</sup>, 52,5 м<sup>3</sup> и 60 м<sup>3</sup>. Также принимается насыпная плотность сортового каменного угля в 0,85 т/м<sup>3</sup>. Массы для данных объемов и плотности составляет 38 т, 45 т и 51 т.

Динамическая (ударная) нагрузка, возникающая при воздействии падающего груза, рассчитывается по следующей формуле:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$F = \frac{m\sqrt{2gh}}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{38000\sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 6,125}}{\sqrt{\frac{2 \cdot 6,125}{9,8}}} = 372400\text{Н}$$

$$F = \frac{m\sqrt{2gh}}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{45000\sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 6,125}}{\sqrt{\frac{2 \cdot 6,125}{9,8}}} = 441000\text{Н}$$

$$F = \frac{m\sqrt{2gh}}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{51000\sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 6,125}}{\sqrt{\frac{2 \cdot 6,125}{9,8}}} = 499800\text{Н}$$

После расчета величин динамических нагрузок, возникающих при падении угля в кузов, эти данные были интегрированы в модель рамы карьерного автосамосвала.

На Рис. 8 представлена модель рамы самосвала под нагрузкой 372400Н, где наглядно показана часть рамы, подверженная наибольшей деформации. Под нагрузками 441000Н и 499800Н модель распространения нагрузки не меняется. Красная зона соответствует максимальным напряжениям ударной нагрузки. Область деформации во всех трех случаях неизменна, меняются только количественные характеристики деформации.

На Рис. 9 показано направление относительной упругой деформации рамы от воздействия ударной динамической нагрузки в горизонтальном сечении. Направление упругой деформации также не меняется во всех трех случаях.

На Рис. 10 показаны соответствия цвета и численной величины упругой деформации. Как видно из рисунка, максимальная упругая деформация при ударной нагрузке, используя ковш меньшего объема, составляет 0,106 мм, среднего – 0,1256 мм, а при использовании ковша большего объема составляет 0,1426мм.

Математическая модель показала высокую степень совпадения теоретических результатов и реальных мест образования дефектов.

Следовательно, для минимизации трещинообразования рекомендуется усилить места наибольших деформаций специальной конструкцией в виде стального короба.

Как упоминалось выше, масса короба увеличивает массу рамы. Для определения оптимальных размеров накладки было проведено моделирование распределения нагрузки в зависимости от толщины накладки.

На Рис. 11 представлена модель рамы самосвала с установленными усилителями под нагрузкой величиной 372400Н, 441000 и 499800Н, где наглядно представлена разница между моделью с усилителем и без него. По рисунку заметно отсутствие красных зон, соответствующих предельным напряжениям ударной нагрузки, что говорит о более оптимальном распределении нагрузки по площади рамы и усилителя. Также область деформации в обоих случаях остается одинаковой.

На Рис. 12 показана относительная упругая деформация рамы от воздействия ударной динамической нагрузки в горизонтальном сечении, которая также уменьшилась.

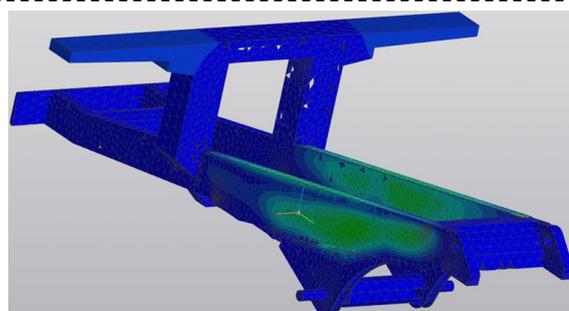


Рис. 11. Распределение упругой деформации по раме карьерного автосамосвала с установленным усилителем при погрузке

Fig. 11. Distribution of elastic deformation along the frame of a dump truck with an installed booster during loading

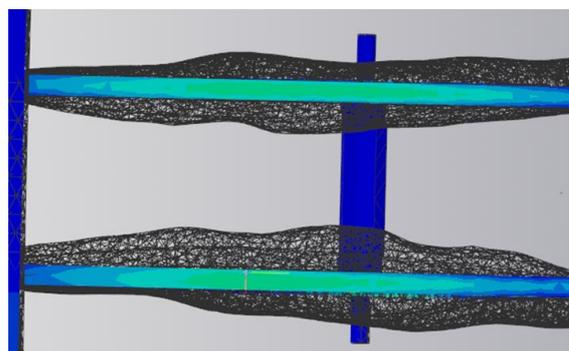


Рис. 12. Направление упругой деформации рамы карьерного автосамосвала с усилителями рамы при погрузке

Fig. 12. The direction of elastic deformation of the frame of a dump truck with frame reinforcements during loading

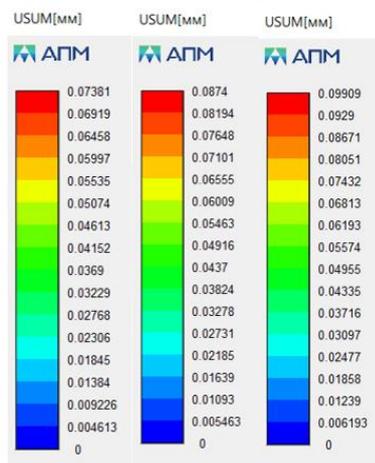


Рис. 13. Цветовое соответствие величины упругой деформации усиленной рамы карьерного автосамосвала при погрузке ковша меньшего, среднего и большего объема соответственно

Fig. 13. The color correspondence of the elastic deformation of the reinforced frame of a dump truck when loading a bucket of smaller, medium and larger volume, respectively

ударной нагрузке снизилась и составила 0,07381 мм вместо 0,106 мм в случае с меньшим ковшем, 0,0874 мм вместо 0,1256 мм в случае со средним ковшем и 0,0991 мм вместо 0,1426 мм в случае с большим ковшем.

Интуитивно понятно, что геометрические размеры накладок также будут влиять на жесткость рамы после ремонта. На предыдущем этапе моделирования толщина накладки была принята равной 10 мм. Для уточнения влияния геометрических размеров на жесткость рамы были построены тематические модели для накладок толщиной в 5 мм и 15 мм. За основу принимаем нагрузку при использовании ковша объемом 60 м<sup>3</sup>.

Как можно видеть из рисунка, максимальная упругая деформация при применении усилителя толщиной 5 мм составляет 0,1011 мм, при применении усилителя толщиной 10 мм составляет 0,09909 мм и при применении усилителя толщиной в 15 мм составляет 0,09711 мм. При этом область упругой деформации во всех трех случаях остается неизменной.

#### Методы (Methods);

Метод конечно-элементного анализа

#### Выводы (Conclusion)

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Моделирование показало, что рост нагрузок линейно связан с увеличением объема ковша экскаватора;
2. Характер распространения нагрузок не зависит от объема ковша экскаватора;
3. Введение в конструкцию рамы накладок сделало распределение нагрузок по площади рамы более равномерным и снизило пиковые нагрузки примерно в полтора раза;
4. Изменение толщины накладок от 5 мм до 15 мм практически не повлияло на размеры области упругой деформации и на абсолютную величину деформации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорешок А. А., Дубинкин Д. М., Зеляева Е. А. Обзор конструкций несущих систем (рам) карьерных самосвалов грузоподъемностью до 110 т // Техника и технология горного дела. 2022. № 1(16). С. 4–15. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-1-4-15. EDN FVNZPH.
2. Зеляева Е. А., Дубинкин Д. М. Анализ патентной ситуации в части конструкций несущих систем (рам) карьерных самосвалов // Перспективы инновационного развития угольных регионов России : Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 13–14 апреля 2022 года. Прокопьевск : Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» в г. Прокопьевске, 2022. С. 212–214. EDN UHILCK.
3. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия: межгосударственный стандарт: дата введения 2015-01-01 / Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 марта 2014 г. N 65-П).
4. Кузин Е. Г., Пудов Е. Ю., Дубинкин Д. М. Анализ отказов узлов карьерных самосвалов в условиях экс-

плуатации // Горное оборудование и электромеханика. 2021. № 2(154). С. 55–61. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61. EDN GLEFHZ.

5. Мягких И. Д., Назаров М. В., Абабков Н. В. Анализ способов сварки рам карьерных автосамосвалов // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте : Сборник материалов VI Международ-

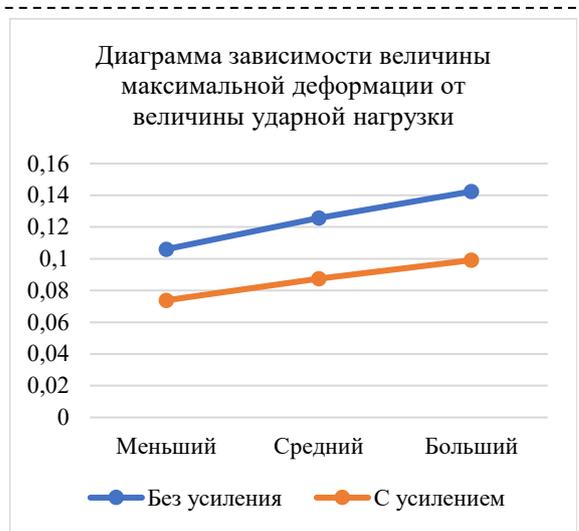


Рис. 14. Диаграмма зависимости максимальной деформации рамы карьерного автосамосвала от величины нагрузки

Fig. 14. Diagram of the dependence of the maximum deformation of the dump truck frame on the load value

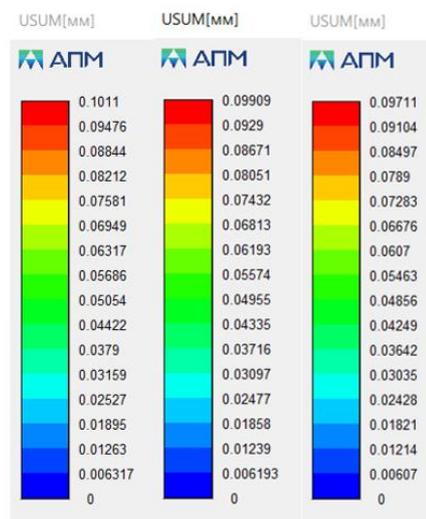


Рис. 15. Цветовое соответствие величины упругой деформации рамы карьерного автосамосвала при погрузке ковша большего объема с усилителями разной толщины

Fig. 15. Color matching of the elastic deformation of the dump truck frame when loading a large bucket with amplifiers of different thicknesses

ной научно-практической конференции, Кемерово, 30 ноября – 01 2022 года. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. С. 765–768. EDN VCAXSC.

6. Смирнов А. Н., Князьков В. Л., Левашова Е. Е. [и др.] Механические и акустические характеристики наплавленного и основного металла деталей машин карьер-

ерного транспорта // Структура. Напряжения. Диагностика. Ресурс: сборник научных трудов, посвященный 70-летию доктора технических наук, профессора А. Н. Смирнова. – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. С. 88–103. EDN YLYDSP.

7. Абабков Н. В., Баканов А. А. Исследование структуры и свойств металла корпуса ступиц редуктор-мотор колеса БЕЛАЗа 7555 после ремонта // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 1(113). С. 130–137. EDN YJUVZP.

8. Левашова Е. Е., Пимонов М. В., Абабков Н. В. Расчет ресурса детали «ось» после восстановления // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 6(152). С. 3–9. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-6-3-9. EDN RENSIC.

9. Мягких И. Д., Назаров М. В. Усиление рам карьерных автосамосвалов // Россия Молодая : сборник материалов XIV всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием, Кемерово, 18–21 апреля 2023 года. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. С. 42201.1-42201.3. EDN PCDJGL.

10. Мягких И. Д., Назаров М. В., Абабков Н. В., Зеляева Е. А. Обзор распределения дефектов рам карьерных самосвалов // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2022 : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Кемерово, 23–24 ноября 2022 года / Редколлегия: А. А. Хорешок (отв. редактор), А. И. Фомин [и др.] Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. С. 4111-4116. EDN URFMEA.

11. Рахаев С. М., Газизуллин Р. Л., Карташов А. Б. [и др.] Выбор нагрузочных режимов на начальных этапах проектирования несущих систем (рам) карьерных самосвалов // Техника и технология горного дела. 2023. № 4(23). С. 41–55. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-41-55. EDN TSVQGN.

12. Зеляева Е. А. Обзор результатов патентного поиска конструкций несущих систем (рам) карьерных самосвалов // Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве : Сборник трудов Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 16–17 мая 2022 года. Прокопьевск : Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» в г. Прокопьевске, 2022. С. 25–28. EDN BRFINQ.

13. Мамаева М. С., Комаров Д. С., Ерастов В. С. Подход к анализу факторов, влияющих на налипание и примерзание связных пород к рабочему оборудованию экскаваторов в условиях Кемеровской области // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2022 : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Кемерово, 23–24 ноября 2022 года / Редколлегия: А. А. Хорешок (отв. редактор), А. И. Фомин [и др.]. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. С. 409.1-409.7. EDN COSPKS.

14. Мамаева М. С., Сидорин Д. В., Боярчук А. В. Анализ конструктивных особенностей ковшей экскаваторов для работы с вскрышными породами // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте : Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Кемерово, 30 ноября – 01 декабря 2022 года. Кемерово : Кузбасский государственный

технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. С. 747-749. EDN HFFRHL.

15. Комаров Д. С., Мамаева М. С. Использование экскаваторов в горнодобывающей промышленности Кузбасса // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте : Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Кемерово, 30 ноября – 01 декабря 2022 года. Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. С. 641-643. EDN ZKJPCZ.

16. Ремонт рам грузовых машин // Практические советы по отделке и ремонту URL: <https://remontask.ru/remont-ram-gruzovykh-mashin/> (дата обращения: 13.01.2024).

17. Богданов А. П., Гайнуллин А. А., Левкович Р. В., Наумов Д. С., Иванов Ю. Д., Окулов К. Ю. Дефекты рам большегрузных самосвалов // Современная техника и технологии. 2015. № 11 [Электронный ресурс]. URL: <https://technology.snauka.ru/2015/11/8155> (дата обращения: 16.01.2025).

18. Ремонт рам грузовиков и прицепов, основные тонкости процесса // Первый кузовной URL: <https://1kuzov.ru/articles/remont-ram-gruzovikov-i-privitsepov-osnovnyie-tonkosti-protssesa/> (дата обращения: 13.01.2024).

19. Мамаева М. С., Горюнов С. В., Хорешок А. А. Влияние свойств влагосодержащих грунтов на усилия сопротивления копанью ковшом экскаватора тип «обратная лопата» // Горное оборудование и электромеханика. 2024. № 2 (172). С. 51–58. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-51-58, EDN: NIXCZM

20. Астахова Т. В. Повышение долговечности рам карьерных автосамосвалов на основе исследования их напряженно-деформированного состояния: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.05.06. - Кемерово, 2007. 20 с.

21. Городов А. А. Анализ дефектов и метода ремонта рам и надрамников грузовых автомобилей // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–30 мая 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. С. 715–720. EDN USPIPD.

22. Хорешок А. А., Дубинкин Д. М., Марков С. О., Тюленев М. А. Об изменении эффективной производительности экскаваторов при использовании карьерных самосвалов с различной вместимостью кузова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 6(148). С. 85–93. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93. EDN IIWWML.

23. Дубинкин Д. М., Яльшев А. В. Влияние процесса погрузки угля в грузовую платформу на коэффициент использования грузоподъемности карьерного самосвала БелАЗ-7530 (220 т) // Уголь. 2023. № S12(1175). С. 11–19. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-S12-11-19. EDN EXALJR.

24. Дубинкин Д. М., Яльшев А. В. Определение параметров модели угля для имитационного моделирования погрузки и разгрузки грузовой платформы карьерного самосвала // Уголь. 2023. № S12(1175). С. 4–10. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-S12-4-10. EDN KFPKCI.

25. Дубинкин Д. М., Исмаилова Ш. Я. Яльшев А. В. Влияние последовательности погрузки вскрышной породы на коэффициент использования грузоподъемности карьерного самосвала БЕЛАЗ-75310 (240 т) // Техника и технология горного дела. 2023. № 4(23). С. 103–118. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-103-118. EDN QDWOHF.

26. Дубинкин Д. М., Бокарев А. И. Разработка методики определения нагрузок на силовую структуру ка-

рьерных самосвалов // Горное оборудование и электро-механика. 2023. № 5(169). С. 31–44. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-5-31-44. EDN ARXNII.

27. Дубинкин Д. М., Зеляева Е. А. Тенденции развития создания интеллектуальной собственности в области разработки несущих систем (рам) карьерных самосвалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 5(159). С. 104–115. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-5-104-115. EDN DJXLNW.

28. Метод конечных элементов // Википедия. [2023]. Дата обновления: 28.09.2023. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=73732&oldid=133296087> (дата обращения: 28.09.2023).

29. Каменев С. В. Основы метода конечных элементов в инженерных приложениях: учебное пособие. Оренбургский гос. ун-т. Оренбург : ОГУ, 2019. 110 с.

30. Аксенов В. В., Дубинкин Д. М., Исмаилова Ш. Я., Ялышев А. В. Обзор конструкций породных платформ карьерных самосвалов // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Кемерово, 19–20 октября 2021 года / Редколлегия: Д. М. Дубинкин (отв. ред.) [и др.] – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2021. С. 324–332. EDN PREETJ.

31. Дубинкин Д. М., Чичекин И. В., Левенков Я. Ю., Арутюнян Г. А. Разработка имитационной модели динамики карьерного автосамосвала для определения нагрузок, действующих на несущую систему и грузовую платформу при загрузке и разгрузке дисперсного груза // Горная промышленность. 2021. № 6. С. 117–126. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-6-117-126. EDN AFXCCN.

© 2025 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Мягких Илья Дмитриевич**, преподаватель, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск (653039, Россия, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а), e-mail: cliomineng06@gmail.com

**Горюнов Сергей Викторович**, кандидат технических наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск (653039, Россия, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а),

**Удалова Юлия Сергеевна**, студент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск (653039, Россия, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а)

Заявленный вклад авторов:

Горюнов Сергей Викторович – постановка исследовательской задачи.

Мягких Илья Дмитриевич – научный менеджмент; концептуализация исследования; сбор и анализ данных; выводы; написание текста.

Удалова Юлия Сергеевна – обзор соответствующей литературы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2025-3-80-90

**Ilya D. Muagkih\*, Sergey V. Goryunov, Julia S. Udalova**

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, branch in Prokopyevsk

\* for correspondence: cliomineng06@gmail.com

## INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF INCREASING THE LIFE OF DUMP TRUCK FRAMES



### Article info

Received:

21 January 2025

Accepted for publication:

30 April 2025

Accepted:

20 June 2025

### Abstract.

The article discusses the main causes of cracks in the frames of a quarry dump truck, provides statistical patterns of crack formation, which were obtained by expert survey. The results of the expert survey were processed using statistical analysis methods according to the loading capacity of dump trucks from 55 to 360 tons. Based on the analysis results, the relevance of research was determined due to the high frequency of various frame damage during regular operation of equipment in comparison with other causes of downtime of mining dump trucks. In particular, the data analysis revealed the localization of cracks, which most often occur in the area of the second crossbar. The damage values were also revealed depending on the dump truck's operating mode and its load capacity. The BelAZ 75605 model was chosen as the most typical representative of mining dump trucks for further analysis. The choice of dump truck is determined by the prospects of using mining dump trucks with higher carrying capacity due to the abolition of the fleet of mining dump trucks with lower carrying capacity. A three-dimensional model of the frame of the selected dump truck was created in order to computer simulate the

Published:  
26 June 2025

**Keywords:** Mining dump trucks, welding, repair, maintenance, frame, analysis, stresses

loads and obtain data on the most loaded sections of the frame. The data obtained by computer modeling was analyzed, which revealed the values of frame deformation depending on the degree of loading of the dump truck (0%, 50% and 100% of full load) using finite element analysis. The dependence of the load change on the frame elements on the thickness of the lining is investigated. Ways to increase the life of frames by applying linings to problem areas of frames are proposed.

**For citation:** Muagkih I.D., Goryunov S.V., Udalova J.S. Investigation of the possibility of increasing the life of dump truck frames. *Mining Equipment and Electromechanics*, 2025; 3(179):80-90 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2025-3-80-90, EDN: UVYEUEW

#### REFERENCES

1. Khoreshok A.A., Zelyaeva E.A. Overview of the structures of load-bearing systems (frames) of mining dump trucks with a lifting capacity of up to 110 tons. *Mining equipment and technology*. 2022; 1(16):4–15. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-1-4-15. EDN FVNZPH.
2. Zelyaeva E.A., Dubinkin D.M. Analysis of the patent situation regarding the designs of bearing systems (frames) of mining dump trucks. *Prospects for the innovative development of Russia's coal regions : Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Prokopyevsk, April 13-14, 2022. – Prokopyevsk: Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev" in Prokopyevsk: 2022. Pp. 212–214. EDN UHILCK.
3. GOST 19281-2014. High-strength rolled products. General technical conditions: interstate standard: date of introduction 2015-01-01 / By the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (Protocol No. 65-P dated March 28, 2014).
4. Kuzin E.G., Pudov E.Y., Dubinkin D.M. Analysis of failures of mining dump truck components under operating conditions. *Mining equipment and electromechanics*. 2021; 2(154):55–61. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61. EDN GLEFHZ.
5. Myagkih I.D., Nazarov M.V., Ababkov N.V. Analysis of welding methods for frames of dump trucks. *Innovations in information technology, mechanical engineering and motor transport : Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference*. Kemerovo, November 30–01, 2022. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2022. Pp. 765–768. EDN VCAXSC.
6. Smirnov A.N., Knyazkov V.L., Levashova E.E. [Mechanical and acoustic characteristics of deposited and base metal parts of quarry transport machines]. *Structure. Tension. Diagnostics. Resource: collection of scientific papers dedicated to the 70th anniversary of Doctor of Technical Sciences, Professor A. N. Smirnov*. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2017. Pp. 88–103. EDN YLYDSP.
7. Ababkov N.V., Bakanov A.A. Investigation of the structure and properties of the metal of the hub housing of the BelAZ 7555 gear-motor wheel after repair. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2016; 1(113):130–137. – EDN YJUVZP.
8. Levashova E.E., Pimonov M.V., Ababkov N.V. Calculation of the resource of the axis part after restoration / E. E. Levashova. *Mining equipment and electromechanics*. 2020; 6(152):3–9. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-6-3-9. EDN RENSIC.
9. Myagkih I.D., Nazarov M.V. Strengthening the frames of dump trucks. *Young Russia : collection of materials of the xiv all-russian scientific and practical conference of young scientists with international participation*. Kemerovo, April 18-21, 2023. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2023. Pp. 42201.1–42201.3. EDN PCDJGL.
10. Myagkih I.D., Nazarov M.V., Ababkov N.V., Zelyaeva E.A. Review of the distribution of defects in the frames of mining dump trucks. *Natural and intellectual resources of Siberia. Sibresurs 2022 : Collection of materials of the XIX International Scientific and Practical Conference*. Kemerovo, November 23-24, 2022 / Editorial board: A.A. Khoreshok (editor-in-chief), A.I. Fomin [et al.]. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2022. Pp. 4111–4116. EDN URFMEA.
11. Rakhaev S.M., Gazizullin R.L., Kartashov A.B. [et al.] The choice of load modes at the initial stages of designing load-bearing systems (frames) of mining dump trucks. *Mining engineering and technology*. 2023; 4(23):41–55. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-41-55. EDN TSVQGN.
12. Zelyaeva E. A. Review of the results of the patent search for structures of bearing systems (frames) of mining dump trucks. *Improving the quality of education, modern innovations in science and production : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Prokopyevsk, May 16-17, 2022. Prokopyevsk: Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev" in Prokopyevsk; 2022. Pp. 25–28. EDN BRFIHQ.
13. Mamaeva M.S., Komarov D.S., Erastov V.S. An approach to the analysis of factors influencing the sticking and freezing of cohesive rocks to the working equipment of excavators in the Kemerovo region. *Natural and intellectual resources of Siberia. Sibresurs 2022 : Collection of materials of the XIX International Scientific and Practical Conference*. Kemerovo, November 23-24, 2022. Editorial board: A.A. Khoreshok (editor-in-chief), A.I. Fomin [et al.] Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2022. Pp. 409.1-409.7. EDN COSPKS.
14. Mamayeva M.S., Sidorin D.V., Boyarchuk A.V. Analysis of the structural features of excavator buckets for working with overburden rocks. *Innovations in information technology, mechanical engineering and motor transport : Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference*. Kemerovo, November 30–01, 2022. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2022. Pp. 747–749. EDN HFFRHL.
15. Komarov D.S. Mamayeva M.S. The use of excavators in the mining industry of Kuzbass. *Innovations in information technology, mechanical engineering and motor transport : Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference*. Kemerovo, November 30 – 01, 2022. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, 2022. pp. 641-643. EDN ZKJPCZ.
16. Repair of truck frames. *Practical tips on finishing and repair* URL: <https://remontask.ru/remont-ram-gruzovykh-mashin/> (date of access: 01/13/2024).
17. Bogdanov A.P., Gainulli A.A., Levkovich R.V., Naumov D.S., Ivanov Yu.D., Okulov K.Yu. Defects in the frames of heavy-duty dump trucks. *Modern machinery and technologies*. 2015; 11 [Electronic resource]. URL:

<https://technology.snauka.ru/2015/11/8155> (date of request: 16.01.2025).

18. Repair of truck and trailer frames, the main subtleties of the process // The first body URL: <https://lkuzov.ru/articles/remont-ram-gruzovikov-i-priitsepov-osnovnye-tonkosti-protssessa/> (date of access: 01/13/2024).

19. Mamaeva M.S., Goryunov S.V., Khoreshok A.A. Influence of properties of moisture-containing soils on the efforts of resistance to digging with an excavator bucket type "reverse shovel". *Mining equipment and electromechanics*. 2024; 2(172):51–58. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-51-58. EDN: NIXCZM

20. Astakhova T.V. Increasing the durability of the frames of quarry dump trucks based on the study of their stress-strain state: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences: 05.05.06. Kemerovo, 2007. 20 p.

21. Gorodov A.A. Defect analysis and repair method of frames and superstructures of trucks. *International scientific and technical conference of young scientists of BSTU named after V.G. Shukhov*. Belgorod, May 01-30, 2015. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov; 2015. Pp. 715–720. EDN USPIPD.

22. Khoreshok A.A., Dubinkin D.M., Markov S.O., Tyulenev M.A. On the change in the effective productivity of excavators when using dump trucks with different body capacities. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2021; 6(148):85–93. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93. EDN IIWWML.

23. Dubinkin D.M., Yalyshev A.V. The influence of the coal loading process into the cargo platform on the utilization factor of the BelAZ-7530 dump truck (220 t). *Coal*. 2023; S12(1175):11–19. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-S12-11-19. EDN EXALJR.

24. Dubinkin D.M., Yalyshev A.V. Determination of coal model parameters for simulation of loading and unloading of a cargo platform of a dump truck. *Coal*. 2023; S12(1175):4–10. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-S12-4-10. EDN KFPKCJ.

25. Dubinkin D.M., Ismailova Sh.Ya., Yalyshev A.V. Influence of the sequence of loading of overburden rock on the utilization factor of the BELAZ-75310 (240 t) dump truck. *Mining engineering and technology*. 2023; 4(23):103–118. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-103-118. – EDN QDWOHF.

26. Dubinkin D.M., Bokarev A.I. Development of a methodology for determining the loads on the power structure of mining dump trucks. *Mining equipment and electromechanics*. 2023; 5(169); 31–44. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-5-31-44. EDN ARKNIJ.

27. Dubinkin D.M., Zelyaeva E.A. Trends in the development of intellectual property creation in the field of the development of bearing systems (frames) of mining dump trucks. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2023; 5(159); 104–115. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-5-104-115. EDN DJXLNW.

28. The finite element method // Wikipedia. [2023]. Update date: 09/28/2023. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=73732&oldid=133296087> (date of request: 09/28/2023).

29. Kamenev S.V. Fundamentals of the finite element method in engineering applications: a textbook. Orenburg State University. Orenburg: OSU; 2019. 110 p.

30. Aksenov V.V., Dubinkin D.M., Ismailova Sh.Ya., Yalyshev A.V. Review of structures of rock platforms of mining dump trucks. *Innovations in information technologies, mechanical engineering and motor transport : Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference*. Kemerovo, October 19-20, 2021. Editorial board: D.M. Dubinkin (ed.) [and others]. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev; 2021. Pp. 324–332. EDN PREETJ.

31. Dubinkin D.M., Chichekin I.V., Levenkov Ya.Yu., Harutyunyan G.A. Development of a simulation model of the dynamics of a quarry dump truck for determining the loads acting on the load-bearing system and the cargo platform during loading and unloading of dispersed cargo *Mining industry*. 2021; 6:117–126. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-6-117-126. EDN AFXCCN.

© 2025 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). The authors declare no conflict of interest.

#### About the author:

**Ilya D. Muagkih**, lecturer, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Prokopyevsk branch (19a Nogradskaya str., Prokopyevsk, 653039, Russia), e-mail: [cliomineng06@gmail.com](mailto:cliomineng06@gmail.com)

**Sergey V. Goryunov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, branch in Prokopyevsk (653039, Russia, Prokopyevsk, Nogradskaya str., 19a),

**Julia S. Udalova**, student, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, branch in Prokopyevsk (653039, Russia, Prokopyevsk, Nogradskaya str., 19a)

#### Contribution of the authors:

Ilya D. Muagkih – scientific management; conceptualization of research; data collection and analysis; conclusions; writing a text.

Sergey V. Goryunov – setting a research task.

Julia S. Udalova – review of relevant literature.

Authors have read and approved the final manuscript.

