ISSN 1999-4125 (Print) **ISSN 2949-0642 (Online)**

Научная статья
УДК 622.684
DOI: 10.26730/1999-4125-2026-4-59-67

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ НАХЛЕСТОЧНОГО ШВА КАРТЕРА МОСТА КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА (ЧАСТЬ 1)

Беспоясов Матвей Валерьевич[1], Зайцев Леонид Александрович[1], Бокарев Александр Игоревич[1], Пашков Дмитрий Алексеевич[2], Закрасовский Дмитрий Иванович[2]

[1] МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН»
[2] Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

[*] для корреспонденции: pashkovda@kuzstu.ru

Аннотация.
Статья посвящена исследованию наиболее нагруженных сварных соединений картера моста карьерного самосвала грузоподъемностью 220 тонн для дальнейшего повышения долговечности сварных соединений картера моста карьерного самосвала. В статье отмечена актуальность повышения долговечности сварных соединений карьерных автосамосвалов и представлены основные методы повышения долговечности сварных соединений. Отмечено, что значимость проведения уточненных расчетов сварных соединений на стадии проектирования усиливается. Они позволяют оценить долговечность соединений при их различном расположении и исполнении с учетом особенностей сварных швов. По результатам расчетов можно скорректировать конструкцию и геометрию соединений, дать рекомендации по назначению конструктивного исполнения шва в конструкторской документации, что позволяет повысить долговечность конструкции. Представлен объект исследования, которым является сварной картер заднего моста карьерного самосвала грузоподъемностью 220 тонн. Приведено описание конструкции картера и обоснование использования на первых этапах оценки упрощенных моделей для определения общей нагруженности сварных соединений. Для проведения расчетов использовался типовой режим нагружения – пробой подвески, соответствующий трехкратной полной массе (на автомобиль действует суммарное вертикальное ускорение 3g). В результате получена картина напряженно-деформированного состояния картера заднего моста в режиме пробоя подвески, диаграмма распределения главных растягивающих напряжений как наиболее опасных. Сделаны выводы по исследованию. В качестве объекта дальнейших исследований выбран нахлесточный шов соединения верхнего листа с трубой моста.

CC BY

Информация о статье
Поступила:
09 июня 2026 г.

Одобрена после рецензирования:
01 сентября 2026 г.

Принята к публикации:
15 сентября 2026 г.

Ключевые слова:
карьерный самосвал, долговечность, ходовая часть, картер моста, сварные швы, метод конечных элементов, метод эффективных напряжений в надрезе, рекомендации по повышению долговечности

Для цитирования: Беспоясов М.В., Зайцев Л.А., Бокарев А.И., Пашков Д.А., Закрасовский Д.И. Повышение долговечности сварных соединений на примере нахлесточного шва картера моста карьерного самосвала (часть 1) // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2026. № 4 (176). С. 59-67. DOI: 10.26730/1999-4125-2026-4-59-67, EDN: OBECDJ

Благодарности
Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению от 30.09.2022 г. №075-15-2022-1198 с ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях

разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс»), утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 г. № 1144-р в рамках реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Введение

Технология изготовления изделий из листового металла с применением сварных соединений позволяет сравнительно просто, без применения специальной оснастки и большого количества специального оборудования, получать сложные пространственные крупногабаритные конструкции, такие, как, например, рамы и картеры мостов карьерных самосвалов. Однако сварные конструкции из листового металла, как правило, уступают по прочности и долговечности изделиям, полученным, например, литьем или ковкой. При этом такие изделия, как рамы и мосты карьерных самосвалов, должны выдерживать значительные статические и динамические нагрузки, обеспечивая требуемую долговечность – от этого напрямую зависит экономическая эффективность использования карьерной техники [1–3]. Анализ опыта эксплуатации [4–6] и практика прочностных расчетов показывают, что одним из наиболее слабых мест рам и мостов карьерных самосвалов являются сварные швы, которые являются концентраторами напряжений, и околошовная зона, в которой при процессе сваривания происходит потеря механических свойств основного материала.

Также при разработке современных конструкций требуется повышать их удельную нагрузочную способность – стремиться к уменьшению массы при сохранении или даже увеличении прочностных характеристик конструкции, что часто приводит к еще большей нагруженности сварных соединений.

Поэтому методам синтеза нагрузочных режимов сварных единений карьерных самосвалов, применению методов численного моделирования для оценки напряженно-деформированного состояния таких конструкций посвящено значительное количество работ [7, 8]. Однако в области исследований, посвященных расчетной оценке долговечности сварных швов, имеет место слабоизученная область зависимости долговечности таких соединений от их геометрических параметров, а также область алгоритмов и методик доработки сварных конструкций на этапе проектирования.

Целью работы является повышение долговечности сварных соединений на примере нахлесточного шва картера моста карьерного самосвала и, как следствие, экономической эффективности добычи полезных ископаемых, путем расчетной оценки долговечности и доработки сварных соединений на стадии проектирования. По результатам работы сформированы рекомендации по повышению долговечности сварной конструкции на этапе проектирования.

Исходя из описанного выше опыта эксплуатации карьерной техники, современных тенденций в проектировании высоконагруженных сварных соединений и недостаточной изученности данной области, работа является актуальной.

Основные методы повышения долговечности сварных соединений

Все методы повышения долговечности сварных соединений можно разделить на

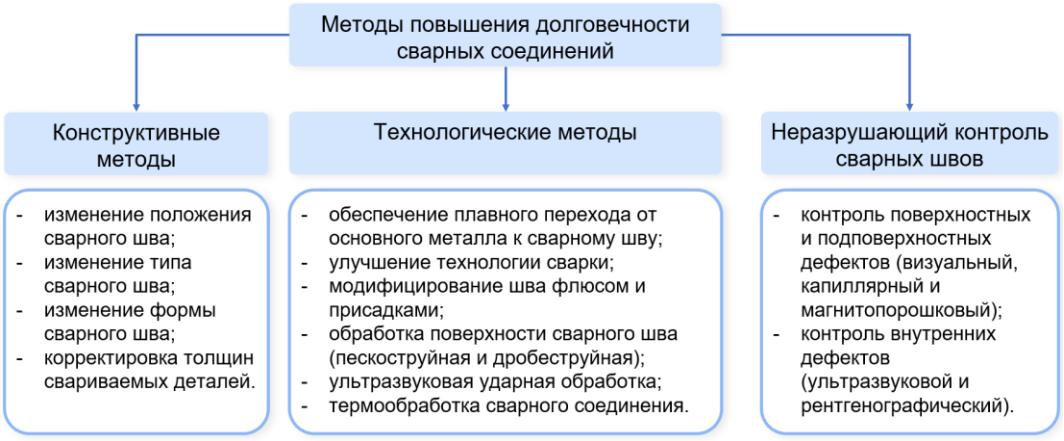

Рис. 1. Классификация методов повышения долговечности сварных соединений
Fig. 1. Classification of methods for increasing the durability of welded joints

технологические, конструктивные и метод неразрушающего контроля сварных соединений [9]. Классификация методов представлена на Рис.1. К первой группе [10, 11] относятся дополнительные операции обработки сварных соединений для снижения в них концентрации напряжений (обеспечение плавного перехода от основного металла к наплавленному) и для создания в них сжимающих напряжений (дробеструйная обработка, прокатка роликом, ультразвуковая ударная обработка [12] и так далее), улучшение технологии сварки и модифицирование шва флюсом и присадками [13]. Проведение неразрушающего контроля [14] наиболее ответственных и нагруженных соединений позволяет на этапе производства выявить поверхностные, подповерхностные и глубинные дефекты и предотвратить преждевременные отказы во время эксплуатации. Данные мероприятия могут значительно повысить долговечность конструкции, однако ведут к технологическому усложнению, удорожанию и увеличению времени изготовления, что отчасти нивелирует основные преимущества применения таких конструкций. Оценить эффект от применения таких мероприятий на этапе проектирования изделия затруднительно без большой экспериментальной базы. Поэтому в данной работе технологические методы повышения долговечности не рассматривались.

К конструктивным мероприятиям относятся общие рекомендации по расположению сварных швов в наименее нагруженных областях конструкции, а также по использованию рациональных типов шва, их форме и толщине свариваемых деталей [5]. Однако в реальной конструкции редко удается соблюсти эти рекомендации в полном объеме из-за технологических и конструктивных ограничений, определяющих геометрию свариваемых деталей и места их соединений.

Исходя из этого, усиливается значимость проведения уточненных расчетов сварных соединений на стадии проектирования. Они позволяют оценить долговечность соединений при их различном расположении и исполнении с учетом особенностей сварных швов. По результатам расчетов можно скорректировать конструкцию и геометрию соединений, дать рекомендации по назначению конструктивного исполнения шва в конструкторской документации, что позволяет повысить долговечность конструкции. В данной работе описано применение таких расчетов для повышения долговечности сварного картера заднего моста карьерного самосвала грузоподъемностью 220 тонн, на основе проведенной работы сформулирована рекомендуемая последовательность по расчету и доработке сварной конструкции с целью повышения долговечности сварных соединений, представленная на Рис. 2.

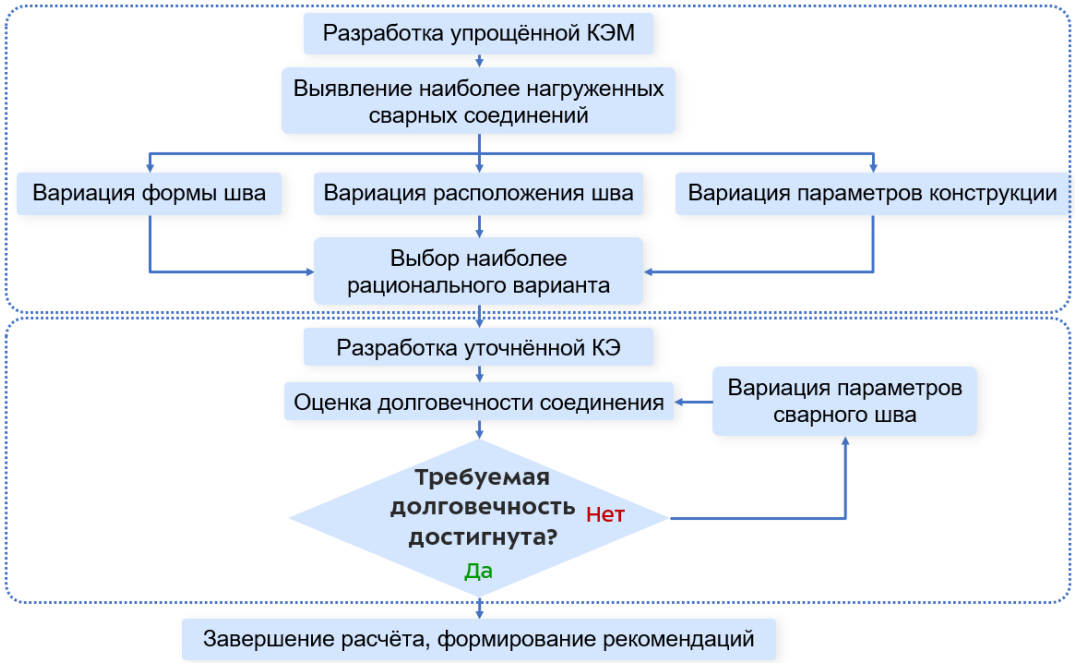

Рис. 2. Рекомендуемая последовательность доработки сварной конструкции на этапе проектирования для повышения долговечности сварных соединений

Fig. 2. Recommended sequence of modification of the welded structure at the design stage to increase the durability of welded joints

Разработка упрощенной конечно-элементной модели картера моста

Объектом исследований был выбран сварной картер заднего моста карьерного самосвала грузоподъемностью 220 тонн, общий вид его электронной модели показан на Рис. 3. Выбранный картер является типовой конструкцией для карьерных самосвалов с электромеханической трансмиссией: внутри него устанавливаются тяговые электродвигатели, к боковым фланцам крепятся колесные редукторы. Вместе с этим картер моста воспринимает и передает на несущую систему высокие нагрузки, возникающие в пятне контакта задних колес с опорной поверхностью, вследствие чего испытывает в основном поперечный и продольный изгиб. Мост крепится к раме через шаровый шарнир, передающий продольные силы, пневмогидравлические рессоры, воспринимающие вертикальные силы, и тягу Панара, которая передает поперечные силы.

Для расчета общей прочности всей конструкции, а также для выявления наиболее нагруженных соединений листов была разработана оболочечная конечно-элементная модель (КЭМ) исследуемого моста. Общий вид разработанной модели показан на Рис. 4, где одним цветом выделены листы одинаковой толщины.

Поскольку на данном этапе работ не ставилась задача получения точных параметров напряженно-деформированного состояния в соединениях, сварные швы в этой модели смоделированы упрощенно: сшивкой сеток

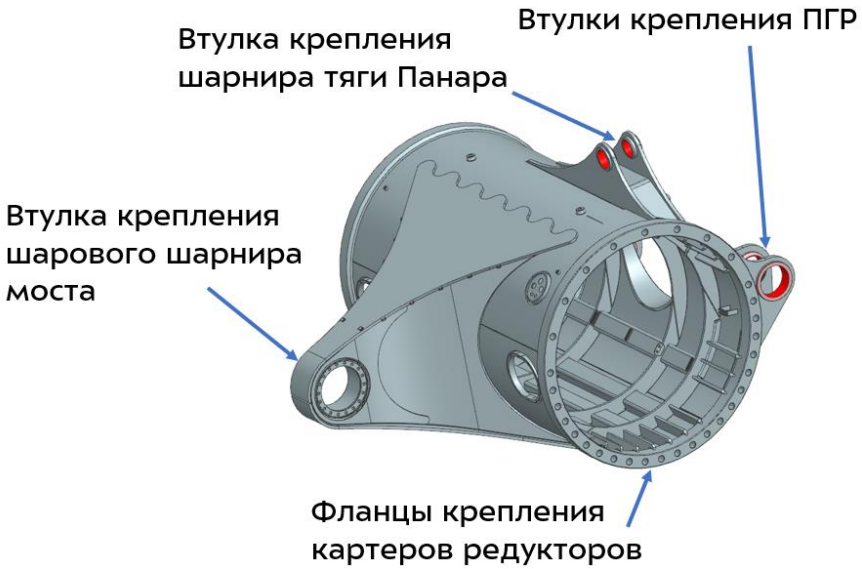

Рис. 3. Электронная модель исследуемого заднего моста
Fig. 3. Electronic model of the rear axle under study

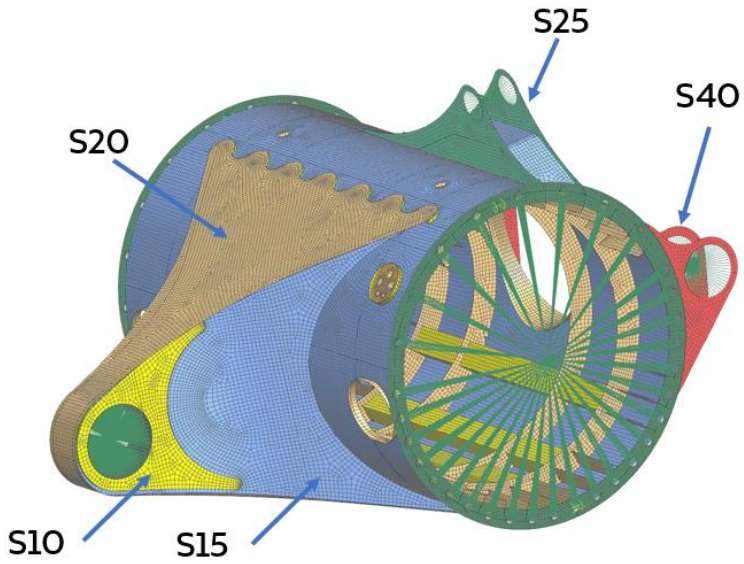

Рис. 4. Электронная модель исследуемого заднего моста
Fig. 4. Electronic model of the rear axle under study

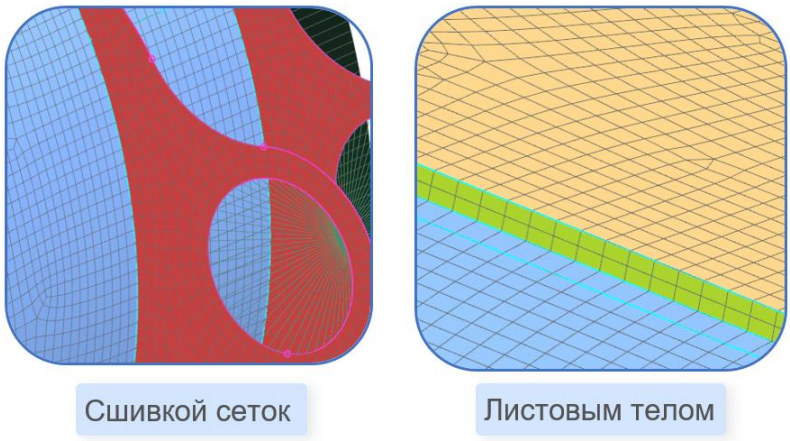

Рис. 5. Основные способы упрощенного моделирования сварных соединений
Fig. 5. The main methods of simplified modeling of welded joints

конечных элементов или с использованием листовых тел, как показано на Рис. 5. Такой подход позволяет быстро разработать конечно-элементную модель сварного изделия, которая требует малого количества машинного времени для проведения расчетов, при этом общая жесткость конструкции воспроизводится адекватно. Такая модель дает возможность оценить прочность конструкции в целом, а также выявить сварные соединения, нагруженные больше остальных и требующие уточненного расчета. С помощью такой модели возможна приближенная оценка влияния параметров конструкции, расположения и формы сварного шва на его общую нагруженность.

Оценка долговечности соединения в тысячах циклов до начала разрушения, как будет показано далее, намного более трудоемкая задача, поэтому на первых этапах оценки и доработки конструкции рационально использовать упрощенные модели для определения общей нагруженности сварных соединений.

Определение наиболее нагруженных сварных соединений картера моста

Для проведения расчетов использовался типовой режим нагружения – пробой подвески, соответствующий трехкратной полной массе (на автомобиль действует суммарное вертикальное ускорение 3g). Согласно опыту расчетов элементов шасси и несущих систем, этот режим является одним из наиболее опасных и при этом в некоторой степени постоянно реализуется в процессе эксплуатации: вертикальные перегрузки характерны как для передвижения по неровностям дороги, так и для процесса погрузки-разгрузки [16, 17]. Значит, картина возникающего в данном нагрузочном режиме напряженно-деформируемого состояния характерна для реальной эксплуатации карьерного самосвала. Таким образом, рассмотренный режим целесообразно использовать для сравнительного повышения долговечности различных вариантов конструкции.

Для определения наиболее нагруженных сварных швов расчет проводился в линейной постановке. В результате получена картина напряженно-деформированного состояния картера заднего моста в режиме пробоя подвески, диаграмма распределения главных растягивающих напряжений, как наиболее опасных, приведена на Рис. 6.

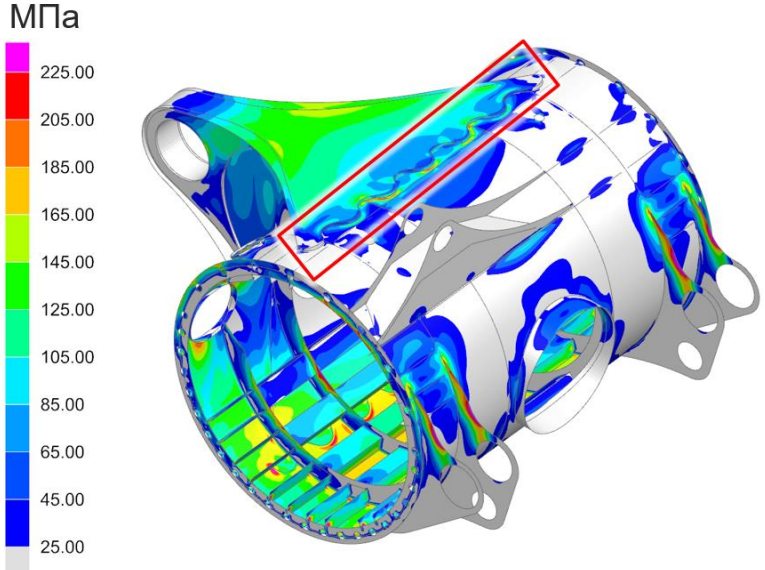

Рис. 6. Диаграмма распределения главных растягивающих напряжений в картере заднего моста в режиме пробоя подвески
Fig. 6. Diagram of the distribution of the main tensile stresses in the rear axle crankcase in suspension breakdown mode

В качестве объекта дальнейших исследований был выбран нахлесточный шов соединения верхнего листа с трубой моста, выделенный на Рис.6**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, п оскольку он всегда работает в зоне растяжения и на нем наблюдается повышенный уровень напряжений. Остальные швы менее нагружены, поэтому можно предположить, что первые усталостные трещины будут образовываться именно в рассматриваемом соединении, а значит, именно для него требуется принимать меры по повышению долговечности в первую очередь [18].

Заключение

1. В рамках выполненного исследования получена картина напряженно-деформированного состояния картера заднего моста в режиме пробоя подвески, диаграмма распределения главных растягивающих напряжений.
2. Выявлен наиболее нагруженный сварной шов на картере моста – нахлесточный, показанный на Рис. 6.
3. Наиболее нагруженный сварной шов принят в качестве объекта дальнейших исследований повышения долговечности сварных соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубинкин Д. М., Закрасовский Д. И. Анализ дефектов картера заднего моста карьерного самосвала БелАЗ-7530 // Уголь. 2025. № 12(1200). С. 58–62. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-12-58-62.

2. Дубинкин, Д. М., Ялышев А. В. Определение статических нагрузок на борт грузовой платформы карьерного самосвала // Горная промышленность. 2022. № 6. С. 137–144. DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-137-144.

3. Попов И. П., Бокарев А. И., Дубинкин Д. М. Анализ методик проектирования несущих систем карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2025. № 4 (180). С. 60–68. DOI: 10.26730/1816-4528-2025-4-60-68.

4. Дубинкин Д. М., Ялышев А. В., Исмаилова Ш. Я. Исходные данные к исследованию напряженно-деформированного состояния грузовой платформы карьерного самосвала // Уголь. 2025. № 12(1200). С. 63–67. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-12-63-67.

5. Дубинкин Д. М., Ялышев А. В., Соннов М. А. Оценка конструкции козырька самосвала посредством виртуального испытания FOPS в CAE Fidesys // Горная промышленность. 2025. № 5. С. 64–68. DOI: 10.30686/1609-9192-2025-5-64-68.

6. Дубинкин Д. М., Закрасовский Д. И. Исследование напряженно-деформированного состояния картера заднего моста карьерного самосвала БелАЗ-7530 при прямолинейном движении с учетом бокового наклона // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2025. № 32. С. 117–122. DOI: 10.26160/2658-3305-2025-32-117-122. EDN QFGUBM.

7. Шмелев А. В., Лисовский Э. В., Шляжко С. А. [и др.] Расчетная оценка усталостной долговечности несущих конструкций карьерного самосвала на основе комплексного компьютерного моделирования процессов нагружения и накопления повреждений // Механика машин, механизмов и материалов. 2020. № 1(50). С. 33–44.

8. Шляжко С. А., Лисовский Э. В., Шукюров А. О. [и др.] Сравнительная оценка усталостной долговечности вариантов конструкции рамы карьерного самосвала методами компьютерного моделирования // Актуальные вопросы машиноведения. 2021. Т. 10. С. 207–216.

9. Кудрявцев С. М., Пачурин Г. В., Соловьев Д. В., Власов В. А. Основы проектирования, производства и материалы кузова современного автомобиля: учебное пособие. 2-е изд., испр. Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, 2012. 235 с.

10. Kirkhope K. J., Bell R., Caron L. [et al.] Weld detail fatigue life improvement techniques. Part 1: review // Marine Structures. 1999. Vol. 12. Iss. 6. Pp. 447–474.

11. Тамадаев В. В., Сигида В. В., Сигида И. В., Паничев А. П. Повышение долговечности сварных стыковых соединений, работающих при циклических нагрузках в двухосном поле напряжений // Вестник Донского государственного технического университета. 2022. Т. 22. № 3. С. 224–233.

12. Сидоров М. М., Михайлов А. Ю. Повышение прочности сварных соединений из низколегированной стали 10ХСНД ультразвуковой ударной обработкой. Текст: непосредственный // Вестник Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова. Серия: Технические науки. 2022. № 1 (09). С. 13–21.

13. Линник А. А. Разработка технологических приемов модифицирования металла шва наноразмерными частицами с применением порошковых проволок при сварке под флюсом: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. 156 с.

14. Герасимова Л. П., Гук Ю. П. Контроль качества конструкционных материалов: Справочная литература. Вологда : Инфра-Инженерия, 2023.

15. Лукьянов В. Ф., Людмирский Ю. Г., Рогозин Д. В. (2012). Проектирование сварных соединений, обеспечивающих малоцикловую усталость на уровне основного металла // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). 2012. № 1-2(62). С. 182–185.

16. Катаргин Д. В. Моделирование

динамической нагруженности рам карьерных самосвалов. Текст: непосредственный // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2011. № 2(20). С. 13–17.

17. Дубинкин Д. М., Ялышев 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.

18. Паначев И. А., Кузнецов И. В. О трещинообразовании в металлоконструкциях большегрузных автосамосвалов при эксплуатации на разрезах Кузбасса // Вестник ИШ ДВФУ. 2018. № 3(36).

© 2026 Авторы. Эта статья доступна по лицензии CreativeCommons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Об автор*ах:
Беспоясов Матвей Валерьевич – техник-конструктор, г. Москва, Российская Федерация, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН», e-mail: bmv@bmstu.ru
Зайцев Леонид Александрович – конструктор, г. Москва, Российская Федерация, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН», e-mail: zaitsev@bmstu.ru
Бокарев Александр Игоревич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, г. Москва, Российская Федерация, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН», e-mail: bokarev@bmstu.ru
Пашков Дмитрий Алексеевич – кандидат технических наук, г. Кемерово, Российская Федерация, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, e-mail: pashkovda@kuzstu.ru
Закрасовский Дмитрий Иванович – младший научный сотрудник, г. Кемерово, Российская Федерация, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, e-mail: zakrasovskijdi@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:
Беспоясов Матвей Валерьевич – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.
Зайцев Леонид Александрович – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.
Бокарев Александр Игоревич – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.
Пашков Дмитрий Алексеевич – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.
Закрасовский Дмитрий Иванович – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

WELDED JOINTS DURABILITY INCREASEMENT ON THE EXAMPLE OF THE REAR AXLE HOUSING LAP JOINT (Part 1)

Matvey V. Bespoyasov[1], Leonid A. Zaitsev[1], Alexander I. Bokarev [1], Dmitry A. Pashkov[2], Dmitry I. Zakrasovsky[2]

[1]Bauman Moscow State Technical University, KAMAZ-BAUMAN R&D
[2]T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

* for correspondence: pashkovda@kuzstu.ru

Article info
Received:

Abstract.
The article is devoted to the most loaded welded joints of the crankcase of the bridge of a 220-ton dump truck. to further enhance the durability of the welded joints of the crankcase bridge of the dump truck. The article notes the relevance of increasing the durability of welded joints of dump trucks. The

09 June 2026

Accepted for publication:
01 September 2026

Accepted:
15 September 2026

Keywords: *rigid body dump truck, durability, suspension, chassis, rear axle housing, welded joints durability, FEA, effective notch stress method, durability incensement*

main methods of increasing the durability of welded joints are presented. It is noted that the importance of conducting refined calculations of welded joints at the design stage is increasing. They allow you to evaluate the durability of joints with their different location and design, taking into account the characteristics of the welds. Based on the calculation results, it is possible to adjust the design and geometry of the joints, to give recommendations on the purpose of the structural design of the seam in the design documentation, which reduces the durability of the structure. The object of research is presented, which is the welded crankcase of the rear axle of a 220-ton dump truck. The description of the crankcase design is given. The rationale for using simplified models at the first stages of evaluation to determine the total load of welded joints is given. For the calculations, a typical loading mode was used – suspension breakdown, corresponding to three times the total mass (the total vertical acceleration of 3G acts on the car). As a result, we obtained a picture of the stress-strain state of the rear axle crankcase in suspension breakdown mode, and a diagram of the distribution of the main tensile stresses as the most dangerous. The conclusions of the study are made. The overlapping foam of the connection of the upper sheet with the bridge pipe was chosen as the object of further research.

For citation: Bespoyasov M.V., Zaitsev L.A., Bokarev A.I., Pashkov D.A., Zakrasovsky D.I. Improving the durability of welded joints using the example of an overlap seam in the crankcase of a dump truck bridge (part 1). *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2026; 4(176):59-67. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2026-4-59-67, EDN: OBECDJ

Acknowledgments

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the agreement dated 30.09.2022 №075-15-2022-1198 with the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev's "Comprehensive scientific and technical program for a full innovation cycle "Development and implementation of a set of technologies in the fields of exploration and extraction of solid minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to the life of the population" (CSTP "Clean coal – Green Kuzbass") approved by the decree of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022. No. 1144-r within the framework of the event "Development and creation of an unmanned shuttle-type mining dump truck with a lifting capacity of 220 tons" in terms of research and development work.

REFERENCES

1. Dubinkin D.M., Zakrasovsky D.I. Analysis of defects in the crankcase of the rear axle of the BelAZ-7530 dump truck. *Coal.* 2025; 12(1200):58-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-12-58-62.

2. Dubinkin D.M., Yalyshev A.V. Determination of static loads on board the cargo platform mining dump truck. *Mining industry.* 2022; 6:137-144. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-137-144.

3. Popov I.P., Bokarev A.I., Dubinkin D.M. Analysis of methods of designing load -bearing systems of mining dump trucks. *Mining Equipment and Electromechanics.* 2025; 4(180):60-68. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2025-4-60-68.

4. Dubinkin D.M., Yalyshev A.V., Ismailova Sh.Ya. Initial data for the study of the stress-strain state of the cargo platform of a dump truck. *Coal.* 2025; 12(1200):63-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-12-63-67.

5. Dubinkin D.M. Yalyshev A.V., Sonnov M.A. Evaluation of the dump truck visor design through virtual testing of FOPS in CAE Fidesys. *Mining industry.* 2025; 5:64-68. DOI: 10.30686/1609-9192-2025-5-64-68.

6. Dubinkin D.M., Zakrasovsky D.M., Investigation of the stress-strain state of the rear axle crankcase of the BelAZ-7530 dump truck in rectilinear motion, taking into account lateral inclination. *Transport, mining and construction engineering: Science and production.* 2025; 32:117-122. DOI: 10.26160/2658-3305-2025-32-117-122. EDN QFGUBM.

7. Shmelev M, Lisovsky E.V., Shlyazhko S.A. Calculated the fatigue life of bearing structures of a mining dump truck based on complex computer modeling of loading processes and damage accumulation. *Mechanics of machines, mechanisms and materials.* 2020; 1(50):33-44.

8. Shlyazhko S.A., Lisovsky E.V., Shukyurov A.O. [et al.] Comparative evaluation of the fatigue life of the frame design options of a mining dump truck by computer modeling methods. *Actual issues of machine science.* 2021; 10:207-216.

9. Kudryavtsev S.M., Pachurin G.V., Solovyov D.V., Vlasov V.A. Fundamentals of design, production and materials of the body of a modern car: a textbook. 2nd ed., ispr. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev; 2012. 235 p.

10. Kirkhope K.J., Bell R., Caron L. [et al.] Weld detail fatigue life improvement techniques. Part 1: review. *Marine Structures.* 1999; 12(6):447-474.

11. Tamadaev V.V., Sigida V.V., Sigida I.V., Panichev A.P. Improving the durability of welded butt joints operating under cyclic loads in a biaxial stress field. *Bulletin of the Don State Technical University.* 2022; 22(3):224-233.

12. Sidorov M.M., Mikhailov A.Yu. Increasing the strength of welded joints made of low-alloy 10XCND steel by ultrasonic shock treatment. Text: direct. *Bulletin of the Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov. Series: Technical Sciences.* 2022; 1(09):13-21.

13. Linnik A.A. Development of technological techniques for modifying weld metal with nanoscale particles using powder wires in submerged welding: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow: Bauman Moscow State Technical University; 2017. 156 p.

14. Gerasimova L.P., Guk Yu.P. Quality control of structural materials: Reference literature. Vologda: Infra-Engineering; 2023.

15. Lukyanov V.F., Lyudmirsky Yu.G., Rogozin D.V. Design of welded joints providing low-cycle fatigue at the base metal level. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don).* 2012; (1-2 (62):182-185.

16. Katargin D.V. Modeling of dynamic loading of frames of mining dump trucks. Text: direct. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy.* 2011; 2(20):13-17.

17. 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.

18. Panachev I.A., Kuznetsov I.V. On cracking in metal structures of heavy-duty dump trucks during operation in the Kuzbass mines. *Bulletin of the FEFU ISH.* 2018; 3(36).

© 2026 The Authors. 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 authors:
Matvey V. Bespoyasov – Design technician, Moscow, Russian Federation, Bauman Moscow State Technical University, KAMAZ-BAUMAN Research Centre, e-mail: bmv@bmstu.ru
Leonid A. Zaitsev – Designer, Moscow, Russian Federation, Bauman Moscow State Technical University, KAMAZ-BAUMAN Research Centre, e-mail: zaitsev@bmstu.ru
Alexander I. Bokarev – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Moscow, Russian Federation, Bauman Moscow State Technical University, KAMAZ-BAUMAN Research Centre, e-mail: bokarev@bmstu.ru.
Dmitry A. Pashkov – Candidate of Technical Sciences, Kemerovo, Russian Federation, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, e-mail: pashkovda@kuzstu.ru
Dmitry I. Zakrasovsky – Junior Researcher, Kemerovo, Russian Federation, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, e-mail: zakrasovskijdi@kuzstu.ru

Contribution of the authors:
Matvey V. Bespoyasov – research problem statement, research conceptualisation, data analysis, summarising, writing, review of current literature, data collection.
Leonid A. Zaitsev – research problem statement, research conceptualisation, data analysis, summarising, writing, review of current literature, data collection.
Alexander I. Bokarev – setting the research problem, conceptualisation of the study, data analysis, summarising, writing, review of current literature, data collection.
Dmitry A. Pashkov – setting the research problem, conceptualisation of the study, data analysis, summarising, writing, review of current literature, data collection.
Dmitry I. Zakrasovsky – formulation of the research problem, conceptualization of the study, data analysis, summarizing results, writing the text, review of current literature, data collection.

All authors have read and approved the final manuscript.