

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-633199>

Оригинальное исследование



Разработка новой конструкции ковша одноковшового гидравлического экскаватора

Г.Г. Бурый, И.К. Потеряев

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Одноковшовый гидравлический экскаватор активно применяется в горнодобывающей промышленности, строительстве, коммунальном хозяйстве и других отраслях экономики. Производительность данных машин зависит от ряда факторов, основным из которых является объём ковша.

Из-за невозможности преодоления сил сопротивления копанию на экскаватор определённой категории невозможна установка ковша большего объёма.

Цель работы — разработка конструкции ковша экскаватора, формы и механики движения которого сокращают сопротивление копанию, что позволит устанавливать ковши большего объёма.

Материалы и методы. Построена модель ковша в программе Компас-3D, а для прочностного расчёта использовалось приложение APM FEM Компас-3D.

Результаты. Рассмотрены эскизы предлагаемых ковшей объёмом 0,25 м³. Проведён поиск оптимальных параметров деталей ковша для возможности его установки на серийный экскаватор и реализации им процесса копания. Приведено обоснование параметров деталей ковша. Для проверки работоспособности проведён прочностной расчёт спроектированной конструкции ковша. Это позволит повысить производительность экскаватора и расширить его функциональность.

Заключение. В результате исследования предложены изменения в конструкции серийного ковша, которые позволят устанавливать на экскаватор ковши увеличенного объёма без потери прочности и надёжности конструкции. Расчёт на прочность показал запас прочности конструкции 3,3, что говорит о работоспособности спроектированной конструкции предлагаемого ковша.

Ключевые слова: экскаватор; ковш; прочностной расчёт; копание; строительная машина.

Как цитировать:

Бурый Г.Г., Потеряев И.К. Разработка новой конструкции ковша одноковшового гидравлического экскаватора // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 5. С. 533–541. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-633199>

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-633199>

Original Study Article

Development of a new bucket design for a single-bucket hydraulic excavator

Grigory G. Buryi, Ilya K. Poteryaev

Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Single-bucket hydraulic excavators are used in mining industry, construction industry, public utilities and other sectors of the economy. The productivity of these machines depends on a number of factors, among which the main one is the bucket volume.

Due to the impossibility of overcoming the digging resistance forces, it is impossible to install a larger bucket on an excavator of a certain category.

AIM: Development of the excavator bucket design, the shape and mechanics of which reduce digging resistance to make it possible to install larger buckets.

METHODS: The bucket model was built in the Kompas-3D software, and the APM FEM Kompas-3D application was used for strength calculations.

RESULTS: Sketches of the proposed buckets with a volume of 0.25 m³ are considered. The search for optimal parameters of the bucket parts to make it possible to install it on a production excavator and to perform the digging process was carried out. Justification of the parameters of the bucket parts is given. In order to check the operability, a strength calculation of the designed bucket structure was carried out. This will help to increase the productivity of the excavator and to expand its functionality.

CONCLUSION: As a result of the study, changes in the design of the production bucket, which make it possible to install buckets of increased volume on an excavator without losing the strength and reliability of the structure, were proposed. The strength calculation showed a safety factor of 3.3, which proves the operability of the designed structure of the proposed bucket.

Keywords: excavator; bucket; strength calculation; digging; construction machine.

To cite this article:

Buryi GG, Poteryaev IK. Development of a new bucket design for a single-bucket hydraulic excavator. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2024;91(5):533–541. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-633199>

Received: 04.06.2024

Accepted: 11.12.2024

Published online: 11.12.2024

ВВЕДЕНИЕ

Одноковшовые гидравлические экскаваторы применяются во многих сферах промышленности. Экскаваторы применяют при добыче полезных ископаемых, при строительстве зданий и других объектов инженерной инфраструктуры. Производительность экскаватора зависит от множества факторов, которые зависят от рыхлости грунта, продолжительности использования машины, а также объёма ковша [1–5]. В последние десятилетия, исследователи, в основном, создают конструкции рабочего оборудования экскаватора, дополненные устройствами для предварительного рыхления грунта или сохранения энергии в процессе копания.

Однако, следует отметить, что вопрос об увеличении объёма ковша за всё время существования экскаваторов, практически не поднимался. Это связано с тем, что чем больше объём ковша, тем больше требуется сила копания, создаваемая гидроприводом. Поэтому увеличение объёма ковша неминуемо ведёт к увеличению мощности машины, на которую он устанавливается.

ЦЕЛЬ

В работе рассматривается вопрос увеличения объёма ковша без изменения мощности самого экскаватора. Это становится возможным путём создания конструкции ковша с изменённой механикой копания, при которой силы сопротивления копанию понизятся.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Исследование включает в себя: 1) проектирование начальной конструкции предлагаемого ковша; 2) проведение прочностного расчёта конструкции; 3) анализ прочностного расчёта с целью получения оптимальной конструкции; 4) проектирование оптимальной конструкции предлагаемого ковша; 5) проведение прочностного расчёта оптимальной конструкции предлагаемого ковша.

Критерии соответствия

При проектировании начального варианта ковша необходимо было оснастить конструкцию минимальным количеством деталей, необходимых для возможности установки и соблюдения механики поворота. Затем подбирались оптимальные размеры деталей для надёжности конструкции.

Условия проведения

Исследование проведено на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета».

Продолжительность исследования

Исследование проводилось на протяжении 6 месяцев.

Проведённые в рамках исследования процедуры

Автором настоящей работы были внесены изменения в конструкцию ковша, с целью решения поставленной задачи [3]. Рассмотрим подробнее предлагаемую конструкцию ковша объёмом 0,25 м³, спроектированного для экскаватора на базе трактора ЮМЗ-6АКЛ (рис. 1).

Рассматриваемая конструкция ковша, как и стандартный ковш, включает в себя: заднюю стенку 1, боковые стенки 2, оси 3 и 5, проушины 4, зуб 6 и отверстия 9 и 10 для осей. Однако задняя стенка 1 выполнена цилиндрической формы с возможностью её поворота вокруг своей оси 3. При этом зачерпываемый грунт заходит в ковш по касательной, ему препятствуют только силы трения на стенках [4]. При копании стандартным ковшом помимо сил трения неизбежно присутствуют нормальные сопротивления [5]. Конструкция предлагаемого ковша была дополнена дополнительными элементами с возможностью установки на экскаватор и реализации рассматриваемой механики копания. Например, паз 8 создан для беспрепятственного поворота ковша вокруг своей оси. При выдвижении штока гидроцилиндра он заходит в паз и не упирается в заднюю стенку 1. Бортики 7 выполнены для исключения продольных перемещений ковша в проушине рукояти экскаватора. Антифрикционные втулки 11 и 12 выполнены с возможностью поворота осей 3 и 5 в отверстиях 10 и 9 соответственно. Для исключения продольных перемещений осей 3 и 5 в них через резьбовые соединения вкручиваются заглушки 13 и 14 соответственно. Для большей прочности конструкции зуб 6 выполнен в единственном количестве с тупым углом заострения.

Рассмотрим последовательность установки ковша на рукоять. В отверстия 10 стенок 2 предварительно запрессованы антифрикционные втулки 11. В отверстии рукояти предварительно запрессована антифрикционная втулка. Через отверстия втулок 11 и отверстие втулки рукояти вставляется ось 3, так чтобы край рукояти был расположен внутри ковша. Далее ось 3 фиксируется от продольных перемещений заглушками 13, которые вкручиваются по бокам в ось 3 через резьбовые соединения. Бортики 7 разъёмные и фиксируются на оси 3 через болтовые соединения.

Рассмотрим фиксацию штока гидроцилиндра на ковше. В отверстия 9 проушин 4 предварительно запрессованы антифрикционные втулки 12. Антифрикционные втулки также запрессованы в отверстия штока. Ось 5 вставляется в отверстия втулок 12 и втулок штока гидроцилиндра, так чтобы шток был между проушинами 4. Далее ось 5 фиксируется от продольных перемещений

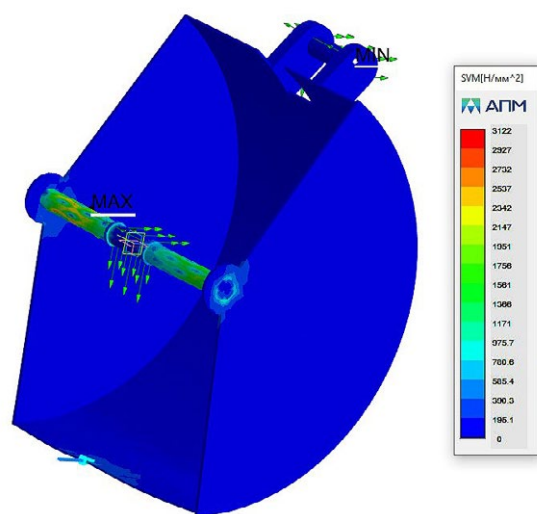


Рис. 3. Напряжения на спроектированной модели ковша.
Fig. 3. Stresses on the designed model of the bucket.

Анализ наиболее нагруженных мест модели показал, какие размеры деталей следует изменить. Для разгрузки оси 3 требуется сократить её длину, как следствие ширину ковша. В этом случае для сохранения объёма ковша придётся увеличить радиус стенки 1 и ширину стенок 2. Для снижения напряжений на зубе 6 следует увеличить толщину стенки 1. Проушины 4 также являются концентраторами напряжений, поэтому решено исключить их. Крепление оси 5 следует осуществлять на стенках 2. Во избежание трения штока гидроцилиндра о стенки 2,

на оси 5 следует предусмотреть съёмные бортики, закрепляемые на оси 5 с помощью болтовых соединений. Для снижения напряжений в местах крепления осей 3 и 5 к стенкам 2 следует сместить крепления дальше от краёв стенок 2. Паз 8 существенно снижал прочность конструкции, поэтому было решено исключить его. Однако паз 8 исключал соприкосновение штока гидроцилиндра со стенкой 1 в процессе поворота ковша. Для сохранения функции беспрепятственного поворота ковша следует сместить крепление оси 5 как можно дальше от стенки 1, для этого необходимо увеличить ширину стенок 2.

Анализ конструкции ковша, представленной на рис. 1 показал, что установка на ковш антифрикционных втулок 11 и 12 необязательна. Оси 3 и 5 следует жёстко закрепить в стенках 2. Возможность поворота ковша будет реализована посредством шарнирных соединений между осью 3 и рукоятью экскаватора, а также между осью 5 и штоком гидроцилиндра. Также следует предусмотреть рациональную форму заглушек 13 и 14, для возможности их легкого снятия и фиксации [8–15].

С учётом приведённого выше анализа прочностного расчёта была спроектирована, уточненная конструкция предлагаемого ковша, представленная на рис. 4.

В приложении APM FEM Компас-3D были выставлены закрепления и сила на уточнённой модели ковша рис. 5. Целесообразно рассмотреть 2 случая нагружения: 1) когда ковш столкнулся с непреодолимым препятствием стенкой 2; 2) когда ковш столкнулся с непреодолимым препятствием зубом 6.

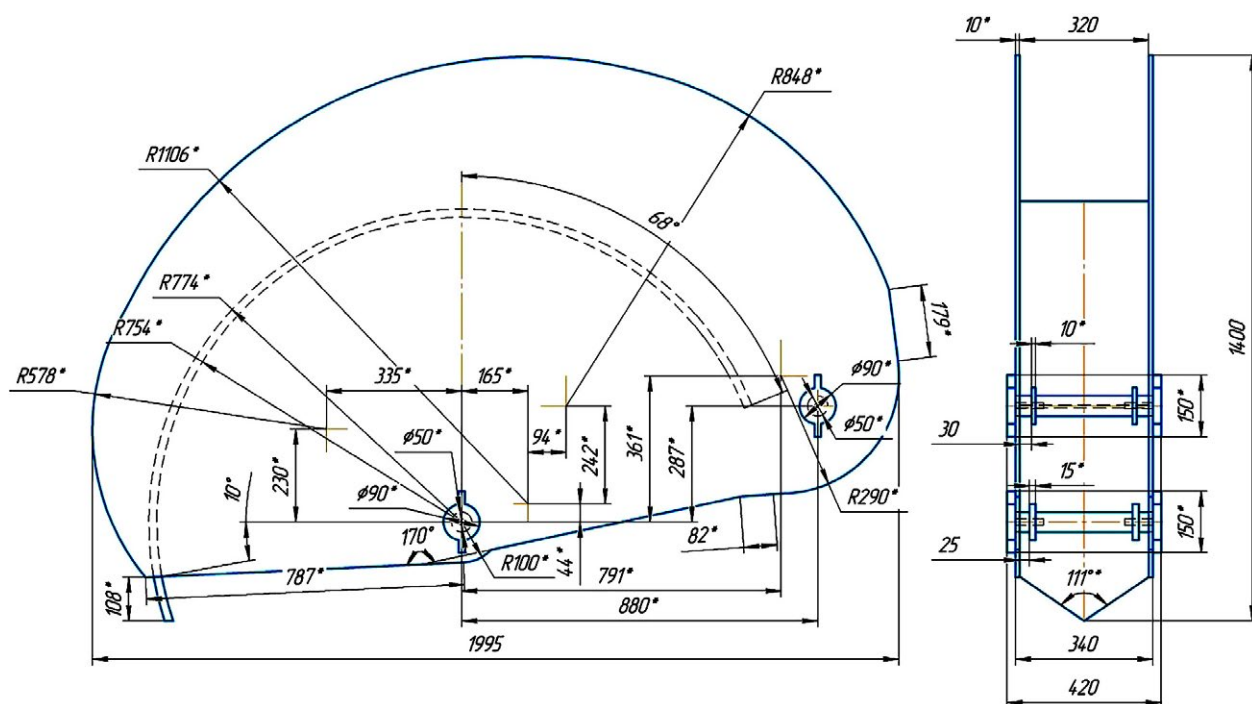


Рис. 4. Уточнённая конструкция предлагаемого ковша.
Fig. 4. Refined design of the proposed bucket.

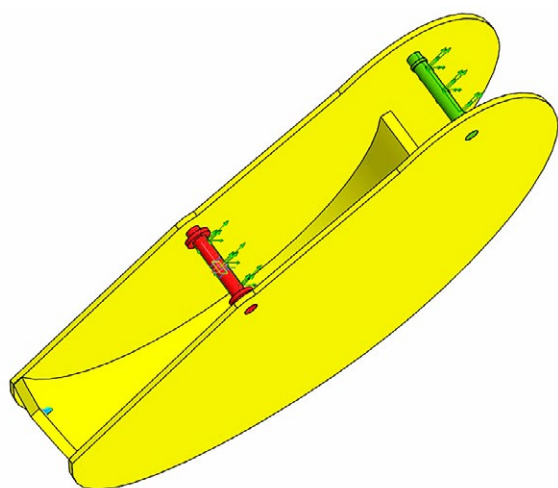


Рис. 5. Уточнённая модель предлагаемого ковша.

Fig. 5. The refined model of the proposed bucket.

Результаты проведения прочностного расчёта уточнённой модели предлагаемого ковша приведены на рис. 6.

Основной исход исследования

При столкновении ковша с непреодолимым препятствием стенкой 2, максимальные напряжения зафиксированы на креплении оси 3 и составляют 150 МПа. Однако более значительные напряжения наблюдаются при столкновении зуба 6 ковша с непреодолимым препятствием. В этом случае максимальные напряжения зафиксированы на зубе 6 и составляют 244 МПа. Если принять материал стали 30ХГСА с пределом текучести

820 МПа следует отметить, что уточнённая конструкция ковша работоспособна. Значение запаса прочности составляет 3,3.

Дополнительные исходы исследования

При анализе конструкции ковша был учтен случай неравномерного нагружения. Рассматривался случай столкновения ковша зубом, а также боковой стенкой. В обоих случаях прочностной расчёт показал надёжность конструкции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Исследованию подвергалась начальная и доработанная конструкции предлагаемого ковша.

Основные результаты исследования

Спроектирована начальная конструкция предлагаемого ковша. Были определены области конструкции ковша, которые не способны выдерживать прикладываемые силы. Проведён анализ размеров деталей для достижения достаточной прочности конструкции. Спроектирована оптимальная конструкция предлагаемого ковша.

Дополнительные результаты исследований

Проведённый анализ позволил упростить конструкцию предлагаемого ковша. Упрощение конструкции позволяет упростить процедуру производства ковша и делает её более надёжной в эксплуатации.

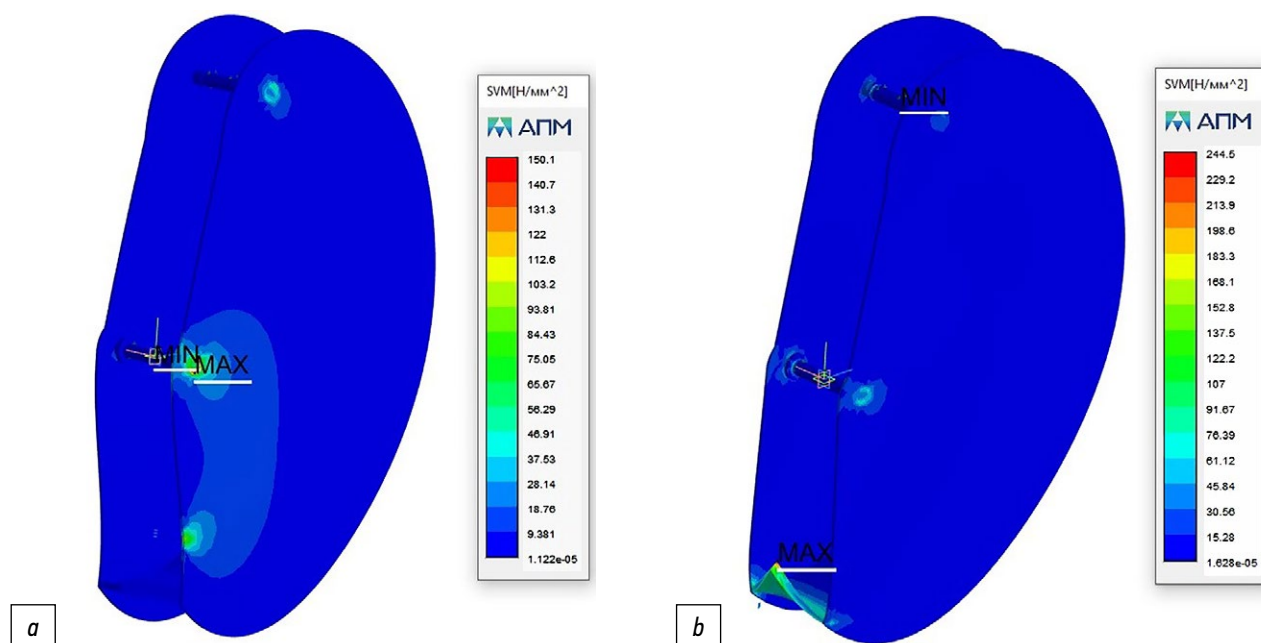


Рис. 6. Результаты прочностного расчёта уточнённой конструкции предлагаемого ковша: *a* — сила на стенке 2; *b* — сила на зубе 6.
Fig. 6. Results of strength calculations of the refined design of the proposed bucket: *a* — force at the wall 2; *b* — force at the tooth 6.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Спроектирована оптимальная конструкция предлагаемого ковша. Конструкция способна выдерживать прикладываемые силы с коэффициентом запаса прочности 3,3.

Обсуждение основного результата исследования

Для создания оптимальной конструкции ковша были внесены изменения в конструкцию. Изменены форма и размеры боковых стенок. Изменены точки крепления оси для гидроцилиндра. Изменены размеры задней стенки. Упрощена конструкция.

Ограничения исследования

Для проведения прочностных расчётов было необходимо рассмотреть самое нагруженное состояние ковша. Такое состояние возможно при столкновении ковша с непреодолимым препятствием. В этом случае происходит отрыв передней оси машины от земли. Учитывая силу тяжести машины равную 66 кН, было принято решение нагрузить конструкцию ковша силой 40 кН. Данная сила составляет больше половины веса экскаватора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в работе была спроектирована работоспособная конструкция предлагаемого ковша объёмом 0,25 м³, для установки на экскаватор на базе трактора ЮМЗ-6АКЛ. Конструкция деталей ковша предусматривает возможность установки на экскаватор и реализацию процесса копания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев В.А. Затраты энергии на резание грунта ковшами агрегата непрерывного действия для формирования подстилающего слоя автодороги // Вестник СибАДИ. 2020. № 6. С. 676–688. doi: 10.26518/2071-7296-2020-17-6-676-688
2. Литвин О.И., Хорешок А.А., Дубинкин Д.М., и др. Анализ методик расчёта производительности карьерных гидравлических экскаваторов // Горная промышленность. 2022. № 5. С. 112–120. doi: 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120
3. Хорешок А.А., Дубинкин Д.М., Марков С.О., и др. 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
4. Зеньков С.А., Дрюпин П.Ю., Высоцкий Е.С., и др. Повышение производительности экскаватора при разработке влажного грунта в условиях севера // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2023. № 21. С. 92–97. doi: 10.26160/2658-3305-2023-21-92-97

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Г.Г. Бурый — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; И.К. Потеряев — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

ADDITIONAL INFORMATION

Author's contributions. G.G. Buriy — literature review, collection and analysis of literary sources, writing the text and editing the manuscript; I.K. Poteryaev — literature review, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the manuscript. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the development of the concept, conduct of the study and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Competing interests. The author declares that he has no competing interests.

Funding source. The author declares that there was no external funding for the research.

5. Журавлёв А.Г., Глебов И.А., Черепанов В.А. К вопросу повышения производительности и технической готовности мощных отечественных экскаваторов // Проблемы недропользования. 2023. № 4 (39). С. 76–88. doi: 10.25635/2313-1586.2023.04.076
6. Патент РФ 218368 / 23.05.2023. Бюл. №15. Бурый Г.Г. Ковш экскаватора. EDN: ELYPHT
7. Бурый Г.Г., Щербаков В.С., Потеряев И.К. Увеличение производительности одноковшового экскаватора через усовершенствование формы ковша // Вестник Брянского государственного технического университета. 2019. № 11 (84). С. 38–45. doi: 10.30987/1999-8775-2019-2019-11-38-45
8. Николаев В.А. Анализ взаимодействия кромки лезвия консольного ножа с грунтом // Вестник СибАДИ. 2020. № 2. С. 172–181. doi: 10.26518/2071-7296-2020-17-2-172-181
9. Старостина Ж.А., Морозов Р.В. Расчет конструкций методом конечных элементов с использованием приложения APM FEM: учебно-метод. пособие. М: МАДИ, 2022.
10. Драгунов Ю.Г., Зубченко А.С., Каширский Ю.В., и др. Марочник сталей и сплавов. М.: Инновационное машиностроение, 2021.

11. Лукашук О.А. Закономерности формирования режимных параметров главных механизмов карьерного экскаватора в процессе экскавации горных пород // Горное оборудование и электромеханика. 2019. № 3 (143). С. 14–17. doi: 10.26730/1816-4528-2019-3-14-17
12. Тарасов М.А. Моделирование параметров функционирования выемочной машины с вибрационным воздействием на горные породы // Устойчивое развитие горных территорий. 2019. Т. 11. № 1 (39). С. 85–97. doi: 10.21177/1998-4502-2019-11-1-85-97
13. Kujundžić T., Klanfar M., Korman T., Briševac Z. Influence of crushed rock properties on the productivity of a hydraulic excavator // Applied Sciences (Switzerland). 2021. Vol. 11, T. 5. P. 1–15. doi: 10.3390/app11052345
14. Choudhary B.S. Effect of blast induced rock fragmentation and muckpile angle on excavator performance in surface mines // Mining of Mineral Deposits. 2019. Vol. 13, N. 3. P. 119–126. doi: 10.33271/mining13.03.119
15. Xu G., Yu Z., Lu N., Lyu G. High-gain observer-based sliding mode control for hydraulic excavators // Harbin Gongcheng Daxue Xuebao. 2021. Vol. 42, N. 6. P. 885–892. doi: 10.11990/jheu.201911056

16. Житомирский Б.Л. К вопросу о повышении КПД рабочих процессов термомеханического воздействия на грунт при строительстве и эксплуатации трубопроводов // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. 2020. № 2 (299). С. 90–98. doi: 10.33285/2073-9028-2020-2(299)-90-98
17. Житомирский Б.Л. Исследование влияния свойств грунта на производительность бурового термомеханического инструмента для применения при строительстве и эксплуатации нефтегазопроводов // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. 2020. № 1(298). С. 74–78. doi: 10.33285/2073-9028-2020-1(298)-74-78
18. Васильев Г.Г., Леонович И.А., Сальников А.П. Об эффективности специальных технических условий в проектах строительства объектов трубопроводного транспорта // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. 2021. № 1 (302). С. 59–71. doi: 10.33285/2073-9028-2021-1(302)-59-71

REFERENCES

1. Nikolaev VA. Energy costs for cutting soil with continuous action units to form a roadbed sublayer. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2020;6:676–688. (In Russ.) doi: 10.26518/2071-7296-2020-17-6-676-688
2. Litvin OI, Khoreshok AA, Dubinkin DM, et al. Analysis of methods for calculating the productivity of quarry hydraulic excavators. *Russian Mining Industry*. 2022;5:112–120. (In Russ.) doi: 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120
3. Khoreshok AA, Dubinkin DM, Markov SO, et al. On the change in the effective productivity of excavators when using quarry dump trucks with different body capacity. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2021;6(148):85–93. (In Russ.) doi: 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93
4. Zenkov SA, Drupin PYu, Vysotsky ES, et al. Improving the performance of an excavator when developing wet soil in the conditions of the north. *Transport, mining and construction mechanical engineering: science and production*. 2023;21:92–97. (In Russ.) doi: 10.26160/2658-3305-2023-21-92-97
5. Zhuravlev AG, Glebov IA, Cherepanov VA. On the issue of increasing the productivity and technical readiness of powerful domestic excavators. *Problems of subsoil use*. 2023;4(39):76–88. (In Russ.) doi: 10.25635/2313-1586.2023.04.076
6. Patent RF 218368 / 23.05.2023. Byul. № 15. Buriy GG. Excavator bucket. EDN: ELYPHT
7. Buriy GG, Shcherbakov VS, Poteryaev IK. Increasing the productivity of a single-bucket excavator by improving the shape of the bucket. *The Bryansk State Technical University Bulletin*. 2019;11(84):38–45. (In Russ.) doi: 10.30987/1999-8775-2019-2019-11-38-45
8. Nikolaev VA. Analysis of the interaction of the edge of the console knife blade with the ground. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2020;2:172–181. (In Russ.) doi: 10.26518/2071-7296-2020-17-2-172-181
9. Starostina ZhA, Morozov RV. Calculation of structures by the finite element method using the APM FEM application: study guide. Moscow: MADI; 2022. (In Russ.)
10. Dragunov YuG, Zubchenko AS, Kashirsky YuV, et al. *Alloy and steel handbook*. Moscow: Innovatsionnoe mashinostroenie; 2021. (In Russ.)
11. Lukashuk OA. Regularities of formation of regime parameters of the main mechanisms of a quarry excavator in the process of excavation of rocks. *Mining equipment and electromechanics*. 2019;3(143):14–17. (In Russ.) doi: 10.26730/1816-4528-2019-3-14-17
12. Tarasov MA. Modeling of functioning parameters of an excavating machine with vibration impact on rocks. *Sustainable development of mountain territories*. 2019;11(1(39)):85–97. (In Russ.) doi: 10.21177/1998-4502-2019-11-1-85-97
13. Kujundžić T, Klanfar M, Korman T, Briševac Z. Influence of crushed rock properties on the productivity of a hydraulic excavator. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021;11(5):1–15. doi: 10.3390/app11052345
14. Choudhary BS. Effect of blast induced rock fragmentation and muckpile angle on excavator performance in surface mines. *Mining of Mineral Deposits*. 2019;13(3):119–126. doi: 10.33271/mining13.03.119
15. Xu G, Yu Z, Lu N, Lyu G. High-gain observer-based sliding mode control for hydraulic excavators. *Harbin Gongcheng Daxue Xuebao*. 2021;42(6):885–892. doi: 10.11990/jheu.201911056
16. Zhitomirsky BL. On the issue of increasing the efficiency of working processes of thermomechanical action on the soil during the construction and operation of pipelines. *Proceedings of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas*. 2020;2(299):90–98. (In Russ.) doi: 10.33285/2073-9028-2020-2(299)-90-98
17. Zhitomirsky BL. Investigation of the influence of soil properties on the performance of drilling thermomechanical tools for use in the construction and operation of oil and gas pipelines. *Proceedings of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas*. 2020;1(298):74–78. (In Russ.) doi: 10.33285/2073-9028-2020-1(298)-74-78

18. Vasiliev GG, Leonovich IA, Salnikov AP. On the effectiveness of special technical conditions in pipeline transport construction projects. *Proceedings of the Gubkin Russian*

State University of Oil and Gas. 2021;1(302):59–71. (In Russ.)
doi: 10.33285/2073-9028-2021-1(302)-59-71

ОБ АВТОРАХ

*** Бурый Григорий Геннадьевич,**

канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Автомобильный транспорт»;
адрес: Российская Федерация, 644080, Омск, пр-т Мира, д. 5;
ORCID: 0000-0002-5008-9176;
eLibrary SPIN: 4216-0384;
e-mail: buryy1989@bk.ru

Потеряев Илья Константинович,

канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой «Эксплуатация нефтегазовой
и строительной техники»;
ORCID: 0000-0002-4350-2495;
eLibrary SPIN: 3684-9850;
e-mail: poteryaev_ik@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Grigory G. Buriy,**

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor of the Automotive Transport Department;
address: 5 Mira ave., 644080 Omsk, Russian Federation;
ORCID: 0000-0002-5008-9176;
eLibrary SPIN: 4216-0384;
e-mail: buryy1989@bk.ru

Ilya K. Poteryayev,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Head of the Operation of Oil and Gas and Construction Machinery
Department;
ORCID: 0000-0002-4350-2495;
eLibrary SPIN: 3684-9850;
e-mail: poteryaev_ik@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author