

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ЭКСКАВАЦИИ ГРУНТА КОВШОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Г. Г. Бурый✉

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный
университет (СибАДИ)», г. Омск, Российская Федерация

✉ buryy1989@bk.ru

Аннотация: Рассмотрен недостаток конструкции ковшей современных экскаваторов. Предложена новая конструкция ковша, позволяющая повысить производительность экскаваторов. Рассмотрено устройство экспериментального стенда для подтверждения эффективности ковша предлагаемой конструкции. Описываются элементы стенда и их назначение. Приведен порядок работы со стендом.

Ключевые слова: полезные и скопаемые, экскаватор, копание, ковш, экспериментальный стенд

Для цитирования: Бурый Г. Г. Экспериментальный стенд для изучения процесса экскавации грунта ковшом цилиндрической формы. *Маркшейдерия и недропользование*. 2024;(6):91-94. https://doi.org/10.56195/20793332_2024_6_91_94.

EXPERIMENTAL STAND FOR STUDYING THE PROCESS OF SOIL EXCAVATION WITH A CYLINDRICAL BUCKET

G. G. Buryj✉

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «The Siberian State Automobile and Highway University» (FSBEI HE «SibADI»), Omsk, Russian Federation

✉ buryy1989@bk.ru

Abstract: The article discusses the design flaws of modern excavator buckets. A new bucket design is proposed that allows increasing excavator productivity. The experimental setup is considered to confirm the efficiency of the proposed bucket design. The elements of the setup and their purpose are described. The procedure for working with the setup is given.

Keywords: minerals, excavator, digging, bucket, experimental stand

For citation: Buryj G. G. Experimental stand for studying the process of soil excavation with a cylindrical bucket. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2024;(6):91-94. (In Russ.). https://doi.org/10.56195/20793332_2024_6_91_94.

Введение

Добыча полезных ископаемых не обходится без одноковшовых гидравлических экскаваторов. От объема зачерпываемого грунта зависит количество добытой руды. Однако чем больше объем ковша установлен на экскаватор, тем более мощный гидропривод должен быть установлен на машине. Для работы более мощного гидропривода требуется двигатель большей мощности, что влечет удорожание техники [1–13].

Автором статьи предлагается конструкция ковша, позволяющая зачерпывать больший объем грунта без замены гидропривода и двигателя за счет более легкого заглубления ковша [14, 15].

Цель работы: разработка экспериментального стенда для изучения процесса экскавации грунта ковшом цилиндрической формы.

Материал и методы исследований

Экспериментальный стенд (рис. 1) состоит из корпуса 1, модели ковша 2, троса 3 и емкости 4 для сыпучего груза. Сыпучий груз постепенно насыпается в емкость, создавая давление для заглубления ковша. В тот момент, когда ковш поворачивается на угол более 90° относительно стартового горизонтального положения, засыпка груза прекращается. Далее емкость 4 с сыпучим грузом взвешивается.

Таким образом определяется минимальное усилие копания моделями ковшей. На экспериментальный стенд установлены модели миниатюрных ковшей стандартной и исследуемой конструкции. В качестве троса принята полиамидная веревка. Исследование направлено на измерение минимальных моментов сил для заглубления моделей ковшей. Учет моментов сил необходим в связи с разными расстояниями точек крепления троса 3 от оси поворота ковшей.

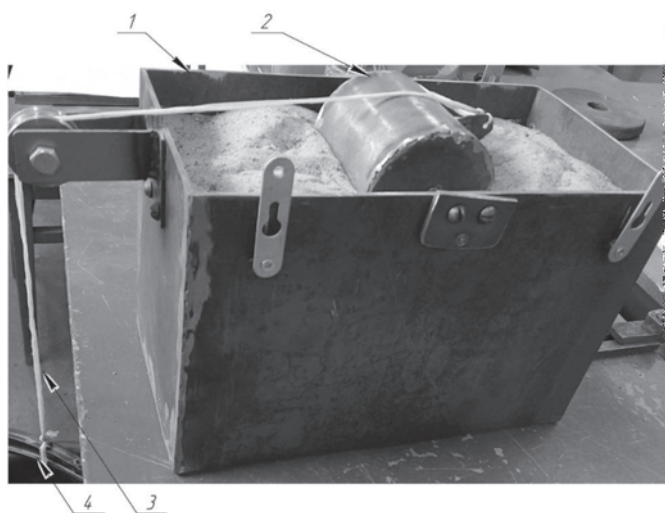


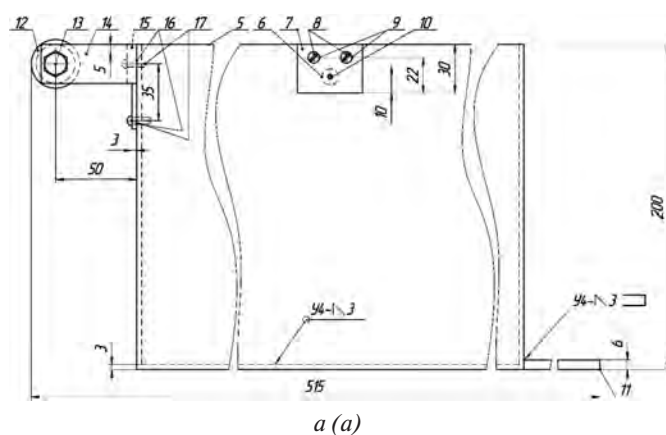
Рис. 1. Экспериментальный стенд: 1 – корпус; 2 – модель ковша; 3 – трос; 4 – емкость для сыпучего груза /
Fig. 1. Experimental stand: 1 – body; 2 – bucket model; 3 – cable; 4 – bulk cargo container

Результаты работы

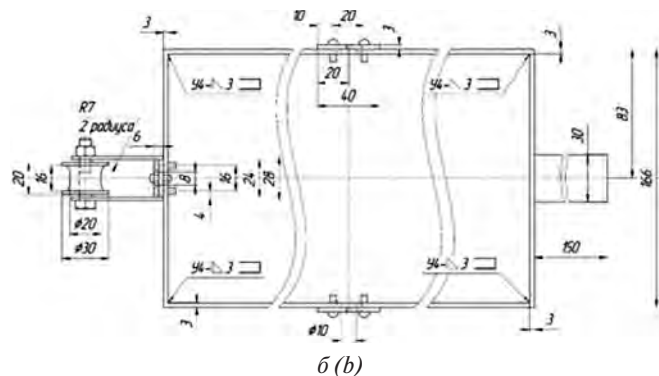
Рассмотрим элементы корпуса экспериментального стенда и их назначение.

Корпус экспериментального стенда (рис. 2) представляет собой сварной короб 5, в который засыпаются связные и несвязные грунты. В коробе 5 выполнено отверстие 6 для возможности установки моделей экспериментальных ковшей. Модели ковшей осями вставляются в подшипники 10 пластин 7. Сами пластины 7 через отверстия 9 крепятся к коробу 5 винтами 8. Для устойчивости стенда предусмотрен фиксатор 11, представляющий собой приваренную к коробу 5 планку. Таким образом, с помощью скоб или струбцин можно закрепить стенд через фиксатор к столу.

Предполагается прикладывать к экспериментальным ковшам усилие для определения ее минимальных значений для реализации процесса копания. Поэтому на моделях ковшей будет закреплен трос, который должен беспрепятственно перемещаться от модели ковша горизонтально, а затем вертикально вниз. Для этого предусмотрен ролик 12 с подшипником, который закреплен болтом с гайкой 13 к кронштейну 14. Кронштейн 14 закреплен на коробе 5 винтами 17, вкрученными в отверстия 16, проходящие через короб 5 и кронштейн 14. В коробе 5 предусмотрен паз 15 для беспрепятственного прохождения троса 3. Размеры короба подобраны при условии отсутствия возможных помех со стороны стенок при заглублении моделей ковшей. Толщина стенок короба 5 достаточна для исключения деформаций в процессе проведения исследований.



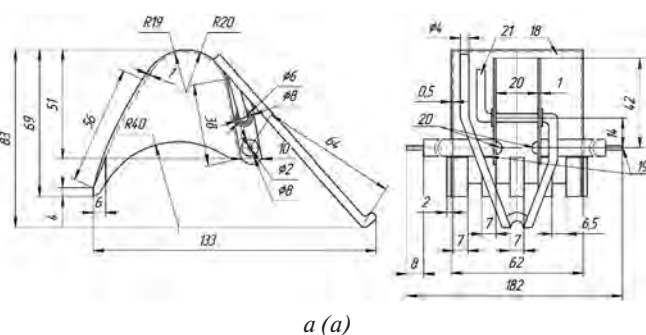
а (а)



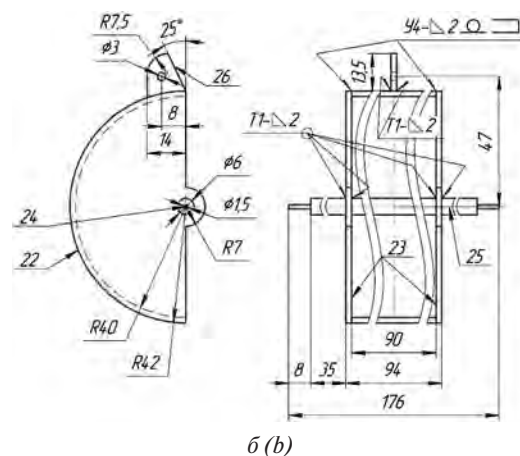
б (b)

Рис. 2. Корпус экспериментального стенда: а – вид спереди; б – вид сверху /
Fig. 2. Standbody: a – frontview; b – topview

Рассмотрим модель стандартного ковша (рис. 3а), устанавливаемую на стенд.



а (a)



б (b)

Рис. 3. Модели ковшей: а – стандартного; б – цилиндрического /
Fig. 3. Bucket models: a – standard; b – cylindrical

Модель состоит из миниатюрного стандартного ковша 18 емкостью 0,00011 м³. В отверстиях крепления ковша к рукоятки установлены оси 19, зафиксированные в отверстиях винтами 20. На концах оси 19 имеют уменьшенный диаметр для возможности вставки в подшипники 10. С учетом возможных нагрузок на модель ковша потребовалось установить кронштейн 21 во избежание разрушения ковша. Так как кронштейн 21 создает рычаг большей длины, модель может быть нагружена меньшими силами. Также кронштейн 21 создает более подходящую траекторию для исследования. На конце кронштейна закрепляется трос 3.

Рассмотрим модель цилиндрического (предлагаемого) ковша (рис. 3б). Модель состоит из полого цилиндра 22, по бокам к которому и приварены стенки 23 в виде секторов круга. В стенках 23 выполнены отверстия 24, расположение

которых совпадает с осью формы полого цилиндра 22. В отверстия 24 вставлена ось 25 и зафиксирована сваркой от продольных перемещений. На наружной стороне полого цилиндра 22 приварена проушина 26 для крепления троса.

Обсуждение результатов исследований

Порядок установки моделей ковшей следующий. Откручиваются винты 8 одной из пластин 7, которая снимается с короба 5. Далее модель ковша краем оси 19 вставляется в отверстие 6 с внутренней стороны короба 5 так, чтобы направление поворота ковша совпадало с направлением движения троса 3 и ролика 12. Затем концом другой оси модель вставляется в подшипник 10 пластины 7, которая не снималась с короба 5. Далее на оголенный край оси надевается пластина 7, которая ранее снималась с короба 5. Край оси вставляется в подшипник 10. Далее ранее снятая пластина фиксируется винтами 8 на коробе 5.

Предложения по практическому применению

Рассмотрим порядок работы с экспериментальным стендом.

Через фиксатор 11 закрепляем стенд на столе. Далее засыпаем $\frac{3}{4}$ объема короба 5 испытуемым грунтом. Затем устанавливаем модель (предлагаемого) ковша на стенд. Далее досыпаем необходимое количество грунта так, чтобы под ковшом и по бокам был грунт. В этом случае требуемое усилие копания будет максимальным. После засыпки грунта требуемого объема и установки модели ковша к модели ковша крепится трос 3. В случае с моделью стандартного ковша трос одним концом крепится к кронштейну 21, а в случае с

моделью цилиндрического ковша — к проушине 26. Трос 3 укладывается в канавку ролика 12. Другой конец троса 3 крепится на емкости 4. Далее в емкость 4 постепенно засыпается сыпучий груз, например сухой песок. Засыпка происходит до момента поворота ковша на более чем 90° . Затем емкость 4 с грузом взвешивается, показание заносится в таблицу. Проводится расчет момента силы. Далее проводится измерение объема грунта внутри (предлагаемого) ковша. Если грунт несвязный, то измерение объема проводится путем его засыпки в мерный стакан. Если грунт связный, то требуется взвешивание модели ковша без грунта и с грунтом, при этом с наружных поверхностей стенок грунт должен быть счищен. Зная массу грунта и предварительно измерив его плотность, можно рассчитать его объем в ковше.

После получения значений момента силы копания и объема грунта в ковше предлагаемой конструкции проводятся дальнейшие опыты. В дальнейших опытах требуется уменьшать объем грунта в коробе 5 примерно на $0,00015 \text{ м}^3$. При этом будет уменьшаться объем зачерпываемого грунта и момент силы копания.

Выводы

1. В статье приведены результаты исследований по разработке экспериментального стенда для изучения процесса экскавации грунта ковшом цилиндрической формы.

2. Результаты исследований могут быть полезными при разработке конструкции ковша цилиндрической формы, позволяющего зачерпывать больший объем грунта без замены гидропривода и двигателя за счет более легкого заглубления ковша.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев, В. А. Затраты энергии на резание грунта ковшами агрегата непрерывного действия для формирования подстилающего слоя автодороги / В. А. Николаев // Вестник СибАДИ. — 2020. — № 6. — С. 676–688. — DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-6-676-688.
2. Анализ методик расчета производительности карьерных гидравлических экскаваторов / О. И. Литвин, А. А. Хорешок, Д. М. Дубинкин [и др.] // Горная промышленность. — 2022. — № 5. — С. 112–120. — DOI: 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120.
3. Николаев, В. А. Анализ взаимодействия кромок лезвия конькового ножа с грунтом / В. А. Николаев // Вестник СибАДИ. — 2020. — № 2. — С. 172–181. — DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-2-172-181.
4. 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.
5. Экспериментальные исследования процесса промышленного рыхления грунта / И. П. Трояновская, А. В. Разношинская, В. А. Козьминых [и др.] // Горный журнал. — 2021. — № 5. — С. 87–90. — DOI: 10.17580/gzh.2021.05.11.
6. Influence of crushed rock properties on the productivity of a hydraulic excavator / T. Kujundžić, M. Klanfar, T. Korman, Z. Briševac // Applied Sciences (Switzerland). — 2021. — Vol. 11, № 5. — P. 1–15. — DOI: 10.3390/app11052345.
7. Choudhary, B. S. Effect of blast induced rock fragmentation and muckpile angle on excavator performance in surface mines / B. S. Choudhary // Mining of Mineral Deposits. — 2019. — Vol. 13, № 3. — P. 119–126. — DOI: 10.33271/mining13.03.119.
8. High-gain observer-based sliding mode control for hydraulic excavators / G. Xu, Z. Yu, N. Lu, G. Lyu // Harbin Gongcheng Daxue Xuebao. — 2021. — Vol. 42, № 6. — P. 885–892. — DOI: 10.11990/jheu.201911056.
9. Пожарский, Д. А. Периодические контактные и смешанные задачи теории упругости (обзор) / Д. А. Пожарский // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: «Естественные науки». — 2021. — № 2 (210). — С. 22–33. — DOI: 10.18522/1026-2237-2021-2-22-33.
10. Босаков, С. В. К решению контактной задачи для прямоугольной пластинки на упругом полупространстве / С. В. Босаков // Наука и техника. — 2020. — Т. 19, № 3. — С. 224–229. — DOI: 10.21122/2227-1031-2020-19-3-224-229.
11. Линник, Е. Ю. Оценка контактных напряжений при внедрении ударника в прочный грунт / Е. Ю. Линник // Проблемы прочности и пластичности. — 2020. — Т. 82, № 1. — С. 52–63. — DOI: 10.32326/1814-9146-2020-82-1-52-63.
12. Босаков, С. В. Контактная задача для пластинки при условии ограничений на ее некоторые перемещения / С. В. Босаков, Ю. Н. Котов // Строительная механика и расчет сооружений. — 2022. — № 1 (300). — С. 54–58. — DOI: 10.37538/0039-2383.2022.1.54.58.
13. Бровка, А. Г. Зависимость прочностных характеристик глины аргиллитоподобной от количества незамерзшей воды / А. Г. Бровка, И. В. Дедюля, А. В. Мурашко // Природопользование. — 2021. — № 2. — С. 96–105. — DOI: 10.47612/2079-3928-2021-2-96-105.
14. Пат. 218368 Рос. Федерация, МПК E02F 3/40. Ковш экскаватора / Г. Г. Бурый; патентообладатель Г. Г. Бурый. — № 2023100483/03; заявл. 10.01.2023; опубл. 23.05.2023; Бюл. № 15.
15. Бурый, Г. Г. Увеличение производительности одноковшового экскаватора через усовершенствование формы ковша / Г. Г. Бурый, В. С. Шербаков, И. К. Потеряев // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2019. — № 11 (84). — С. 38–45. — DOI: 10.30987/1999-8775-2019-2019-11-38-45.

REFERENCES

1. Nikolaev VA. Energy consumption for cutting the soil with buckets of a continuous unit to form the underlying layer of the road. *Bulletin of SibADI*. 2020;76(6):676-88. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-6-676-688 (In Russ.).
2. Litvin OI, Horeshok AA, Dubinkin DM, et al. Analysis of methods for calculating the productivity of quarry hydraulic excavators. *Mining*. 2022;5:112-20. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120 (In Russ.).
3. Nikolaev VA. Analysis of the interaction of the edge of the cantilever knife blade with the ground. *Bulletin of SibADI*. 2020;72(2):172-81. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-2-172-181 (In Russ.).
4. Lukashuk OA. Regularities of formation of regime parameters of main mechanisms of quarry excavator in process of rock excavation. *Mining equipment and electromechanics*. 2019;143(3):14-7. DOI: 10.26730/1816-4528-2019-3-14-17 (In Russ.).
5. Troyanovskaya IP, Raznoshinskaya AV, Koz'miny'h VA, et al. Experimental studies of the process of industrial soil loosening. *Mountain magazine*. 2021;5:87-90. DOI: 10.17580/gzh.2021.05.11 (In Russ.).
6. Kujundžić T, Klanfar M, Korman T, et al. Influence of crushed rock properties on the productivity of a hydraulic excavator. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021;11(5):1-15. DOI: 10.3390/app11052345.
7. Choudhary BS. Effect of blast induced rock fragmentation and muckpile angle on excavator performance in surface mines. *Mining of Mineral Deposits*. 2019;13(3):119-26. DOI: 10.33271/mining13.03.119.
8. Xu G, Yu Z, Lu N, et al. High-gain observer-based sliding mode control for hydraulic excavators. *Harbin Gongcheng Daxue Xuebao*. 2021;42(6):885-92. DOI: 10.11990/jheu.201911056.
9. Pozharskij DA. Periodic contact and mixed elasticity theory problems (overview). *News of higher educational institutions*. 2021;210(2):22-33. DOI: 10.18522/1026-2237-2021-2-22-33 (In Russ.).
10. Bosakov SV. To the solution of the contact problem for a rectangular plate on an elastic half-space. *Science and Technology*. 2020;19(3):224-229. (In Russ.). DOI: 10.21122/2227-1031-2020-19-3-224-229 (In Russ.).
11. Linnik EYu. Assessment of contact stresses when inserting the striker into strong soil. *Problems of strength and ductility*. 2020;82(1):52-63. DOI: 10.32326/1814-9146-2020-82-1-52-63 (In Russ.).
12. Bosakov SV, Kotov YuN. Contact task for the plate, subject to restrictions on its some movements. *Structural mechanics and calculation of structures*. 2022;300(1):54-8. DOI: 10.37538/0039-2383.2022.1.54.58 (In Russ.).
13. Brovka AG, Dedyulya IV, Murashko AA. Dependence of strength characteristics of argillite-like clay on the amount of unfrozen water. *Nature management*. 2021;2:96-105. DOI: 10.47612/2079-3928-2021-2-96-105 (In Russ.).
14. Patent RUS №218368/ 23.05.2023. Byul. №15. Buryj GG. Kovsh e'kskavatora. Available from: ПИМ №218368 (fips.ru) (In Russ.).
15. Buryj GG, Shherbakov VS, Poteryaev IK. Increase Single Bucket Excavator Productivity by Improving Bucket Shape. *Bulletin of Bryansk State Technical University*. 2019;84(11):38-45. DOI: 10.30987/1999-8775-2019-2019-11-38-45 (In Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Григорий Геннадьевич Бурый –
канд. технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
644034, г. Омск, Российская Федерация, <https://orcid.org/0000-0002-5008-9176>, e-mail: buryy1989@bk.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 08.11.2024.

Поступила после рецензирования: 25.11.2024.

Принята к публикации: 29.11.2024.

Article info

Received: 08.11.2024.

Revised: 25.11.2024.

Accepted: 29.11.2024.

ABOUT THE AUTHOR

Grigoriy G. Buryj –
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FSBEI HE
«SibADI», 644034, Omsk, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5008-9176>, e-mail: buryy1989@bk.ru