

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЧЕРПЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОВША ЭКСКАВАТОРА

Г. Г. Бурый✉

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

✉ buryy1989@bk.ru

Аннотация: В статье рассматривается вопрос снижения сил сопротивления копанию на ковше экскаватора. Предложена цилиндрическая конструкция ковша экскаватора. Целью работы является подтверждение полезного эффекта от использования цилиндрического ковша. Для этого изготовлены модели стандартного и цилиндрического ковша. Обе модели устанавливались в стенд для сравнения их зачерпывающей способности. Приведены зависимости моментов сил при зачерпывании различных объёмов грунта испытываемыми ковшами.

Ключевые слова: экскаватор, ковш, копание, объём грунта, момент силы

Благодарность: лаборатории кафедры «АТ» «Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ)».

Для цитирования: Бурый Г. Г. Исследование зачерпывающей способности цилиндрического ковша экскаватора. *Маркшейдерия и недропользование*. 2024;(6):95-99. https://doi.org/10.56195/20793332_2024_6_95_99.

STUDY OF THE SCAPPING CAPACITY OF THE CYLINDRICAL BUCKET OF THE EXCAVATOR

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 considers the issue of reducing the resistance forces to digging on the excavator bucket. A cylindrical design of the excavator bucket is proposed. The purpose of the work is to confirm the beneficial effect of using a cylindrical bucket. For this purpose, models of a standard and cylindrical bucket were manufactured. Both models were installed in a stand to compare their scooping capacity. The dependences of the moments of forces when scooping different volumes of soil with the tested buckets are given.

Keywords: excavator, bucket, digging, soil volume, torque

Acknowledgment: laboratory of the department of “AT” of the FSBEI HE “SibADI”.

For citation: Buryj G. G. Study of the scapping capacity of the cylindrical bucket of the excavator. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2024;(6):95-99. (In Russ.). https://doi.org/10.56195/20793332_2024_6_95_99.

Введение

В строительстве, добыче полезных ископаемых и многих других сферах одной из базовых операций является копание грунта. Для этой цели используются одноковшовые гидравлические экскаваторы. Стоимость данных машин исчисляется десятками миллионов рублей. Такая высокая стоимость вызвана необходимостью установки на эти машины мощного двигателя и гидропривода для реализации процесса копания.

Создаваемая гидроприводом сила может составлять

более 1 МН. Сокращение требуемой силы для реализации процесса копания позволит устанавливать менее мощные агрегаты на экскаватор, а также устанавливать ковши большего объёма, которые ранее установить было невозможно. Это связано с тем, что при установке ковша большего объёма существенно возрастают силы сопротивления копанию и установленные двигатель с гидроприводом уже не в состоянии реализовать такую силу. Сокращение силы сопротивления копанию возможно только путём изменения конструкции ковша и механики

его поворота. Именно ковш воспринимает силы сопротивления копанью [1-13].

Цель исследования: исследование зачерпывающей способности цилиндрического ковша экскаватора.

Методы и материалы исследований

Автором работы предложена конструкция ковша экскаватора, названная «цилиндрической» из-за её формы и траектории поворота [14,15]. В стандартном ковше траектория поворота и форма стенок устроена таким образом, что большая часть его площади воспринимает нормальные силы сопротивления грунта. Именно такие силы и создают наибольшее сопротивление копанью. Однако помимо нормальных сил есть ещё касательные силы, которые создают значительно меньшее сопротивление копанью. В предлагаемой конструкции цилиндрического ковша доля площади воспринимающей нормальные силы сведена до минимума. Такие силы воспринимают только кромки стенок ковша, на внутренние стенки действуют только касательные силы. Это стало возможно благодаря совпадению формы задней стенки ковша и траектории её поворота.

Однако требуется изучить зачерпывающую способность цилиндрического ковша и сравнить её с зачерпывающей способностью стандартного ковша. Для этого были спроектированы и изготовлены уменьшенные модели ковшей, представленные на рис. 1.

Модели содержат оси, которыми они вставляются в специальный стенд, выполненный в виде короба. Короб засыпается конкретным видом грунта. Также в модели стандартного ковша предусмотрен кронштейн к которому прикладывается усилие. Кронштейн необходим для снижения нагрузок на конструкцию. Следует отметить, что объём цилиндрического ковша превышал объём стандартного в 2 раза: внутренний объём стандартного ковша составлял 110 мл, а цилиндрического 220 мл. Эта необходимость вызвана частичной заполняемостью цилиндрического ковша, на 50 % и более. Однако такая наполняемость возможна только при копании гидроцилиндром поворота ковша. Если в работу включаются гидроцилиндры поворота рукояти, то цилиндрический ковш заполняется в полном объёме. Однако в исследованиях рассматривается случай копания именно гидроцилиндром поворота ковша.

Суть исследования состоит в следующем. В стенд проводится засыпка грунта: сухой песок; влажный песок и влажная глина. Выбор грунтов обусловлен их наибольшим распространением в естественной среде. Затем в стенд устанавливались уменьшенные копии ковшей.

В ходе проведения исследований определялась сила трения и влияние налипания грунта на сопротивление копанью при разном расстоянии от точки приложения силы к ковшу до оси его поворота. В этом случае целесообразно рассматривать момент силы для реализации копания. Несмотря на возможное налипание грунта на внешние поверхности ковша целесообразно учитывать объём грунта только внутри ковша.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследований зачерпывающей способности цилиндрического ковша на сухом песке приведены на рис. 2.

Момент силы для реализации копания стандартным ковшом значительно выше. Например, для зачерпывания 110 мл грунта стандартным ковшом потребовался момент 0,6 Н·м, а цилиндрическим ковшом 0,2 Н·м. Установлено, что при полной засыпке стандартного ковша и плотном прилегании оси поворота к поверхности грунта, момент силы возрастал в 10 и более раз. В таких же условиях, момент силы при копании цилиндрическим ковшом не превышал 0,4 Н·м.

Результаты исследований с влажным песком приведены на рис. 3.

Влажность песка составила 20 %. Как видно из рис. 3, разница моментов силы для реализации копания стандартным и цилиндрическим ковшом значительно увеличилась. Например, для зачерпывания 110 мл грунта стандартным ковшом, потребовался момент 1,4 Н·м, а при зачерпывании такого же объёма влажного песка цилиндрическим ковшом, требуемый момент составил всего 0,3 Н·м. Это означает, что увлажнение песка способствовало снижению трения грунта о стенки ковша. Так как большая часть площади цилиндрического ковша воспринимает именно касательные силы, то наблюдается более лёгкое заглубление. Следовательно эффективность зачерпывания цилиндрического ковша выше при копании влажного песка.

Результаты исследований с влажной глиной приведены на рис. 4.

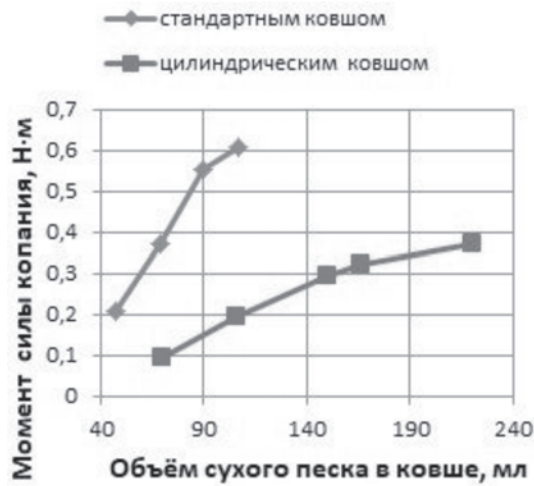


а (a)



б (b)

Рис. 1. Уменьшенные и дополненные копии ковшей: а - стандартного; б - цилиндрического /
Fig. 1. Reduced and supplemented copies of buckets: a - standard; b - cylindrical



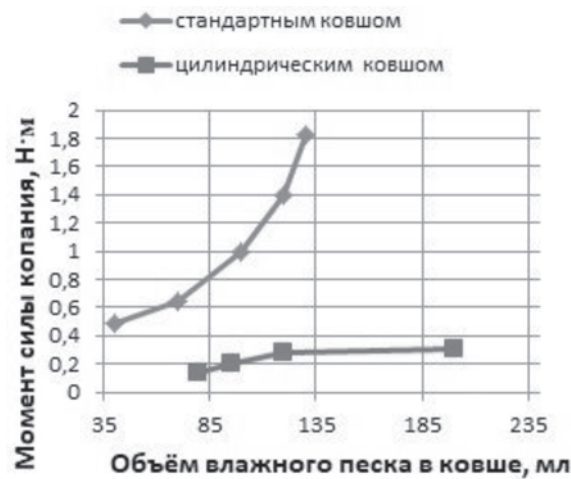
а (а)



б (б)

Рис. 2. Копание сухого песка испытываемыми ковшами: а - зависимость моментов сил копания от объёма зачерпываемого грунта; б - стенд с цилиндрическим ковшом /

Fig. 2. Digging dry sand with test buckets: a - dependence of moments of forces on the volume of soil scooped up; b - stand with a cylindrical bucket



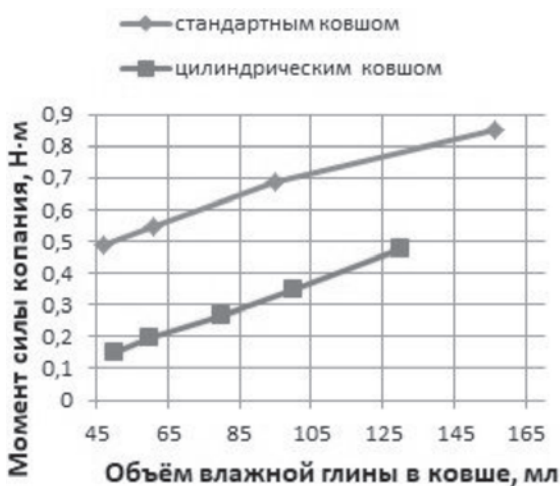
а (а)



б (б)

Рис. 3. Копание влажного песка испытываемыми ковшами: а - зависимости моментов сил от зачерпываемого объёма грунта; б - стенд со стандартным ковшом /

Fig. 3. Digging wet sand with test buckets: a - dependence of moments of forces on the scooped volume of soil; b - stand with a standard bucket



а (а)



б (б)

Рис. 4. Копание влажной глины испытываемыми ковшами: а - зависимости моментов сил от зачерпываемого объёма грунта; б - стенд со стандартным ковшом /

Fig. 4. Digging wet clay with test buckets: a - dependence of moments of forces on the scooped volume of soil; b - stand with a standard bucket

Здесь наблюдается меньшая эффективность применения цилиндрического ковша в сравнении с предыдущими случаями. Например, для зачерпывания стандартным ковшом 110 мл влажной глины потребовался момент силы 0,73 Н·м, а цилиндрическим ковшом 0,4 Н·м.

Заключение

1. Проведённые исследования подтвердили эффективность применения цилиндрического ковша на рассматриваемых видах грунта. Наибольшая эффективность наблюдалась на несвязном влажном грунте, наименьшая – на связном влажном грунте.

2. Проведённые исследования позволяют оценить влияние силы трения и налипания грунта на подбор оптимального объёма цилиндрического ковша для реализации процесса копания. Установлено, что оптимальный объём цилиндрического ковша должен быть максимально возможным для зачерпывания различных видов грунта.

3. В качестве недостатка цилиндрического ковша следует отметить его неполную заполняемость при работе гидроцилиндра поворота ковша. Однако увеличенный в 2 раза объём цилиндрического ковша в сравнении со стандартным ковшом, заполняется на такой же или больший объём. При этом момент силы на цилиндрическом ковше значительно ниже, чем на стандартном ковше. Следует отметить, что заполняемость цилиндрического ковша возможна в полном объёме, однако в этом случае есть необходимость копания рукоятью, что более энергозатратно.

Выводы

1. В статье приведены результаты исследований зачерпывающей способности цилиндрического ковша экскаватора.

2. Полученные данные могут быть использованы при подборе оптимального объёма цилиндрического ковша, устанавливаемого на конкретный экскаватор.

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 кромки лезвия консольного 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. Щербаков, 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: ПМ №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

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

Информация о статье

Поступила в редакцию: 16.11.2024.

Поступила после рецензирования: 06.12.2024.

Принята к публикации: 10.12.2024.

Article info

Received: 16.11.2024.

Revised: 06.12.2024.

Accepted: 10.12.2024.