

## ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОДНОКОВШОВОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

*Бурый Г.Г.*

*Сибирский автомобильно-дорожный университет, Омск*

**Ключевые слова:** ковш, рабочее оборудование, экскаватор, гидроцилиндр, грунт, строительные машины.

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальность применения экскаваторов и факторы, влияющие на их производительность. Приведены способы повышения производительности за счет внесения изменений в конструкцию рабочего оборудования экскаватора. Описаны силы, действующие на ковш стандартной конструкции. Обоснована необходимость устранения нормальных сил сопротивления копанью. Приведена конструкции ковша позволяющая понизить сопротивления копанью на рабочем оборудовании за счет отсутствия нормальных сил сопротивления. Данное достоинство рассматриваемого рабочего оборудования позволяет повысить производительность одноковшового гидравлического экскаватора. Описан принцип работы предлагаемого рабочего оборудования. Приведено назначение отдельных деталей рабочего оборудования. Обоснованы силы сопротивления копанью действующие на предлагаемое рабочее оборудование. Приведено пояснение, каким образом достоинства предлагаемого рабочего оборудования могут повысить производительность одноковшового гидравлического экскаватора.

## PROMISING WORKING EQUIPMENT OF A SINGLE-BUCKET HYDRAULIC EXCAVATOR

*Buriy G.G.*

*Siberian State Automobile and Highway University, Omsk*

**Keywords:** bucket, working equipment, excavator, hydraulic cylinder, soil, construction machinery.

**Abstract.** The article discusses the relevance of the use of excavators and the factors affecting their performance. The ways of increasing productivity by making changes to the design of the working equipment of the excavator are given. The forces acting on a bucket of a standard design are described. The necessity of eliminating the normal forces of resistance to digging is justified. The design of the bucket is given, which allows to lower the digging resistance on the working equipment due to the absence of normal resistance forces. This advantage of the considered working equipment makes it possible to increase the productivity of a single-bucket hydraulic excavator. The principle of operation of the proposed working equipment is described. The purpose of individual parts of the working equipment is given. The forces of resistance to digging acting on the proposed working equipment are justified. An explanation is given of how the advantages of the proposed working equipment can increase the productivity of a single-bucket hydraulic excavator.

### Введение

Развитие экономики государства напрямую зависит от таких сфер как добыча полезных ископаемых, строительство зданий, дорог, мостов и других сооружений. Все эти сферы невозможно представить без операции копания грунта. Эту функцию выполняют экскаваторы, преимущественно одноковшовый гидравлический экскаватор. Сила копания на экскаваторе создается посредством одного цилиндра поворота ковша и в случае недостаточной силы – двумя гидроцилиндрами поворота рукояти. Давление в гидроцилиндрах создается посредством насоса, который имеет привод от двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Таким образом, мощность ДВС должна быть достаточной для обеспечения заданной силы копания, а также перемещения машины с грунтом. Увеличение объема ковша напрямую зависит от мощности двигателя машины. Сила копания должна быть достаточной для копания грунтов IV категории, к которым можно отнести сухие тяжелые глины. Все эти факторы ограничивают производительность данных машин. Ограничение производительности экскаваторов влечет за собой значительные денежные вложения на эксплуатацию и количество данных машин задействованных по назначению.

## Материалы и методы исследований

Для повышения производительности экскаваторов требуется внесение изменений в их конструкцию, чаще всего именно самого ковша. Многие годы исследователи предлагают различные конструкции ковшей экскаваторов. Некоторые исследования направлены на автоматизацию траектории движения рабочего органа в зависимости от положения экскаватора и рабочего оборудования. Другие исследования связаны с предварительным разрыхлением грунта, тем самым снижается категория его разработки, что позволяет увеличить объем ковша. Третий вид исследований это внесение множества дополнительных элементов, которые в теории способствуют более легкому внедрению в грунт. Однако во всех этих направлениях исследований практически не учитывается большое влияние нормальных сил сопротивления со стороны грунта. Конструкции рабочих органов экскаваторов, тем не менее взаимодействуют с грунтом по такой траектории где присутствуют нормальные силы сопротивления копания. В данной работе представлена конструкция рабочего оборудования позволяющая исключить данные силы сопротивления в процессе копания.

Для наглядного пояснения рассмотрим силы, которые действуют на серийный ковш экскаватора, показаны в разрезе на рисунке 1 [1-5].

В точке крепления гидроцилиндра поворота ковша действует сила  $P$ . Основные силы сопротивления действуют на внутреннюю стенку ковша. Именно от ее формы зависит значение силы, которую необходимо преодолеть гидроприводу в процессе копания. Данная сила складывается из силы сопротивления  $P_1$  которая действует на зубья ковша, нормальную силу сопротивления  $P_2$  и силу сопротивления от трения грунта по ковшу  $P_3$ . Как видно из схемы на рисунке 1 нормальная сила сопротивления воздействует на плоский участок внутренней стенки, а на округлом участке присутствует только сила трения. В эпоху зарождения экскаваторов стенки ковшей не имели округлые участки, однако в дальнейшем внутреннюю стенку стали делать частично округлой формы, что создавало меньше сопротивление копанию. Далее форма стенки практически не изменялась. При взаимодействии округлой стенки с грунтом нормальных сопротивлений не возникает в виду совпадения траектории движения ковша и формы стенки. Этот процесс можно сравнить с вертикальным внедрением в грунт плоской пластины. Нормальные силы в этом случае присутствуют только на кромке пластины, на боковые поверхности воздействуют только силы сопротивления от трения [6-10].

Таким образом, решение проблемы снижения сил сопротивления, а именно устранение нормальных сил сопротивления зависит от того, насколько округлая форма ковша. Однако важен не только этот параметр, помимо этого ковшу нужно также задать сферическую траекторию движения.

## Результаты исследований

При соблюдении этих условий автором была разработана конструкция рабочего оборудования экскаватора, копание с применением которой будет проводиться с меньшими сопротивлениями (рис. 2).

Рассмотрим устройство рабочего оборудования, представленного на рисунке 2. На рукояти 1 экскаватора через сварное соединение закреплен кронштейн 2, который служит опорой для гидроцилиндра поворота ковша 4. Гидроцилиндр поворота ковша 4 закреплен на кронштейне посредством шарового шарнира 3, который позволяет поворачиваться гидроцилиндру во всех плоскостях.

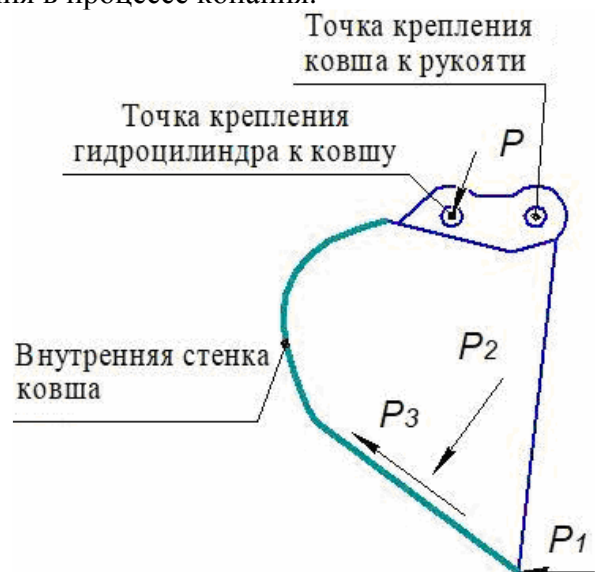


Рис. 1. Силы на серийном ковше экскаватора в процессе копания

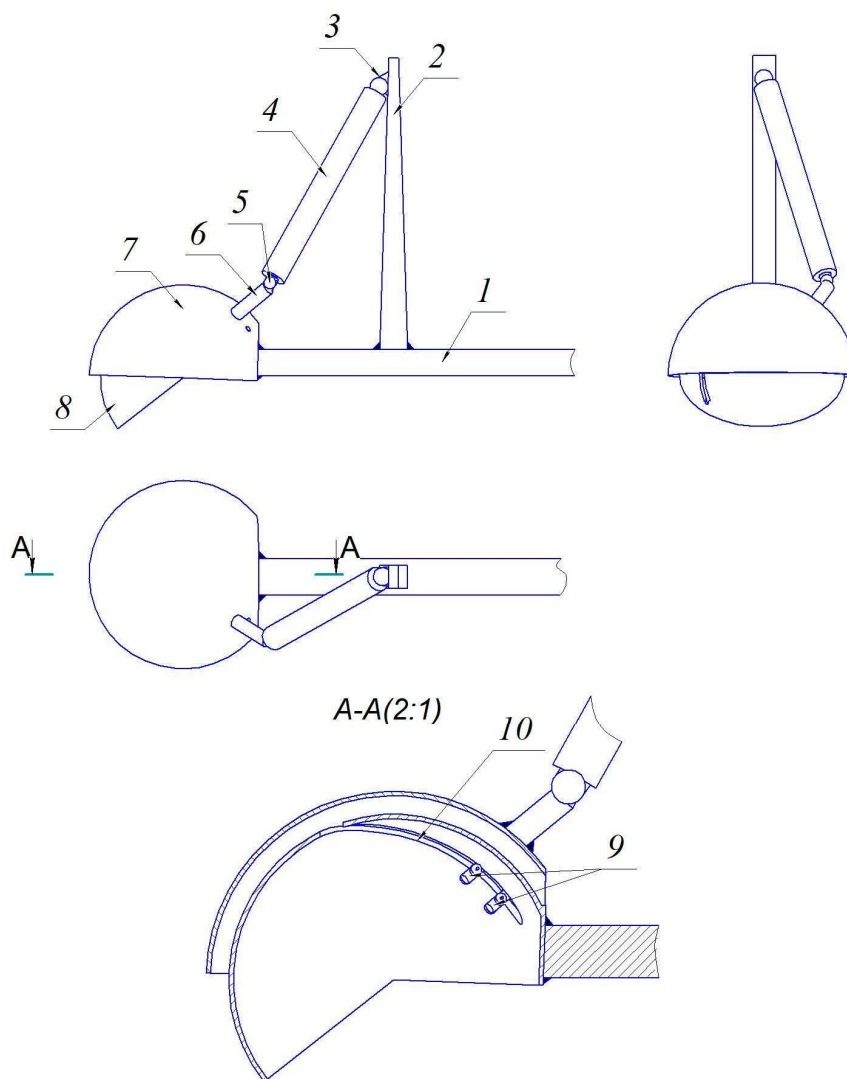


Рис. 2. Предлагаемое рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора

Шток гидроцилиндра 4 посредством шарового шарнира 5 крепится к рычагу 6. Шарнир 5 также предназначен не только для соединения, но и для возможности поворота во всех плоскостях. Рычаг 6 служит для создания большего угла поворота челюсти 7, на которой он закреплен через сварное соединение. Челюсть 7 выполнена сферической формы. Для создания сферической траектории движения челюсти 7, с целью исключения нормальных сил сопротивления копания, ее перемещение осуществляется по сферическому каркасу 8. Для возможности перемещения челюсти 7 по каркасу 8 в нем выполнен паз 10, в котором расположены пальцы 9. Рассмотрим подробнее конструкцию пальца 9 представленную на рисунке 3 [11].

Палец состоит из двух частей нижняя часть 1 и верхняя часть 5. Верхняя часть 5 пальца крепится на челюсти 7 (рис. 2) посредством сварного соединения. Нижняя часть 1 пальца вставляется в паз с внутренней стороны каркаса 8 (рис. 2) и соединяется с верхней частью 5 через резьбовое соединение 3. На частях пальца выполнены оси 2 для запрессовки на них подшипников качения 4 выполняющих функцию колес. В процессе копания подшипники верхней части пальца прокатываются по наружной части каркаса 8 (рис. 2), а подшипники внутренней части прокатываются по его внутренней части. Так как промежуточная часть пальца расположена в пазу 10 (рис. 2), с целью уменьшения износа пальца, на его нижнюю часть 1 запрессовывается подшипник 6, который прокатывается по внутренней поверхности паза в процессе копания [17].

Таким образом, перемещение сферической челюсти 7 (рис. 2) осуществляется по сферической траектории вокруг оси (рис. 4).

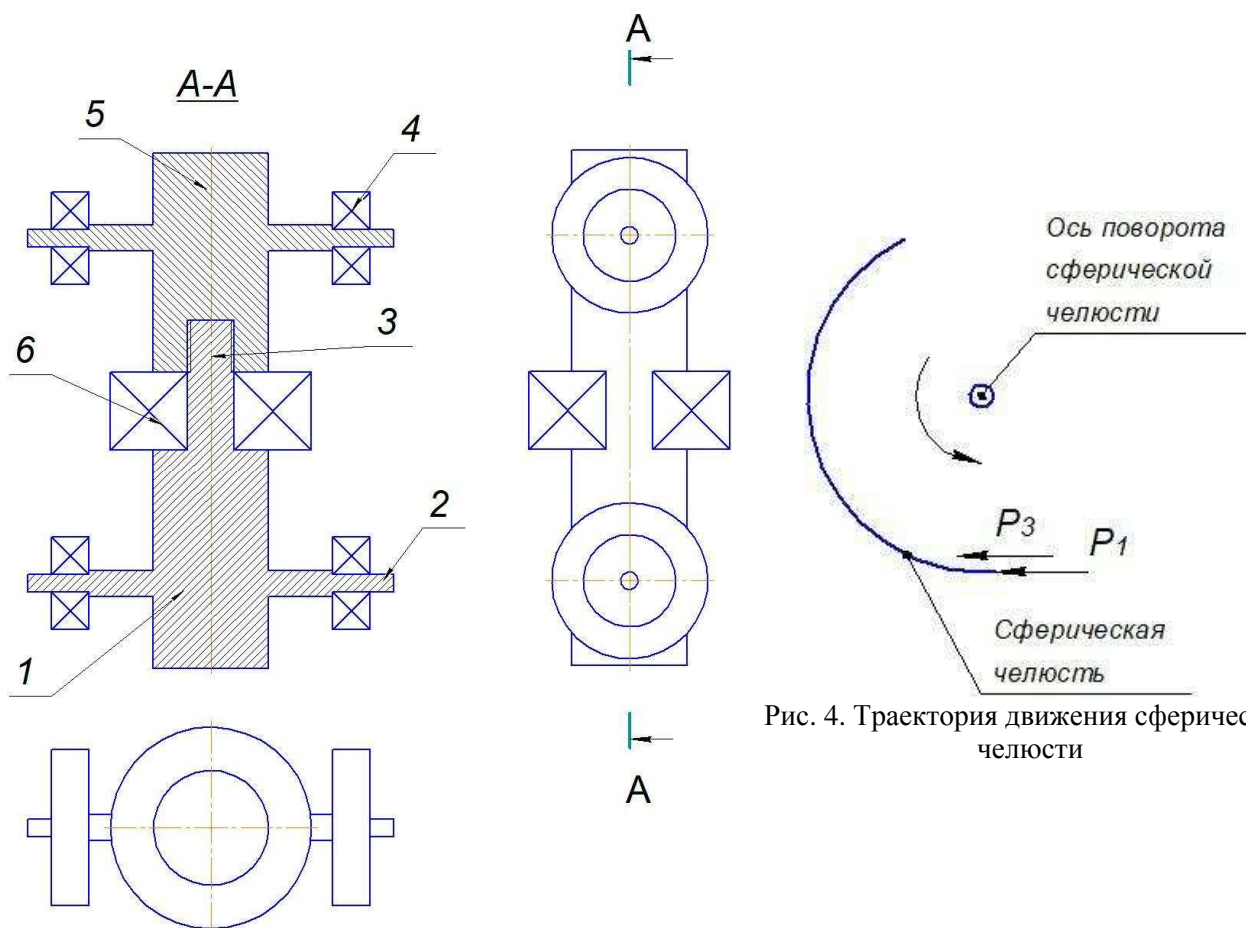


Рис. 3. Устройство пальца

### Заключение

При перемещении челюсти 7 (рис. 2) по данной траектории на нее действуют только нормальные силы сопротивления  $P_1$  на режущей кромке и силы трения  $P_3$ . Таким образом, в процессе копания на данное оборудование действуют меньшие силы сопротивления. Данное преимущество представленного оборудования позволяет осуществлять процесс копания одним гидроцилиндром поворота ковша, не используя в процессе копания гидроцилиндры поворота рукояти. Безусловно, в конструкции экскаватора нужен гидроцилиндр поворота рукояти но можно исключить один гидроцилиндр оставив другой, который будет выполнять только функцию поворота рабочего оборудования. Таким образом, будет требоваться меньше мощности ДВС для работы гидропривода. Помимо этого достоинства появляется возможность установки ковшей большего объема, что увеличит производительность одноковшовых гидравлических экскаваторов.

### Список литературы

1. 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.
2. Баловнев В.И., Данилов Р.Г., Улитич О.Ю. Исследование управляемых ножевых систем землеройно-транспортных машин // Строительные и дорожные машины. – 2017. – №2. – С. 12-15.
3. Kujundžić T., Klanfar M., Korman T., Briševac Z. Influence of crushed rock properties on the productivity of a hydraulic excavator // Applied Sciences. 2021, vol. 11(5), pp. 1-15.
4. 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(3), pp. 119-126.
5. 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(6), pp. 885-892.
6. Баловнев В.И., Данилов Р.Г., Улитич О.Ю. Стенд для исследования процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин // Строительные и дорожные машины. – 2020. – №8. – С. 3-15.

7. Берестов Е.И. Влияние трения грунта по поверхности ножа на сопротивление резанию // Строительные и дорожные машины. – 2010. – №11. – С. 34-38.
8. Семкин Д.С. О влиянии скорости рабочего органа на силу сопротивления резанию грунта // Вестник СибАДИ. – 2017. – №1. – С. 37-43.
9. Николаев В.А. Анализ взаимодействия кромки лезвия консольного ножа с грунтом // Вестник СибАДИ. – 2020. – №2. – С. 172-181.
10. 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.
11. Патент 2656286 РФ. Ковш экскаватора сферический / Г.Г. Бурый. – Заявка №2016152773 от 30.12.2016; опубл. 04.06.2018, Бюл. №16.

#### References

1. Lukashuk O.A. Regularities of formation of operating parameters of the main mechanisms of a quarry excavator in the process of rock excavation // Mining equipment and electromechanics. 2019, vol. 3(143), pp. 14-17.
2. Balovnev V.I., Danilov R.G., Ulitich O.Yu. Research of controlled knife systems of earthmoving and transport machines // Construction and road machines. 2017, vol. 2, pp. 12-15.
3. Kujundžić T., Klanfar M., Korman T., Briševac Z. Influence of crushed rock properties on the productivity of a hydraulic excavator // Applied Sciences. 2021, vol. 11(5), pp. 1-15.
4. 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(3), pp. 119-126.
5. 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(6), pp. 885-892.
6. Balovnev V.I., Danilov R.G., Ulitich O.Yu. Stand for the study of processes of interaction with the environment of working bodies of road-building machines // Construction and road machines. 2020, vol. 8, pp. 3-15.
7. Berestov E.I. The effect of soil friction on the knife surface on cutting resistance // Construction and road machines. 2010, vol. 11, pp. 34-38.
8. Semkin D.S. On the influence of the speed of the working body on the strength of resistance to cutting soil // Bulletin of SibADI. 2017, vol. 1, pp. 37-43.
9. Nikolaev V.A. Analysis of the interaction of the edge of the blade of a cantilever knife with the ground // Bulletin of SibADI. 2017, vol. 1, pp. 172-181.
10. Tarasov M.A. Modeling of the parameters of the operation of a dredging machine with a vibration effect on rocks // Sustainable development of mountain territories. 2019, vol. 11, no. 1(39), pp. 85-97.
11. Patent No. 2656286 RU. Excavator bucket spherical / G.G. Brown. – Appl. No. 2016152773 from 12/30/2016; publ. 04.06.2018, Bul. No. 16.

#### Сведения об авторах:

#### Information about authors:

<b>Бурый Григорий Геннадьевич</b> – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильный транспорт»	<b>Buriy Grigoriy Gennadievich</b> – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the departments of "Automobile transport"
buryy1989@bk.ru	

Получена 30.11.2022