Галдин Н.С., Семенова И.А. Выбор рациональрых параметров гидравлического быстросъемного адаптера для фронтального погрузчика // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2026. – № 40. – С. 57-63.

УДК 621.86 https://doi.org/10.26160/2658-3305-2026-40-57-63

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬРЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО БЫСТРОСЪЕМНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

Галдин Н.С., Семенова И.А.

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет «СибАДИ», Омск

Ключевые слова: быстросъемный адаптер, погрузчик, рабочее оборудование, ковш, гидросистема, гидроцилиндр.
Аннотация. В статье рассмотрена задача повышения эффективности эксплуатации фронтального погрузчика за счет совершенствования процесса смены рабочего оборудования. Предложена конструкция быстросъемного адаптера с гидроприводом, предназначенного для оперативного присоединения и отсоединения сменных рабочих органов без проведения длительных монтажно-демонтажных операций. Рассмотрены основные требования к конструкции, обусловленные действующими статическими и динамическими нагрузками, условиями эксплуатации и необходимостью обеспечения надежности и безопасности соединения. Выполнен анализ конструктивного решения быстросъемного адаптера с гидроприводом и определены основные параметры предлагаемой конструкции, особое внимание уделено выбору рациональной конструктивной схемы быстросъемного адаптера, обеспечивающей надежную фиксацию рабочего оборудования и удобство его замены. Разработка быстросъемного адаптера для фронтального погрузчика направлена на сокращение времени смены рабочего оборудования, повышение универсальности фронтального погрузчика и снижение затрат на простои при выполнении погрузочно-разгрузочных и строительных работ. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации рабочих органов фронтальных погрузчиков. Практическая значимость разработки данного вида оборудования заключается в возможности ее применения при проектировании и совершенствовании существующих конструкций погрузчиков, а также при создании новых конструкций сменного рабочего оборудования.

CHOOSING RATIONAL PARAMETERS OF A HYDRAULIC QUICK-RELEASE ADAPTER FOR A FORWARD LOADER

Galdin N.S., Semenova I.A.

Siberian State Automobile and Highway University "SibADI", Omsk

Keywords: quick-release adapter, loader, working equipment, ladle, hydraulic system, hydraulic cylinder.
Abstract. The article examines the task of improving the efficiency of front-end loader operation by enhancing the process of changing working equipment. A design of a quick-release adapter is proposed, which is intended for the rapid attachment and detachment of replaceable working components without the need for lengthy assembly and disassembly operations. The main requirements for the design, determined by the existing static and dynamic loads, operating conditions, and the need to ensure the reliability and safety of the connection, are considered. An analysis of the design solution for the quick-release adapter has been carried out, and the main parameters of the proposed design have been identified; special attention has been paid to selecting a rational design scheme for the quick-release adapter, which ensures reliable fixation of the working equipment and facilitates its replacement. The development of a quick-release adapter for a front loader is aimed at reducing the time required to change the working equipment and increasing the versatility of the front loader and reducing downtime costs during loading, unloading, and construction work. The results obtained can be used in the design and modernization of front-end loader working components. The practical significance of developing this type of equipment lies in the possibility of applying it in the design and improvement of existing loader structures, as well as in the creation of new designs for replaceable working equipment.

Введение

Известно, что фронтальные погрузчики широко применяются в строительстве, сельском хозяйстве, горнодобывающей промышленности, выполнении различных погрузочно-разгрузочных работ. Универсальность данной техники во многом определяется возможностью использования сменного рабочего оборудования, включая ковши, вилы, захваты и другие рабочие органы. При этом эффективность эксплуатации погрузчика зависит не только от его технических характеристик, но и от продолжительности операций по смене рабочего оборудования.

Традиционные способы крепления рабочих органов требуют выполнения ряда ручных операций, что увеличивает продолжительность простоя машины и снижает ее производительность [1-4]. В связи с этим разработка быстросъемных адаптеров с гидроприводом является актуальной задачей, направленной на повышение эффективности использование фронтальных погрузчиков.

На рисунке 1 представлен фронтальный погрузчик с разработанным быстросъемным адаптером и рабочим оборудованием – ковш.

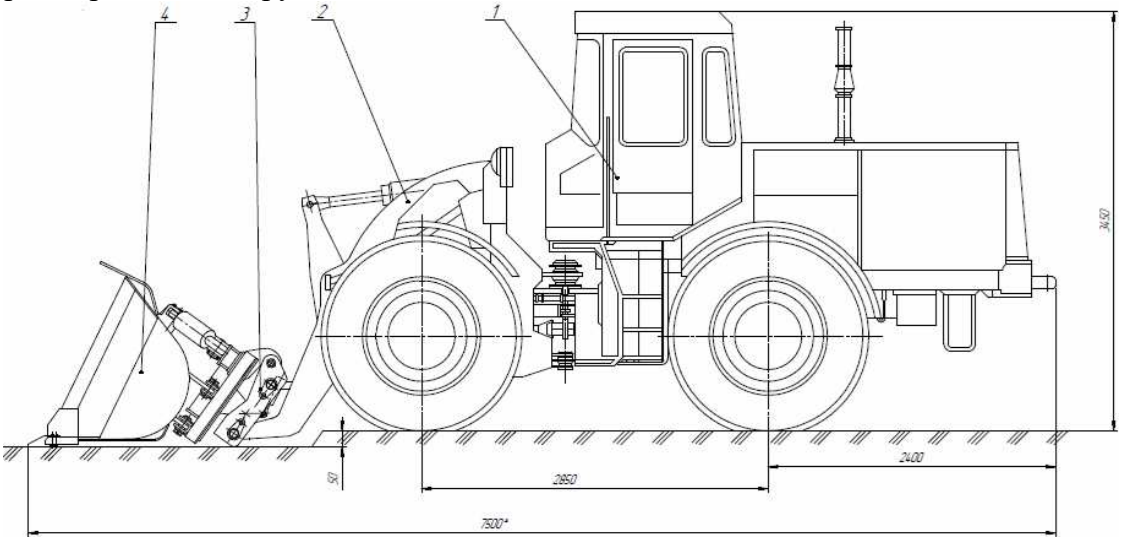


Рис. 1. Фронтальный колесный погрузчик с быстросъемным адаптером: 1 – погрузчик, 2 – рама, 3 – быстросъемный адаптер, 4 – ковш

Особое внимание при разработке быстросъемного адаптера уделяется надежности фиксации рабочего оборудования при воздействии статических и динамических нагрузок, что осуществляется благодаря использованию гидропривода.

Применение гидравлического привода обеспечивает дистанционное управление из кабины и автоматическую фиксацию. Конструкция должна обладать достаточной прочностью, жесткостью, износостойкостью и обеспечивать удобство эксплуатации.

Целью данного исследования является разработка наиболее рациональной и эффективной конструкции быстросъемного соединения рабочего оборудования фронтального погрузчика, обеспечивающего сокращение времени смены рабочих органов, повышение универсальности машины и надежность соединения в процессе эксплуатации.

Результаты исследований, проводимых специализированными организациями, а также анализ научных публикаций по данной тематике позволили сделать вывод о целесообразности использования данного оборудования, а также позволил выявить направления дальнейшего развития.

Материалы и методы исследований. Исследования конструкций быстросъемных адаптеров для дорожно-строительной и горнодобывающей техники показал, что данные механизмы – это устройства для быстрой смены навесного рабочего оборудования [5].

Анализ существующих патентов [6-9] позволил выявить некоторые инновационные решения в области создания данных механизмов, направления их развития и потенциальные зоны для новой разработки.

К основным направлениям развития можно отнести использование механизмов с гидравлической фиксацией. Запирающие элементы приводятся в движение гидроцилиндром, оператору при этом не нужно выходить из кабины.

Принцип действия данных механизмов заключается в следующем. Оператор машины подает команду на быстроразъемное соединение, чтобы отсоединить навесное оборудование, находясь в кабине машины. Затем машина перемещается ко второму навесному оборудованию, после чего оператор может использовать быстроразъемное соединение, чтобы машина захватила второе навесное оборудование. С помощью быстроразъемного соединения

можно быстро сменить одно навесное оборудование на другое, и обычно для этого требуется участие только оператора машины.

Еще одна важная характеристика быстроразъемного соединения – его обзорность. Быстроразъемное соединение должно обеспечивать обзор из кабины машины через быстроразъемное соединение на различные участки навесного оборудования, которое может быть установлено на соединение. Например, когда вилы для поддонов крепятся к быстроразъемному соединению, оператор должен иметь возможность видеть концы вил, чтобы точно установить их на поддоне.

В современных быстросъемных механизмах, предусмотрено также автоматическое соединение нескольких гидравлических линий.

Таким образом, быстросъемный адаптер должен быть не просто удобным, но и минимально увеличивать расстояние от шарниров стрелы до центра нагрузки ковша.

На рисунке 2 приведены способы крепления рабочего оборудования фронтального погрузчика.



Рис. 2. Крепления рабочего оборудования

Параметры базовой машины также оказывают влияние на параметры быстросъемного адаптера. Рассмотрим их подробнее.

На рисунке 3 изображены геометрические параметры быстросъемного адаптера ковша погрузчика, данная конструкция обеспечивает минимальный вылет, сохранение грузоподъемности, угла запрокидывания ковша.

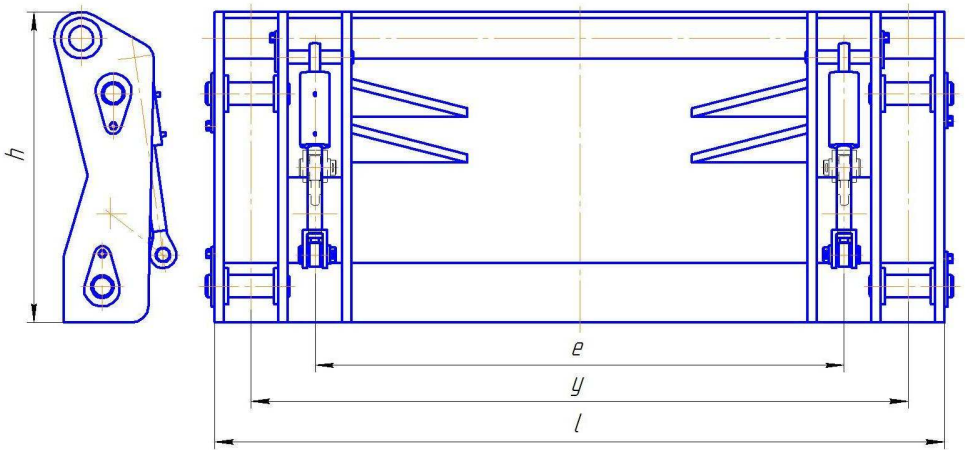
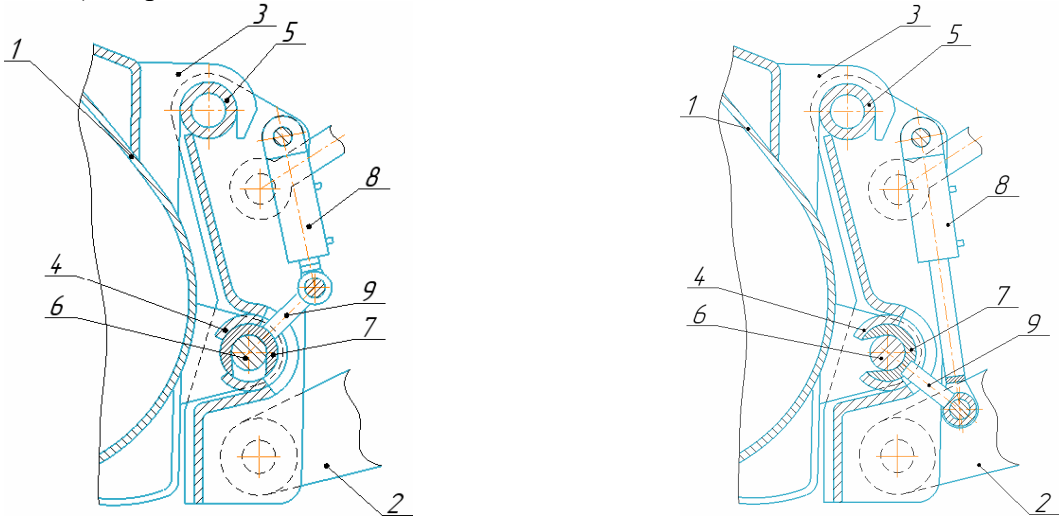


Рис. 3. Геометрические параметры быстросъемного адаптера ковша погрузчика:
h – высота ковша; l – ширина ковша; e, y – межосевые расстояния

Конструктивная проработка параметров ковша погрузчика и его рабочего оборудования с учетом обеспечения хорошего обзора из кабины оператора дала следующие параметры: ширина ковша l = 1,6 м; высота ковша h = 0,68 м; межосевые расстояния y = 1,33 м; e = 1,21 м (рис. 3).

На рисунке 4 изображены положения замкового механизма быстросъемного адаптера: а) закрытое, б) открытое.



а б

Рис. 4. Положение замкового механизма: а) закрытое б) открытое:
1 – ковш, *2* – тяга, *3* – крюк, *4*, *5*, *6*, *7* – шарниры, *8* – гидроцилиндр, *9* – вилка

Расчет гидроцилиндров фиксации рабочего оборудования к быстросъемному адаптеру сводится к: определению необходимого усилия на штоке гидроцилиндра и его диаметра поршня; определению хода штока гидроцилиндра.

Диаметр поршня гидроцилиндра быстросъемного адаптера зависит от преодолеваемого усилия, которое складывается из веса ковша и загружаемого материала, а также номинального давления в гидросистеме базовой машины. Ход штока гидроцилиндра $L_{шт}$ определяется графическим путем как разницу между радиусом (положение штока, при котором запорный механизм в открытом состоянии) и радиусом (запорный механизм закрыт), при этом рычаг механизма поворачивается на угол *min* 90° и *max* 120°.

Усилие на штоке гидроцилиндра без учета сил трения и инерции определяется выражением

$$F = \Delta p_{ц} S , \qquad (1)$$

где $\Delta p_{ц}$ – перепад давления на гидроцилиндре, Па; $\Delta p_{ц} = p_{вх} - p_{вых}$, здесь $p_{вх}$ – давление на входе в гидроцилиндр, $p_{вых}$ – давление на выходе из гидроцилиндра; S – рабочая (эффективная) площадь гидроцилиндра, м^2, $S = S_{п} = \pi D^2 / 4$ (для поршневой полости), $S = S_{шт} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ (для штоковой полости), D – диаметр поршня гидроцилиндра, d – диаметр штока.

Расчетную скорость движения штока без учета утечек рабочей жидкости определяют по формуле

$$V = Q_{ц} / S , \qquad (2)$$

где $Q_{ц}$ – расход рабочей жидкости, м^3/с.

Полезная мощность гидроцилиндра определяется выражением

$$N_{цп} = FV . \qquad (3)$$

Потребляемая мощность гидроцилиндром вычисляется по формуле

$$N_{ц} = \Delta p_{ц} Q_{ц} . \qquad (4)$$

Потери мощности в гидроцилиндре оцениваются общим КПД:

$$\eta = \frac{N_{цп}}{N_{ц}} = \eta_{м} \eta_{г} \eta_{об} = \eta_{гм} \eta_{об} , \qquad (5)$$

где $\eta_м$ – коэффициент полезного действия механический; $\eta_г$ – коэффициент полезного действия гидравлический; $\eta_{об}$ – коэффициент полезного действия объемный; $\eta_{гм}$ – коэффициент полезного действия гидромеханический.

Теоретическая подача рабочей жидкости насоса определяется выражением

$$Q_н = q_н n_н, \quad (6)$$

где $q_н$ – рабочий объем, м^3(м^3/об); $n_н$ – частота вращения вала с$^{-1}$ (об/с).

В результате проведенных расчетов получили диаметр поршня $D_п$ = 80 мм, диаметр штока – $d_{шт}$ = 40 мм, принимаем стандартную длину хода штока $L_{шт}$ = 250 для обеспечения поворота рычага на угол max 120°. Принимаем гидроцилиндр ЦГ-80.40×250.11 – 2 шт.

Проведенные расчеты лежат в основе рекомендаций для проектирования, моделирования и разработки методики расчета данного вида оборудования.

Описание работ с применением, разработанной конструкции

Верхним пальцем адаптер крепиться к стреле, данное соединение отвечает за вращение ковша, крепление снизу к стреле, отвечает за подъем и опускание рабочего оборудования. К гидросистеме базовой машины присоединяется два гидроцилиндра отвечающих за запорный механизм (рис. 5).

Чтобы быстро менять рабочее оборудование *1*, к нему привариваются модернизированное крепление *3* – верхние *С*-образное гнездо, снизу – нижний сцепной палец *6* на проушине.

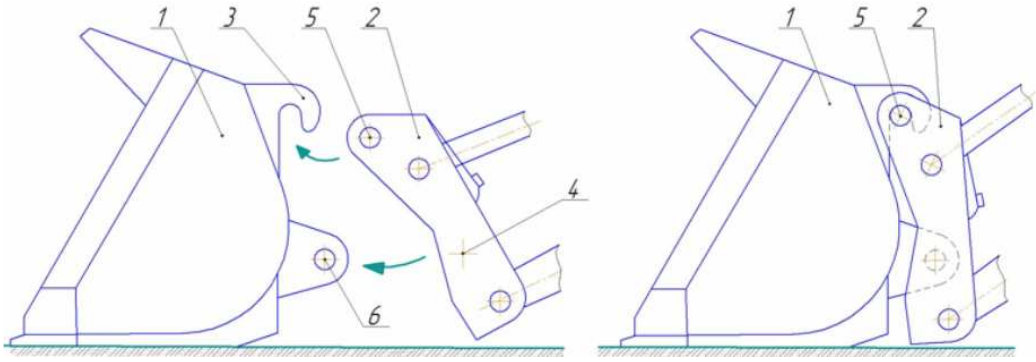


Рис. 5. Схема соединения рабочего органа со стрелой с помощью быстросъемного адаптера

Погрузчик наклоняет вперед стыковую часть *2*, чтобы верхнее *С*-образное гнездо *3* рабочего оборудования состыковалось с верхним сцепным пальцем *5* на быстросъемном адаптере (см. рис. 4, 5). После этого погрузчик подает вперед нижнюю часть быстросъемного механизма, чтобы нижний сцепной палец *6* состыковался с нижним *С*-образным гнездом *4*. Как только палец оказывается в гнезде-замке *7*, оба штока гидроцилиндров *8* втягиваются, перемещая рычаги *9* в верхнее положение, поворачивая и замыкая гнездо.

Чтобы отсоединить, нужно опустить рабочий орган на землю, только после этого оба штока выдвигаются, возвращая рычаги в исходное положение. Гнездо-замок отпирается. Нижняя часть быстросъемного адаптера подается назад, а затем целиком опускается вниз, чтобы освободить верхний сцепной палец. Данная конструкция является наиболее рациональной.

С помощью разработанного и рассчитанного механизма можно в кратчайшие сроки менять не только различные виды ковшей, таких как обычный, увеличенный; уменьшенный; двухчелюстной; скелетный; с боковой разгрузкой; с увеличенной высотой разгрузки; с принудительной разгрузкой, но и разное оборудование, например бульдозерный отвал; грейфер; грузовые вилы; кран; челюстной захват; захват для столбов и свай; плужный снегоочиститель: роторный снегоочиститель: кусторез; корчеватель-собиратель; асфальтовзламыватель, гидромолот [10].

Вывод. Таким образом, разработана конструкция быстросъемного адаптера для фронтального погрузчика, предназначенного для ускорения процесса смены рабочих органов и повышения универсальности погрузчика. При разработке учитывалась нагрузка,

особенности соединения адаптера с погрузчиком, требования к надежности фиксации и удобству выполнения операций по замене навесного оборудования.

Заключение. Разработка быстросъемного адаптера является эффективным направлением совершенствования фронтальных погрузчиков. Проведенные расчеты дают возможность дать рекомендации по проектированию данного вида оборудования. Использование предлагаемой конструкции в строительной и горнодобывающей отрасли позволяет повысить универсальность и производительность машин за счет сокращения времени на смену рабочих органов и упрощения процесса их установки.

Список литературы

1. Галдин Н.С., Семенова И.А. Классические и специальные инновационные гидромашины экскаваторов с гидроприводом: монография. – Омск: СибАДИ, 2026. – 193 с.
2. Симанов А.Н., Чещин М.С., Яковлев Д.А. Определение оптимальной конструкции быстросъемного соединения для навесного оборудования фронтальных погрузчиков // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 07-08 декабря 2023 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2024. – С. 171-177.
3. Семенова И.А., Бурлак А.С., Лихачев Д.С., Сангалов А.В. Проектирование оборудования многоцелевого действия // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: Сборник материалов II Национальной научно-практической конференции, Омск, 18-19 апреля 2019 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2019. – С. 131-134.
4. Галдин Н.С., Семенова И.А., Галдин В.Н. Разработка и исследование математических моделей гидравлических рабочих органов экскаваторов. – Омск: СибАДИ, 2025. – 170 с.
5. А.с. №1573095 СССР. Быстроразъемное соединение ковша фронтального погрузчика со стрелой / В.М. Ходосовский, А.Э. Павлович, Н.В. Богдан, С.Г. Напреенко. – Заявка №4416626 от 28.04.1988; опубл. 23.06.1990.
6. Тогизбаева Б.Б., Шеров К.Т., Даньярова А.С., Мамбетов Д.М. Обзор разработанных систем быстросъемного устройства гидравлического экскаватора // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия: Технические науки и технологии, 2023. – Т. 143, № 2. – С. 193-203. – doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-193-203.
7. Севрюгина Н.С., Прохорова Е.В., Волков Е.А. Выбор и обоснование параметров быстросъемного соединительного устройства рабочего оборудования одноковшового экскаватора. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2014. – 109 с.
8. Даньярова А.С., Тогизбаева Б.Б., Сазамбаева Б.Т. Оценка эффективности конструкций быстросъемного механизма для ковшей экскаваторов: сравнительное исследование // Наука и техника Казахстана. – 2024. – №2. – С. 253-264. – doi.org/10.48081/PIJQ7782.
9. Прохорова Е.В. Выбор и обоснование параметров быстросъемного соединительного устройства для рабочего оборудования экскаватора: Автореф. дисс. … канд. техн. наук. – Москва, 2014. – 19 с.
10. Кравчук Д.П., Болдырев Г.А. Динамика развития быстросъемных устройств одноковшовых экскаваторов // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: Материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. – С. 166-172.

References

1. Galdin N.S., Semenova I.A. Classic and Special Innovative Hydraulic Machines for Excavators with Hydraulic Drive: Monograph. – Omsk: SibADI, 2026. – 193 p.
2. Simanov A.N., Chechin M.S., Yakovlev D.A. Determination of the optimal design of a quick-release coupling for front-end loader attachments // Problems of Transport Systems Functioning: Proceedings of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Tyumen, December 7-8, 2023. – Tyumen: Tyumen Industrial University, 2024. – P. 171-177.
3. Semenova I.A., Burlak A.S., Likhachev D.S., Sangalov A.V. Designing multipurpose equipment // Education. Transport. Innovations. Construction: Collection of materials of the II National Scientific and Practical Conference, Omsk, April 18-19, 2019. – Omsk: Siberian State Automobile and Road University (SibADI), 2019. – P. 131-134.
4. Galdin N.S., Semenova I.A., Galdin V.N. Development and Research of Mathematical Models of Hydraulic Working Parts of Excavators. – Omsk: SibADI, 2025. – 170 p.
5. A.c. No. 1573095 USSR. Quick-release connection of a front loader bucket to the boom / V.M. Khodosovsky, A.E. Pavlovich, N.V. Bogdan, S.G. Napreenko. – Appl. No. 4416626 from 28.04.1988; publ. 23.06.1990.
6. Togizbaeva B.B., Sherov K.T., Danyarova A.S., Mambetov D.M. Review of Developed Systems of Quick-Release Devices for Hydraulic Excavators // Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Series: Technical Sciences and Technologies. 2023, vol. 143, no. 2, pp. 193-203. doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-193-203.

7. Sevryugina N.S., Prokhorova E.V., Volkov E.A. Selection and justification of the parameters of a quick-release coupling device for the working equipment of a single-bucket excavator. – Belgorod: Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shukhov, 2014. – 109 p.
8. Danyarova A.S., Togizbaeva B.B., Sazambaeva B.T. Assessment of the effectiveness of quick-release mechanism designs for excavator buckets: a comparative study // Science and Technology of Kazakhstan. 2024, no. 2, pp. 253-264. doi.org/ 10.48081/PIJQ7782.
9. Prokhorova E.V. Selection and justification of the parameters of a quick-release coupling device for excavator working equipment: Abstract of the diss. … cand. of tech. sc. – Moscow, 2014. – 19 p.
10. Kravchuk D.P., Boldyrev G.A. Dynamics of the development of quick-release devices for single-bucket excavators // Ground transport and technological complexes and means: Materials of the International Scientific and Technical Conference. – Tyumen: Tyumen Industrial University, 2017. – P. 166-172.

Сведения об авторах:	*Information about authors:*
Галдин Николай Семенович – доктор технических наук, профессор кафедры Строительная подъемно-транспортная и нефтегазовая техника	**Galdin Nikolay Semenovich** – doctor of technical sciences, professor of the Department of construction lifting and transport and oil and gas equipment
Семенова Ирина Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры Строительная подъемно-транспортная и нефтегазовая техника	**Semenova Irina Anatolyevna** – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of construction lifting and transport and oil and gas equipment
semenova_ia@mail.ru	

Получена 02.10.2026