

Способ модернизации карьерного самосвала «Белаз-75306» для работы в газодизельном режиме

Г. М. Дубов^{1✉}, А. Г. Кульпин¹, А. В. Черниченко¹, С. А. Нохрин²

¹ ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», г. Кемерово, Российская Федерация

² ООО «ТехноЭко», г. Прокопьевск, Российская Федерация
✉ dubovgm@kuzstu.ru

Резюме. Анализируется современное состояние проблемы, связанной с востребованностью и результативностью применения технологии частичного замещения дизельного топлива сжиженным природным газом (СПГ) на карьерной технике. Отмечается, что именно в классе тяжелых карьерных самосвалов СПГ рассматривается как наиболее перспективный энергоноситель, способный конкурировать с традиционными нефтяными моторными топливами. Использование СПГ в качестве моторного топлива способствует снижению негативного воздействия карьерного автотранспорта на окружающую среду, повышению энергетической эффективности перевозки горной массы и сокращению эксплуатационных затрат, связанных с удельным расходом топлива. В этой связи подчеркивается актуальность исследований, направленных на выбор оптимальных конструктивных и компоновочных решений для размещения и интеграции криогенного оборудования на карьерных самосвалах. В работе детально рассмотрена новая технологическая схема установки криогенного топливного резервуара на карьерный самосвал «БелАЗ-75306» (грузоподъемность 220 т). Приведены варианты модернизации конструктивных элементов машины, обеспечивающие возможность безопасного и эффективного размещения криогенного оборудования на ее борту.

Ключевые слова: карьерный самосвал, сжиженный природный газ, газодизельный режим работы, газомоторное топливо, криогенная бортовая топливная система

Для цитирования: Дубов Г.М., Кульпин А.Г., Черниченко А.В., Нохрин С.А. Способ модернизации карьерного самосвала «Белаз-75306» для работы в газодизельном режиме. *Маркшейдерия и недропользование*. 2025;25(6):52-58. <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-6-52-58>.

Method for modernization the Belaz-75306 mining dump truck for operation in gas-diesel mode

G. M. Dubov^{1✉}, A. G. Kulpin¹, A. V. Chernichenko¹, S. A. Nokhrin²

¹ T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation

² "TekhnoEco" Limited Liability Company, Prokopyevsk, Russian Federation
✉ dubovgm@kuzstu.ru

Abstract. This paper analyzes the current state of the problem related to the demand and effectiveness of using technology for partial replacement of diesel fuel with liquefied natural gas (LNG) in quarry equipment. It is emphasized that the transition to gas-diesel mode does not require extensive and labor-intensive modernization of diesel engines, which makes this technology economically viable and technologically accessible for mining companies. It is noted that it is in the class of heavy quarry dump trucks that LNG is considered the most promising energy source capable of competing with traditional petroleum motor fuels. The use of LNG as a motor fuel contributes to reducing the negative impact of quarry vehicles on the environment, increasing the energy efficiency of rock transportation, and reducing operating costs associated with specific fuel consumption. In this regard, the relevance of research aimed at selecting optimal design and layout solutions for the placement and integration of cryogenic equipment on quarry dump trucks is emphasized. The paper provides a detailed review of a new technological scheme for installing a cryogenic fuel tank on a BelAZ-75306 dump truck (load capacity 220 tons). Options for upgrading the structural elements of the machine are presented, ensuring the safe and effective placement of cryogenic equipment on board.

Keywords: mining dump truck, liquefied natural gas, gas-diesel mode of operation, gas engine fuel, cryogenic onboard fuel system

For citation: Dubov G.M., Kulpin A.G., Chernichenko A.V., Nokhrin S.A. Method for modernization the Belaz-75306 mining dump truck for operation in gas-diesel mode. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2025;25(6):52-58. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2025-25-6-52-58>.

Введение

Ежегодный рост мирового потребления минерального сырья формирует перед научным сообществом и промышленностью комплекс актуальных задач, связанных с повышением эколого-экономической эффективности процессов его добычи. Эффективность открытой добычи минеральных ресурсов в значительной степени определяется видом применяемого технологического транспорта. На сегодняшний день ключевым видом транспорта, обеспечивающим перевозку горной массы, являются тяжелые карьерные самосвалы [1].

В настоящее время сжиженный природный газ признан экономически целесообразным альтернативным моторным топливом для автотранспортных средств. Его использование возможно без глубокой переработки, за исключением операций по добыче, транспортировке и сжижению [2–5].

Применение сжиженного природного газа (СПГ) в качестве моторного топлива для горно-технологического оборудования рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений. СПГ является существенно более дешевым топливом по сравнению с дизельным. Технология его использования в режиме частичного замещения дизельного топлива не требует сложной и трудоемкой модернизации дизельных двигателей внутреннего сгорания, что обеспечивает ее экономическую целесообразность для карьерных самосвалов. Дополнительными преимуществами применения СПГ являются снижение экологической нагрузки, повышение энергоэффективности транспортировки горной массы и уменьшение затрат на топливо [6–8].

Реализация проектов по производству и потреблению сжиженного природного газа в России находится на начальном этапе становления и развития. Слабое присутствие в России собственных крупнотоннажных технологий сжижения природного газа, нормативно-технической и эксплуатационной документации на криогенное бортовое топливное оборудование ставит российские проекты в зависимость от зарубежных поставщиков технологий, оборудования и сервисных услуг. Недавно принятые технические регламенты, устанавливающие требования к параметрам криогенных бортовых топливных систем, предназначенных для оснащения карьерных самосвалов «БелАЗ», а также сформированный специализированный комплекс технологического оборудования создают фундаментальные предпосылки для дальнейшего развития, тиражирования и промышленного масштабирования отечественных технологий производства и применения сжиженного природного газа в сегменте карьерного технологического транспорта [9–11].

В этих условиях особую значимость приобретают инженерные разработки, направленные на обоснование и выбор рациональных конструктивных решений и схемных конфигураций размещения, компоновки и интеграции криогенного оборудования в структуру карьерной техники. При проектировании таких систем требуется учитывать широ-

кий спектр факторов: горнотехнические ограничения, требования эргономики, особенности технологического цикла и экологические нормативы. Дополнительно необходимо проведение комплексной оценки эксплуатационных характеристик и показателей надежности криогенных систем, что еще более подчеркивает актуальность и научно-практическую значимость обозначенных исследовательских задач [12–14].

Цель работы: разработка методического подхода к обоснованию и реализации рациональной схемы размещения криогенного топливного бака на борту серийного карьерного самосвала «БелАЗ-75306».

Методы исследований

Процесс формирования схемных и конструктивных решений, необходимых для адаптации карьерного самосвала «БелАЗ-75306» к эксплуатации в газодизельном рабочем цикле, выполнялся с использованием программной среды трехмерного инженерного моделирования «КОМПАС-3D».

В качестве обязательного этапа исследования проводилась натурная оценка возможностей интеграции криогенного топливного бака в архитектуру машины, осуществляемая непосредственно на территории автопарков ведущих горнодобывающих предприятий Кузбасса, что позволило объективно установить ограничения компоновочного характера и выявить наиболее рациональные варианты размещения.

Комплекс проектных, аналитических и инженерно-технологических работ реализовывался ООО «ТехноЭко» (г. Прокопьевск, Россия) в тесном взаимодействии с ОАО «БЕЛАЗ» (г. Жодино, Республика Беларусь) и ФГБОУ ВО «КузГТУ» (г. Кемерово, Россия), осуществлявшими научное и конструкторское сопровождение проекта.

Результаты

Известен способ размещения криогенных топливных баков на карьерном самосвале, при котором криогенные емкости устанавливаются на палубе карьерного самосвала «БелАЗ-75131» [15–17].

К недостаткам данного способа относятся:

- значительные ограничения на общий объем устанавливаемых криогенных баков, обусловленные их расположением, вследствие этого увеличивается число заправочных циклов в течение смены, что снижает эффективность технологического цикла транспортировки горной массы;

- необходимость строительства специализированных заправочных площадок непосредственно в зоне горных работ, поскольку размещение баков на палубе требует применения особых технологий заправки (такие мероприятия приводят к существенным дополнительным затратам для предприятия-пользователя газодизельных самосвалов);

- метод рассчитан исключительно на модель «БелАЗ-75131» и ее модификации (грузоподъемностью до 130 т) и предусматривает установку только двух баков суммарным

объемом не более 1 350 л, что делает его неэффективным для карьерных самосвалов более высокой грузоподъемности (220 т и выше), ограничивая производительность процесса транспортировки горной массы.

Известен также способ установки криогенного топливного бака на раме карьерного самосвала «БелАЗ-75139». Данный способ заключается в установке одного криогенного топливного бака непосредственно на правом лонжероне рамы самосвала под кузовом, между передними и задними колесами [18].

К недостаткам указанного способа относятся следующие положения:

- отсутствие в открытом доступе детализированных материалов, описывающих процедуру монтажа, что не позволяет объективно оценить степень технологической сложности, практическую реализуемость данного решения, а также влияние установки криогенного топливного бака на сохранение эксплуатационных параметров карьерного самосвала;
- анализ доступных публикаций свидетельствует, что метод ориентирован преимущественно на модели «БелАЗ-75139» (грузоподъемностью до 130 т) и «БелАЗ-75476» (грузоподъемностью до 45 т), при этом предполагается применение топливных криогенных емкостей сравнительно малого объема, что негативно отражается на производительности технологического процесса перевозки горной массы.

В рамках разработки нового технического решения по установке криогенного топливного бака на правом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306» (грузоподъемностью до 220 т) были поставлены такие ключевые задачи, как:

- разработка рациональной и технологически эффективной схемы размещения криогенной топливной емкости на правом лонжероне рамы карьерного самосвала серии «БелАЗ-75306», обеспечивающей перевод машины в газодизельный режим работы;
- повышение эксплуатационной надежности, производственной безопасности и удобства обслуживания карьерных самосвалов данной серии при функционировании в газодизельном цикле;
- сокращение трудоемкости монтажных операций, минимизация подготовительных процедур, а также увеличение эффективности технологического процесса транспортировки горной массы при эксплуатации самосвала в условиях газодизельного режима работы.

Разработанное техническое решение поясняется схемами, представленными на рисунках ниже. На рисунке 1 представлен криогенный топливный бак; на рисунке 2 представлена компоновочная схема установки криогенного топливного бака на правом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306»; на рисунке 3 – схема базового размещения стандартного дизельного топливного бака на правом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306»; на рисунке 4 – схема штатного размещения масляного бака и пневмогидроаккумуляторов на левом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306»; на рисунке 5 – схема интегрированной установки дизельномасляного бака и пневмогидроаккумуляторов на левом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306»; на рисунке 6 – модернизированный стандартный дизельный топливный бак; на рисунке 7 – модернизированный стандартный масляный бак; на рисунке 8 – конструкция дизельномасляного бака.

Предлагаемый способ модернизации предусматривает следующее. Для обеспечения возможности установки монтажной платформы 1 (рис. 1), на которой фиксируется криогенный топливный бак 2, на правом лонжероне 3 рамы 4 (рис. 2) карьерного самосвала «БелАЗ-75306» (далее – самосвал) 5, а также для сохранения полной работоспособности машины первоначально выполняется демонтаж стандартного дизельного топливного бака 6, установленного на правом лонжероне 3 рамы 4 самосвала 5 (рис. 3), а также стандартного масляного бака 7 с левого лонжерона 8 рамы 4 самосвала 5 (рис. 4).

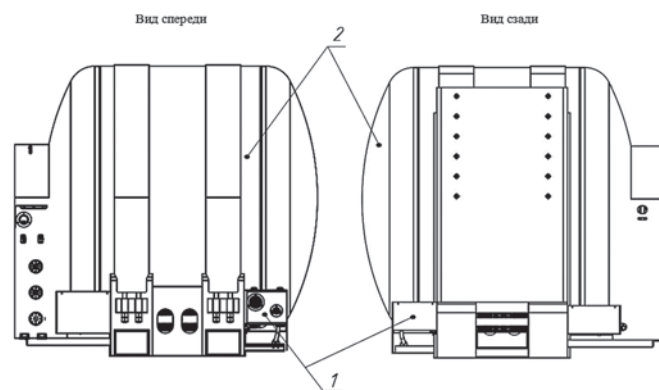


Рис. 1. Криогенный топливный бак: 1 – монтажная платформа; 2 – криогенный топливный бак /

Fig. 1. Cryogenic fuel tank: 1 – mounting platform; 2 – cryogenic fuel tank

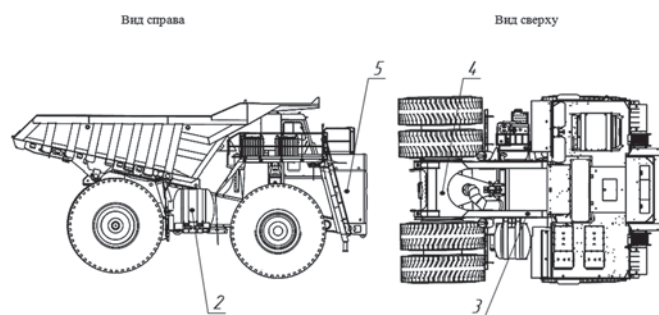


Рис. 2. Компоновочная схема установки криогенного топливного бака на правом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306»: 2 – криогенный топливный бак; 3 – правый лонжерон; 4 – рама; 5 – карьерный самосвал «БелАЗ-75306» /

Fig. 2. Layout scheme for installing the cryogenic fuel tank on the right frame longitudinal member of the BelAZ-75306 mining dump truck: 2 – cryogenic fuel tank; 3 – right spar; 4 – frame; 5 – BelAZ-75306 mining truck

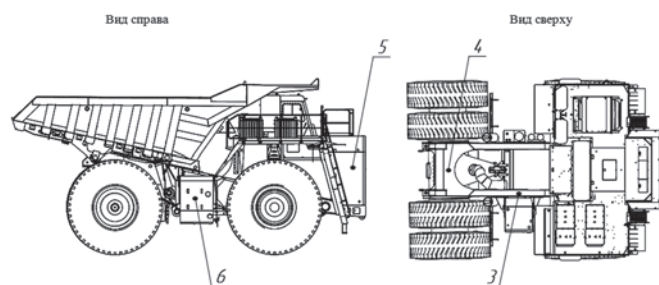


Рис. 3. Схема базового размещения стандартного дизельного топливного бака на правом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306»: 3 – правый лонжерон; 4 – рама; 5 – карьерный самосвал «БелАЗ-75306»; 6 – стандартный дизельный топливный бак /

Fig. 3. Scheme of the basic placement of a standard diesel fuel tank on the right side member of the frame of a BelAZ-75306 mining dump truck: 3 – right spar; 4 – frame; 5 – BelAZ-75306 mining truck; 6 – standard diesel fuel tank

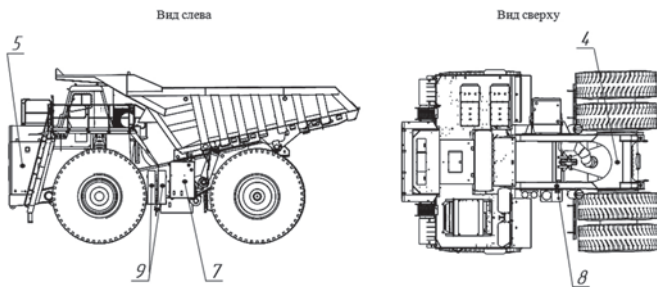


Рис. 4. Схема штатного размещения масляного бака и пневмогидроаккумуляторов на левом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306»: 4 – рама; 5 – карьерный самосвал «БелАЗ-75306»; 7 – стандартный масляный бак; 8 – левый лонжерон; 9 – пневмогидроаккумуляторы /

Fig. 4. Standard arrangement scheme of the oil tank and pneumatic-hydraulic accumulators on the left frame longitudinal member of the BelAZ-75306 mining dump truck: 4 – frame; 5 – BelAZ-75306 mining truck; 7 – standard oil tank; 8 – left spar; 9 – pneumatic hydraulic accumulators

Производят перенос на левом лонжероне 8 пневмогидроаккумуляторов 9 по направлению к передней части рамы 4 самосвала 5, на расстояние 600 мм, являющееся достаточным для размещения впоследствии дизельномасляного бака 10, и фиксируют их в данном положении посредством стандартных крепежных изделий (рис. 5). Осуществляют модернизацию стандартного дизельного топливного бака 6, заключающуюся в изготовлении в его правой части технологической ниши 11 (рис. 6), достаточной для последующего размещения в ней модернизированного стандартного масляного бака 7 (рис. 7), монтируют (например, сваркой и стандартными крепежными изделиями) систему ограничителей 12 и 13 с передней и правой стороны, вдоль полученной технологической ниши 11, осуществляют перенос заливной горловины 14 на расстояние 600 мм от левой стороны модернизируемого стандартного дизельного топливного бака 6, датчик максимального уровня топлива и клапан для слива излишек топлива переносят на левую сторону стандартного модернизируемого дизельного бака 6 (позиции не показаны).

Далее осуществляют модернизацию стандартного масляного бака 7 (рис. 7), заключающуюся в удалении с его задней стенки четырех монтажных креплений (позиции не показаны), предусмотренных заводом-изготовителем, всасывающий патрубок 15 переносят на правую боковую стенку модернизируемого стандартного масляного бака 7 и удлиняют его до 618 мм, каналы слива рабочей жидкости 16 переносят на переднюю стенку модернизируемого стандартного масляного бака 7.

Далее в технологическую нишу 11 модернизированного стандартного дизельного топливного бака 6 устанавливают модернизированный стандартный масляный бак 7 и жестко закрепляют его с передней и правой стороны (например, сваркой и стандартными крепежными изделиями) системой ограничителей 12 и 13, а также сверху ограничительной рамой 17 (рис. 8). Далее получившийся дизельномасляный бак 10 устанавливают на левом лонжероне 8 рамы 4 самосвала 5 в месте, где ранее находился стандартный масляный бак 7 и пневмогидроаккумуляторы 9 (см. рис. 5). После этого на правом лонжероне 3 рамы 4 самосвала 5, на место, где изначально был установлен стандартный дизельный топливный бак 6, монтируют крепежную платформу 1 с криогенным топливным баком 2 (рис. 2).

При необходимости на дизельномасляный бак 10 (см. рис. 5), в крайней левой (дизельной) части, может быть смонтирован трап 18, поскольку в процессе эксплуатации может

возникнуть необходимость в техническом обслуживании дизельномасляного бака 10 (рис. 5).

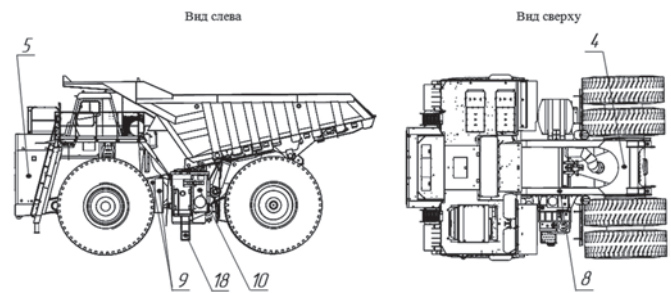


Рис. 5. Схема интегрированной установки дизельномасляного бака и пневмогидроаккумуляторов на левом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306»: 4 – рама; 5 – карьерный самосвал БелАЗ-75306; 8 – левый лонжерон; 9 – пневмогидроаккумуляторы; 10 – дизельномасляный бак; 18 – трап /

Fig. 5. Integrated installation scheme of the diesel-oil tank and pneumatic-hydraulic accumulators on the left frame longitudinal member of the BelAZ-75306 mining dump truck: 4 – frame; 5 – BelAZ-75306 mining truck; 8 – left spar; 9 – pneumatic hydraulic accumulators; 10 – diesel oil tank; 18 – ladder

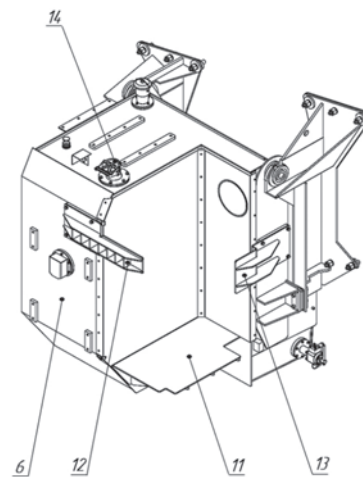


Рис. 6. Модернизированный стандартный дизельный топливный бак: 6 – модернизированный стандартный дизельный топливный бак; 11 – технологическая ниша; 12, 13 – ограничители; 14 – заливная горловина /

Fig. 6. Modernized standard diesel fuel tank: 6 – modernized standard diesel fuel tank; 11 – technological niche; 12, 13 – limiters; 14 – filler neck

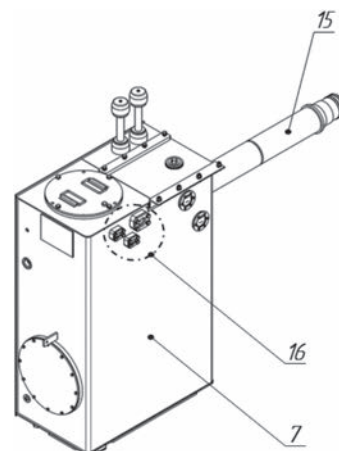


Рис. 7. Модернизированный стандартный масляный бак: 7 – модернизированный стандартный масляный бак; 15 – всасывающий патрубок; 16 – каналы слива рабочей жидкости /

Fig. 7. Modernized standard oil tank: 7 – modernized standard oil tank; 15 – suction pipe; 16 – channels for draining the working fluid

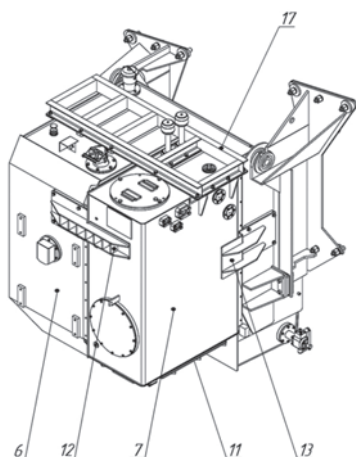


Рис. 8. Конструкция дизельномасляного бака: 6 – модернизированный стандартный дизельный топливный бак; 7 – модернизированный стандартный масляный бак; 11 – технологическая ниша; 12, 13 – ограничители; 17 – ограничительная рама /
Fig. 8. Design of diesel-oil tank: 6 – modernized standard diesel fuel tank; 7 – modernized standard oil tank; 11 – technological niche; 12, 13 – limiters; 17 – limiting frame

Обсуждение

Интеграция криогенного топливного бака осуществляется посредством его установки на специализированную крепежную платформу, фиксируемую на правом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306». Реализация такого конструктивного подхода обеспечивает значительное упрощение процедуры монтажа криогенного оборудования в пределах существующей компоновки машины, минимизирует объем подготовительных технологических операций и формирует удобный доступ к криогенному топливному баку при выполнении регламентных работ, включая заправку, технический осмотр и сервисное обслуживание.

Помимо этого, выбранная схема размещения обеспечивает возможность прямого визуального мониторинга состояния криогенного топливного бака из рабочей зоны оператора (через правое наружное зеркало заднего вида). Данная особенность конструктивной организации способствует повышению эксплуатационной безопасности при функционировании машины в газодизельном режиме и позволяет своевременно фиксировать и предотвращать потенциально нештатные ситуации.

Комплекс защитных мер, предусмотренных в отношении установленного криогенного топливного бака, реализуется посредством совокупности элементов штатной конструкции, а именно: кузова самосвала, выполняющего роль экрана от ударных воздействий загружаемой горной массы и внешних механических факторов; передних и задних брызговиков, ограничивающих попадание загрязнений и абразивных частиц, а также специализированного защитного кожуха (рис. 9а), обеспечивающего дополнительную изоляцию и механическое экранирование оборудования.

Монтаж криогенного топливного бака непосредственно на правом лонжероне рамы создает предпосылки для применения емкостей увеличенного объема, что невозможно при иных компоновочных схемах. Увеличение полезной вместимости криогенного бака приводит к уменьшению ко-

личества заправочных операций в пределах одной рабочей смены, что, в свою очередь, обеспечивает прирост производительности транспортного процесса. Для контроля параметров функционирования бака (уровня наполнения и рабочего давления в нем) в водительской кабине размещается уровнемер, получающий данные от емкостного датчика, интегрированного непосредственно в конструкцию криогенного топливного бака.

Эффективность предложенного способа подтверждена его практической реализацией в рамках проекта компании «ТехноЭко» (г. Прокопьевск, Россия), направленного на оснащение карьерных самосвалов криогенными бортовыми топливными системами.

В ходе выполнения проекта по описанному выше способу модернизации осуществлена установка крепежной платформы (с размещенным в ней криогенным топливным баком) на правом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306» (рис. 9а) и дизельномасляного бака на левом лонжероне рамы данного самосвала (рис. 9б).



а (а)



б (б)

Рис. 9. Модернизированный карьерный самосвал «БелАЗ-75306», оснащенный криогенной бортовой топливной системой: а – криогенный топливный бак, установленный на правом лонжероне рамы самосвала; б – дизельномасляный бак, установленный на левом лонжероне рамы самосвала /

Fig. 9. The modernized BelAZ-75306 mining truck equipped with a cryogenic onboard fuel system: а – cryogenic fuel tank installed on the right side member of the truck frame; б – diesel oil tank installed on the left side member of the truck frame

Заключение

Предлагаемый способ модернизации карьерного самосвала «БелАЗ-75306» для работы в газодизельном режиме обеспечивает достижение ряда существенных преимуществ, среди которых:

- снижение трудоемкости и упрощение технологических операций при установке криогенного топливного бака на правый лонжерон рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306»;
- повышение уровня эксплуатационной безопасности карьерных самосвалов серии «БелАЗ-75306» при функционировании в газодизельном режиме с использованием сжиженного природного газа (метана);
- возможность размещения бака увеличенного объема на правом лонжероне рамы машины, что расширяет запас криогенного топлива;
- рост производительности транспортных операций за счет уменьшения числа заправочных циклов в течение одной рабочей смены и снижения затрат на топливо;
- упрощение процедур заправки и технического обслуживания криогенного топливного резервуара, установленного на правом лонжероне рамы карьерного самосвала «БелАЗ-75306».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Чегошев А.А., Нохрин С.А., Ельцов И.Е. Сжиженный природный газ, как альтернатива дизельному (нефтяному) топливу для карьерных самосвалов «БелАЗ». *Инновации в машиностроении: сборник трудов XII Международной научно-практической конференции*. Новосибирск, 2021: 311-318.
Chegoshev A.A., Nokhrin S.A., Yeltsov I.E. Liquefied natural gas as an alternative to diesel (petroleum) fuel for BelAZ mining dump trucks. *Innovations in Mechanical Engineering: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference*. Novosibirsk, 2021: 311-318. (In Russ.).
- Тарасов П.И., Хазин М.Л., Фурзиков В.В. Природный газ – перспективное моторное топливо карьерного автотранспорта для районов Севера. *Горная промышленность*. 2016; 6: 51-61.
Tarasov P.I., Khazin M.L., Furzikov V.V. Natural gas – a promising motor fuel for quarry vehicles in northern regions. *Mining Industry*. 2016; 6: 51-61. (In Russ.).
- Ельцов И.Е., Нохрин С.А. Анализ криогенных бортовых топливных систем, обеспечивающих двухтопливный (газодизельный) режим работы карьерных самосвалов. *Россия молодая: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 20–23 апреля 2021 года*. Кемерово, 2021: 103031-103036.
Yeltsov I.E., Nokhrin S.A. Analysis of cryogenic onboard fuel systems providing dual-fuel (gas-diesel) operation of mining dump trucks. *Young Russia: Collection of materials from the XIII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Kemerovo, April 20–23, 2021*. Kemerovo, 2021: 103031–103036. (In Russ.).
- Shingan B., Banerjee N., Kumawat M. [et al.]. Liquefied Natural Gas Value Chain: A Comprehensive Review and Analysis. *Chemical Engineering and Technology*. 2024; 47 (3): 430-447. <https://doi.org/10.1002/ceat.202300304>.
- Bogomolov A.R., Dubov G.M., Azikhanov S.S. Comparative analysis of the concentration of CO₂, CO, CH₄, and O₂ in the exhaust gases of BelAZ dump trucks that use liquefied natural gas as a motor fuel. *Nexo Revista Científica*. 2022; 35 (2): 552-565. <https://doi.org/10.5377/nexo.v35i02.14634>.
- Нестеренко И.С., Нестеренко Г.А., Талызин В.С. О целесообразности перевода парка автомобилей на газодизельное топливо. *Автомобильная промышленность*. 2023; 2: 20-21.
Nesterenko I.S., Nesterenko G.A., Talyzin V.S. On the feasibility of converting the vehicle fleet to gas-diesel fuel. *Automotive Industry*. 2023; 2: 20-21. (In Russ.).
- Хазин М.Л. Перевод карьерных самосвалов на газ в условиях Севера. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2019; 19 (1): 56-72. <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2019.1.5>.
Khazin M.L. Converting quarry dump trucks to gas in northern conditions. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil, gas, and mining*. 2019; 19 (1): 56-72. (In Russ.). <https://doi.org/10.15593/2224-9923/2019.1.5>.
- Тарасов П.И., Хазин М.Л., Фурзиков В.В. Факторы, предопределяющие выбор энергоносителя для силовых агрегатов горной и транспортной техники карьеров Якутии. *Горная промышленность*. 2017; 3: 56-59.
Tarasov P.I., Khazin M.L., Furzikov V.V. Factors determining the choice of energy source for power units of mining and transport equipment in the quarries of Yakutia. *Mining Industry*. 2017; 3: 56-59. (In Russ.).
- Нестеренко И.С., Нестеренко Г.А., Талызин В.С. К вопросу применения газодизельной силовой установки в районах Крайнего Севера. *Автомобиль. Дорога. Инфраструктура*. 2023; 4 (38).
Nesterenko I.S., Nesterenko G.A., Talyzin V.S. On the use of gas-diesel power plants in the Far North. *Automobile. Road. Infrastructure*. 2023; 4 (38). (In Russ.).
- Родионов В.Г. Перевод автотранспорта на газовое топливо – один из путей экологической политики государства. *Автотранспортное предприятие*. 2015; 12: 17-18.
Rodionov V.G. Converting motor vehicles to gas fuel is one of the ways to implement the state's environmental policy. *Motor Transport Enterprise*. 2015; 12: 17-18. (In Russ.).
- Шарифуллин Э.И., Нурмиев А.А. Перевод тракторов и автомобилей на газовое топливо. *Агроинженерная наука XXI века: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 10–11 июня 2022 года*. Казань, 2022: 155-159.
Sharifullin E.I., Nurmiev A.A. Converting tractors and cars to gas fuel. *Agricultural Engineering Science of the 21st Century: Scientific Proceedings of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of Kazan State Agrarian University, Kazan, June 10–11, 2022*. Kazan, 2022: 155-159. (In Russ.).
- Pesonen Ja., Prinz R., Ovaskainen H., et al. Alternative Powertrains and Fuels in Heavy Non-Road Mobile Machinery and Their Future Expectations – A Review. *Current Forestry Reports*. 2025; 11 (1): 10. <https://doi.org/10.1007/s40725-024-00244-2>.
- Макарова И.В., Ганиев М.М., Баринов А.С. и др. Современный автотранспорт горнопромышленного комплекса: проблемы и решения. *Горная промышленность*. 2025; S1: 28-33. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1S-28-33>.
Makarova I.V., Ganiev M.M., Barinov A.S., et al. Modern motor transport of the mining complex: challenges and solutions. *Russian Mining Industry*. 2025; (1S): 28-33. (In Russ.). <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1S-28-33>.
- Dubov G.M., Bogomolov A.R., Azikhanov S.S., et al. Temperature parameters in the combustion chambers of CUMMINS KTA-50 engines operating on various fuels under different fuel consumption rates. *E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium*. Kemerovo, 2021: 03011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131503011>.
- Патент № 2701133, Российская Федерация, МПК B60K 15/07, F17C 13/08 (2006.01). Способ установки криогенных топливных баков на карьерном самосвале: № 2019103118; заявл. 04.02.19; опубл. 24.09.19, Бюл. № 27 / Нохрин С.А., Дубов Г.М., Трухманов Д.С.; заявитель ООО «Сибирь-Энерго». 14 с.: 7 ил.
Nohrin S.A., Dubov G.M., Trukhmanov D.S., Patent 2701133 (The Russian Federation, 2019). (In Russ.).
- Ельцов И.Е., Чегошев А.А., Нохрин С.А. Реконструкция палубы карьерного самосвала «БелАЗ-75131» для обеспечения его эксплуатации в газодизельном режиме. *Инновации в машиностроении: сборник трудов XII-й Международной научно-практической конференции* Новосибирск, 2021: 303-310.
Eltsov I.E., Chegoshev A.A., Nokhrin S.A. Reconstruction of the deck of the BelAZ 75131 dump truck to provide its gas-diesel operation. *Innovations in mechanical engineering: Proceedings of the XII International Scientific-Practical Conference*. Novosibirsk, 2021: 303-310. (In Russ.).

17. Dubov G.M., Trukhmanov D.S., Nokhrin S.A., Sergel A.N. Method for installing cryogenic fuel tanks on the deck of BelAZ 7513 mining dump truck. *E3S Web of Conferences*. 2020; 174: 03016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017403016>.
18. Сергель А.Н. Карьерные самосвалы «БелАЗ» на газовом топливе и СПГ. *Горная промышленность*. 2019. №5. С. 29-32
Sergel A.N. BelAZ gas-powered and LNG-powered mining dump trucks. *Mining Industry*. 2019; 5: 29-32. (In Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Георгий Михайлович Дубов –

канд. техн. наук, доцент кафедры горных машин и комплексов, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0001-5383-8884>; e-mail: dubovgm@kuzstu.ru

Александр Геннадьевич Кульпин –

ст. преподаватель кафедры эксплуатации автомобилей, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: kag.ea@mail.ru

Алексей Владимирович Черниченко –

аспирант, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: chernichenko98@mail.ru

Сергей Алексеевич Нохрин –

заместитель генерального директора, ООО «ТехноЭКО», 653046, г. Прокопьевск, Российская Федерация; e-mail: nsa500@mail.ru

Критерии авторства:

Г. М. Дубов – научный менеджмент, постановка исследовательской задачи, сбор и анализ данных; А. Г. Кульпин – концептуализация исследования, написание текста; А. В. Черниченко – обзор литературы, сбор и анализ данных; С. А. Нохрин – проведение исследований, обработка результатов, выводы. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Конфликт интересов:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 09.12.2025

Поступила после рецензирования: 16.12.2025

Принята к публикации: 21.12.2025

ABOUT THE AUTHORS

Georgy M. Dubov –

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Mining Machines and Complexes, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0001-5383-8884>; e-mail: dubovgm@kuzstu.ru

Alexander G. Kulpin –

Senior Lecturer of the Department of Motor Vehicle Operation, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: kag.ea@mail.ru

Alexey V. Chernichenko –

Post-graduate Student. T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: chernichenko98@mail.ru

Sergey A. Nokhrin –

in Engineering, Deputy General Director, TechnoEKO Limited Liability Company, 653046, Prokopyevsk, Russian Federation; e-mail: nsa500@mail.ru

Contribution:

G. M. Dubov – research management, data collection and analysis; A. G. Kulpin – conceptualisation of the study, setting the research problem, writing the text; A. V. Chernichenko – literature review, data collection and analysis; S. A. Nokhrin – research management, processing of results, conclusions. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Conflict of interest:

The authors declare no conflict of interest.

Article info

Received: 09.12.2025

Revised: 16.12.2025

Accepted: 21.12.2025