

УДК 622.684

ОБОСНОВАНИЕ И ОЦЕНКА КОМПОНОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА БЕЛАЗ-75306

Черниченко А.В. аспирант гр. ГПа-221, IV курс
Научный руководитель Дубов Г.М., к.т.н.
Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В современных условиях горнодобывающей отрасли Кузбасс остается ключевым регионом России по добыче угля открытым способом, где эффективность процессов во многом определяется состоянием технологического автопарка. Одно из доминирующих положений занимают карьерные самосвалы большой грузоподъемности (220 тонн), в частности модель БелАЗ-75306. Одной из главных проблем их эксплуатации является высокая доля затрат на дизельное топливо, достигающая 45–50 % в структуре себестоимости добычи.

Перспективным направлением снижения затрат и техногенного воздействия на экологию является перевод техники на газодизельный режим с частичным замещением дизельного топлива сжиженным природным газом (СПГ). Стратегические ориентиры государства по расширению использования СПГ до 2035 года зафиксированы в обновленной Концепции развития рынка газомоторного топлива (утв. распоряжением Правительства РФ от 29 августа 2025 г. № 2366-р) [1, 2].

Для самосвалов малой и средней грузоподъемности (например, БелАЗ-75131) применяется палубное размещение криогенного топливного бака (КТБ) [3]. Однако для модели БелАЗ-75306 установка КТБ требуемого объема (не менее 2000 л) на палубе технически нецелесообразно. Это подтверждается рядом причин, а именно: увеличению центра тяжести, нарушению продольной и поперечной устойчивости, а также ограничению обзорности с места водителя карьерного самосвала (нарушение ГОСТ 33988-2016) [4]. Кроме того, палуба 220-тонного самосвала обладает меньшим запасом несущей способности для установки столь тяжелого оборудования.

Целью данного исследования является обоснование и оценка рационального компоновочного решения для интеграции КТБ на карьерный самосвал БелАЗ-75306 посредством анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) модернизированных несущих конструкций.

Оптимальным вариантом размещения КТБ объемом 2000 л признан правый лонжерон рамы карьерного самосвала (рисунок 1), на месте штатного дизельного бака [5]. Для обеспечения самосвала дизельным топливом, необходимым для газодизельного цикла, предложено объединить дизельный и масляный баки. Модернизированный совмещенный дизельно-масляный бак

устанавливается на левом лонжероне (на месте штатного масляного бака и пневмогидроаккумуляторов) (рисунок 2). В баке предусмотрены две секции: дизельная с номинальной заправочной вместимостью 1900 л и масляная на 560 л.

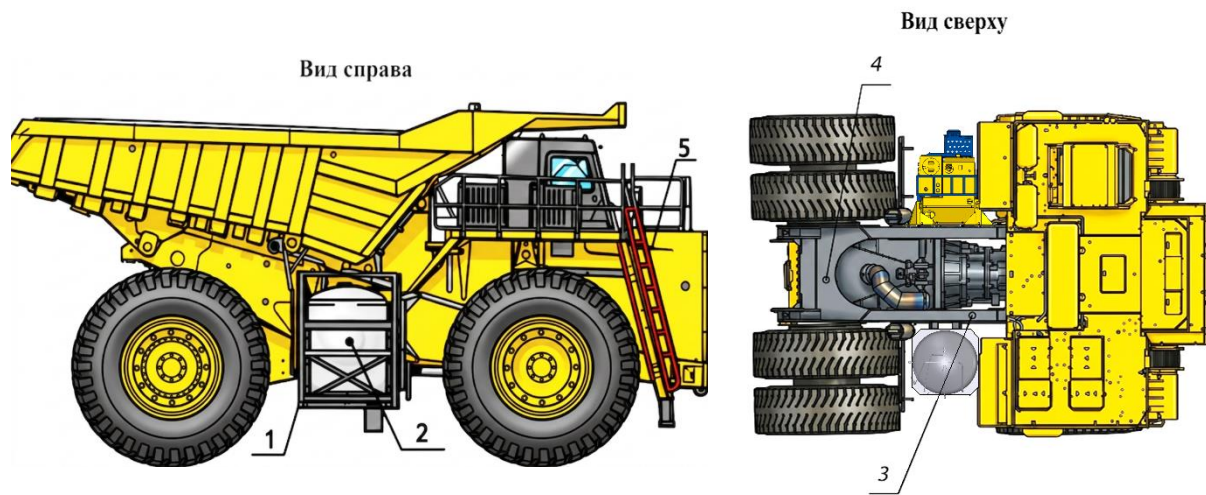


Рис. 1 Компоновка криогенного топливного оборудования на раме БелАЗ-75306 (1 - опорная платформа; 2 - криогенный топливный бак (КТБ); 3 – правый лонжерон; 4 - несущая рама; 5 - карьерный самосвал БелАЗ-75306).

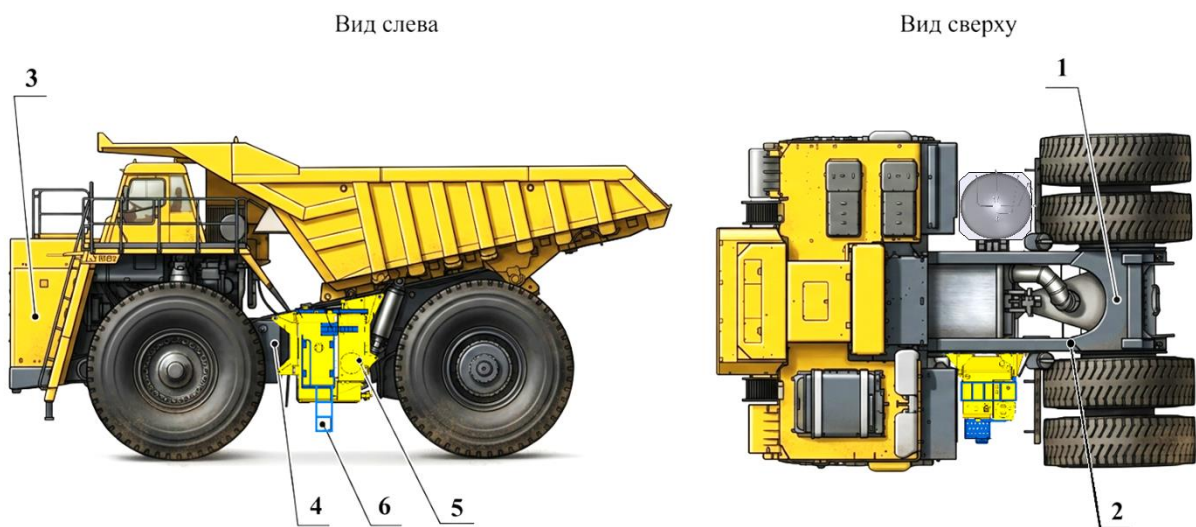


Рис. 2 Пространственное расположение узлов пневмогидравлической и топливной систем (дизельно-масляного бака) на левом лонжероне карьерного самосвала БелАЗ-75306 (1 – несущая рама; 2 - левый лонжерон; 3 - карьерный самосвал БелАЗ-75306; 4 - пневмогидроаккумуляторы; 5 - дизельно-масляный бак; 6 - площадка для обслуживания).

Такое асимметричное размещение тяжелого КТБ (массой около 2300 кг в заправленном состоянии) справа и совмещенного дизельно-масляного бака (около 1903 кг) слева способствует сохранению оптимального поперечного

баланса транспортного средства. При этом запас хода на одной заправке СПГ и дизелем гарантированно обеспечивает газодизельную эксплуатацию карьерного самосвала БелАЗ-75306 в течение 12-часовой рабочей смены без дополнительной дозаправки. Указанные конструктивные решения защищены патентом РФ № 2794478 С1 [6].

Любое вмешательство в базовую конструкцию несущей рамы, испытывающей в процессе работы вертикальные ускорения, требует проверки на прочность. Для исключения сложной механической обработки рамы (например сверления) разработаны и приварены специальные переходные накладки из стали 09Г2С в зонах монтажа нового оборудования. Оценка НДС модернизированных узлов проводилась методом конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе ANSYS. Исследована динамика напряжений и перемещений при вертикальных ускорениях, от $1g$ до $5g$ и продольных уклонах технологических трасс от -100% до $+100\%$.

Расчеты показали, что даже при максимальном вертикальном ускорении $5g$ эквивалентные напряжения в основных несущих элементах подвески КТБ и дизельно-масляного бака не превышают предела текучести стали 09Г2С (345 МПа). Пиковые очаги напряжений локализованы исключительно в узлах сопряжения кронштейнов с лонжеронами и составляют не более 2% объема конструкции, в то время как 85% рамы находится в зоне статической стабильности. Коэффициент запаса прочности, превышающий 2,5, доказывает конструктивную обоснованность проведенной модернизации (рисунок 3).



Рис. 3 Распределение зон нагружения модернизированной конструкции газодизельного карьерного самосвала БелАЗ-75306

Расчеты также показали, что некоторый рост деформаций прямо пропорционален росту уклона технологической трассы. Пиковые смещения (чуть более 21 мм) возникают на подъёме в 100 %. Это укладывается в нормы, а само поведение конструкции легко описывается математической моделью $\Delta = 0,0057 \cdot i + 20,932$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9945$ (рисунок 4).

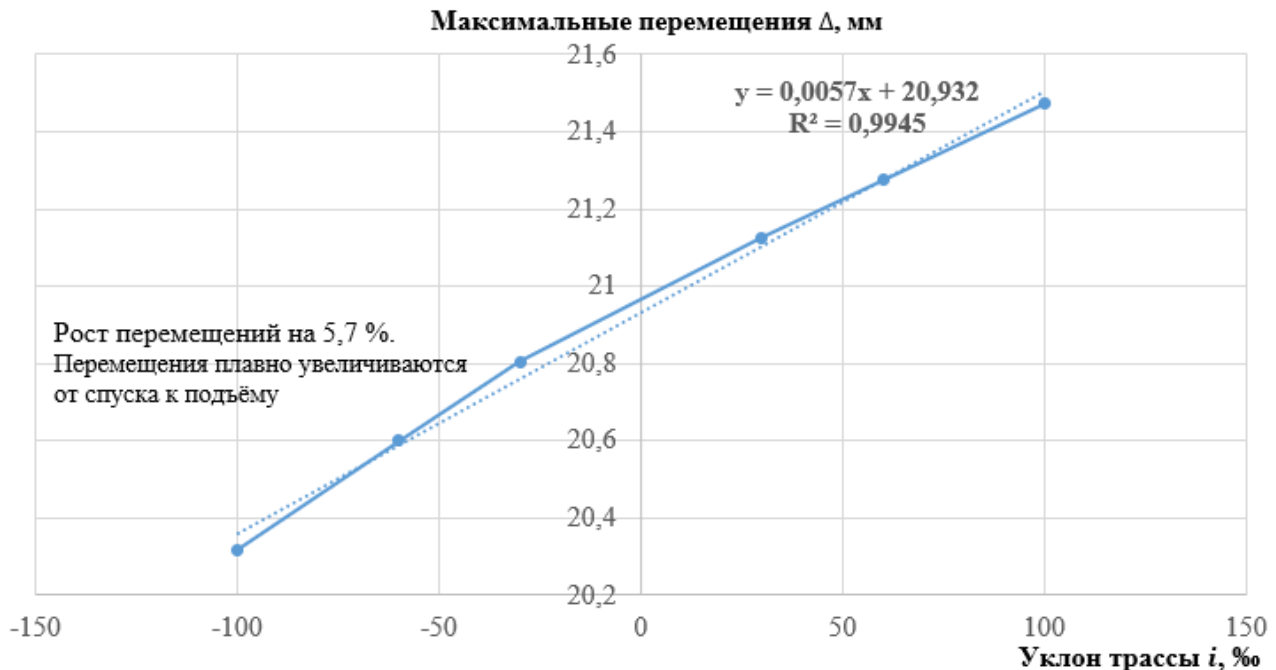


Рис. 4 Зависимость роста деформаций от уклона технологической трассы

Модернизация карьерного самосвала БелАЗ-75306 также оправдана и экономически. При текущих ценах (СПГ - 35 руб./кг, дизель - 75 руб./л) каждая машина экономит на топливе около 32,5 млн рублей в год, что делает модернизацию крайне выгодной для инвестиций.

Выводы.

1. Как показали результаты полевых испытаний размещение КТБ на правом лонжероне и совмещенного дизельно-масляного бака на левом - наиболее оптимальный вариант для карьерного самосвала БелАЗ-75306. Такая компоновка не только безопасна, но и эффективна за счет снижения операционных расходов и обеспечения автономной работы самосвала в течении одной рабочей смены без дополнительной дозаправки.

2. Оценка модернизированных металлоконструкций газодизельного карьерного самосвала БелАЗ-75306, посредством метода конечных элементов (МКЭ) показала, что навесное оборудование сохраняет прочность и жесткость при любых рабочих нагрузках. Конструкция работает стабильно, не вы-

ходя за пределы упругих деформаций, что гарантирует её долговечность и эксплуатационную пригодность.

Список литературы:

1. Распоряжение Правительства РФ от 29.08.2025 № 2366-р «Об утверждении Концепции развития рынка газомоторного топлива в Российской Федерации на период до 2035 года и плана мероприятий по ее реализации. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/56153/>
2. Дубов Г.М., Кузнецов И.В., Кульпин А.Г., Нохрин С.А., Панченко К.В. Обоснование компоновочного решения по размещению криогенных топливных баков на палубе самосвала БЕЛАЗ-75131. Статический расчет // Горное оборудование и электромеханика. – 2025. – № 3(179). – С. 30-40. – DOI 10.26730/1816-4528-2025-3-30-40.
3. Патент на изобретение № 2701133. Российская Федерация, МПК В60К 15/07 (2006.01), 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.
4. ГОСТ 33988-2016. Автомобильные транспортные средства. Обзорность с места водителя. Технические требования и методы испытаний. – Москва: Стандартинформ, 2017.
5. 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. – Т. 25, № 6. – С. 52-58. – DOI 10.56195/20793332-2025-25-6-52-58.
6. Патент на изобретение № 2794478. Российская Федерация, МПК В60К 15/07 (2006.01), МПК В60К 15/07 (2023.02). Способ установки криогенного топливного бака на карьерном самосвале: № 2022133441; заявл. 19.12.22; опубл. 19.04.23, Бюл. №11 / Дробин И.А., Нохрин С.А., Дубов Г.М., Трухманов Д.С., Чегошев А.А., Черниченко А.В., Амосов А.А.; заявитель ООО "ТехноЭко". – 11 с.: 5 ил.