

УДК 629.353.02

О.Г. СТЕПУКгенеральный конструктор — начальник научно-технического центра¹
E-mail: office@belaz.minsk.by**А.М. НАСКОВЕЦ**начальник бюро общей компоновки¹
E-mail: office@belaz.minsk.by**В.И. МОЙСЕЕНКО**, д-р техн. наук, проф.главный научный сотрудник²
E-mail: ks_oim@tut.by**А.Г. СИДОРЕНКО**, канд. техн. наукзаведующий лабораторией проблем надежности и металлоемкости карьерных автосамосвалов большой и особо большой грузоподъемности²
E-mail: ks_oim@tut.by¹ОАО «БЕЛАЗ» — управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ», г. Жодино, Республика Беларусь²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь*Поступила в редакцию 12.10.2020.*

НОВАЦИИ В КОМПОНОВКЕ И ПОВЫШЕНИИ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ СВЕРХ ОСОБО БОЛЬШОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Главная особенность современных карьерных самосвалов состоит в необходимости обеспечения транспортирования полезных ископаемых с минимальными затратами, что достигается углублением карьеров (с целью экономии вскрышных работ), увеличением уклонов дорог, сокращающим расстояние транспортировки груза, ростом грузоподъемности машин и повышением безопасности их движения. В работе показано, что новые условия работы самосвалов и основные специфические требования к ним решаются в значительной степени на стадии компоновки машин путем оптимизации колесной формулы самосвала, загрузки шин и их работоспособности, обеспечения удельной мощности двигательной установки, выбора типа трансмиссии и ее агрегатов, а также основных систем, обеспечивающих безопасность эксплуатации: тормозов, рулевого управления, устойчивости движения. Особое внимание уделено созданию новой системы повышения боковой устойчивости и ее конструкционному исполнению для самосвалов грузоподъемностью свыше 400 т. Приведены результаты эксплуатационных исследований принятых основных компоновочных и конструкционных решений для самосвала грузоподъемностью 450 т. Показана эффективность принятых решений, что позволило создать карьерный самосвал, превосходящий все аналоги в мире по показателям основных эксплуатационных свойств, обеспечивающим конкурентоспособность: топливной экономичности, производительности, эксплуатационным расходам. Впервые созданная система повышения поперечной устойчивости (принципиальная схема и конструкционные элементы) подтвердила проектируемую безопасность движения в условиях типовых карьеров и необходимый ресурс в эксплуатации.

Ключевые слова: компоновка, карьерный самосвал, глубокие карьеры, поперечная устойчивость, стабилизатор поперечной устойчивости, стойки стабилизатора

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2020-4-53-28-34>

Введение. Изменившиеся условия добычи руды заставили производителей большегрузной карьерной техники переходить к выпуску техники особо большой грузоподъемности с целью максимального учета запросов потребителей. Если 15 лет назад самые большие экскаваторы были оборудованы ковшом, способным вместить до 60 т породы, то теперь горнодобывающая промыш-

ленность имеет экскаваторы, способные загрузить одновременно 100–150 т. Соответственно для работы с ними требуются и карьерные самосвалы повышенной грузоподъемности — в 300 т и выше.

В связи с этим в 2011 г. ОАО «БЕЛАЗ» — управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» приступило к реализации инвестиционного проекта «Создание мощностей и увеличение объемов

производства и реализации карьерных самосвалов грузоподъемностью 90–450 т».

В ходе реализации данного инвестиционного проекта разработана конструкторская документация и изготовлена партия карьерных самосвалов сверхбольшой грузоподъемности в 450 т [1–3].

Карьерный самосвал данной грузоподъемности является объектом создания нового поколения техники с использованием современных наукоемких технологий и материалов. Данный вид продукции позволит ОАО «БЕЛАЗ» не только закрепиться на существующих рынках, но и завоевать новые. К технике под маркой БЕЛАЗ проявлен интерес на меднорудных карьерах стран Южной Америки, карьерах по добычи нефтеносных песков Канады и на карьерах по добыче угля в Мозамбике. С учетом того, что карьерные самосвалы такой грузоподъемности не выпускаются другими производителями карьерной техники, а также то, что производительность карьерного самосвала грузоподъемностью 450 т на 24–40 % больше, чем у ближайших конкурентов, можно считать данный проект масштабной реализацией технологий на рынках горнодобывающей промышленности.

Цель работы — разработка основ выбора новых компоновочных решений при создании карьерных самосвалов особо большой грузоподъемности (свыше 400 т) и обеспечении их поперечной устойчивости в условиях глубоких карьеров.

Основные компоновочные решения. Технический уровень и конкурентоспособность карьерного самосвала во многом определяется его эксплуатационными и потребительскими свойствами. В их числе — тягово-скоростные и тормозные свойства, топливная экономичность, управляемость и устойчивость, комфортность, экологичность, трудоемкость технического обслуживания и многие другие [4]. Эти свойства существенно зависят от принятых технических решений.

Обоснованный выбор параметров и характеристик дизельного двигателя, электрических машин, аппаратуры управления электроприводом позволили обеспечить высокие показатели тягово-скоростных свойств и топливной экономичности. При этом наибольшее внимание уделяется созданию оригинальных решений подвески неразрезных мостов и кинематики поворота обеих осей, что позволило добиться наилучшей устойчивости и управляемости движения в сложных дорожных условиях, характерных для данного вида автотранс-

порта. С увеличением грузоподъемности при ширине самосвала и радиусе его поворота (два основных параметра при строительстве внутрикарьерных дорог), максимально приближенных к предыдущей грузоподъемности, карьерный самосвал имеет более высокий центр тяжести поддрессоренных масс, что неизбежно приводит к снижению поперечной устойчивости.

При практически равных отдельных параметрах устойчивости самосвалов с классической компоновкой максимальный радиус поворота заметно увеличивается с ростом грузоподъемности (таблица 1) [1, 3, 5, 6].

Сравнительными расчетами устойчивости существующих моделей карьерных самосвалов БЕЛАЗ, а также нового самосвала БЕЛАЗ грузоподъемностью 450 т показано, что в существующих карьерах наименьшую устойчивость имеет самосвал наивысшей грузоподъемности (рисунок 1).

На рисунке 1 представлены следующие графики зависимости поперечного крена от бокового ускорения у карьерного самосвала:

- 1) *_75710_Dlinhod* — график зависимости поперечного крена от бокового ускорения у карьерного самосвала БЕЛАЗ-75710 (грузоподъемность 450 т) с цилиндрами подвески с увеличенным ходом без стоек стабилизаторов;
- 2) *_75710_Dlinhod_Petlia* — с цилиндрами подвески с увеличенным ходом без стоек стабилизаторов и с креплением центрального шарнира задней подвески по типу «дверная петля»;
- 3) *_75710_Dlinhod_Zestk* — с цилиндрами подвески с увеличенным ходом без стоек стабилизаторов без использования цилиндров подвески на заднем мосту (жесткое крепление);
- 4) *_75710_Korhod* — с цилиндрами подвески с уменьшенным (в 2 раза) ходом без стоек стабилизаторов;
- 5) *_75710_Korhod_Petlia* — с цилиндрами подвески с уменьшенным (в 2 раза) ходом без стоек стабилизаторов и с креплением центрального шарнира задней подвески по типу «дверная петля»;
- 6) *_75710_Dlinhod_Zestk* — с цилиндрами подвески с уменьшенным (в 2 раза) ходом без стоек стабилизаторов без использования цилиндров подвески на заднем мосту (жесткое крепление);
- 7) *_75710_protMoe* — с цилиндрами подвески с увеличенным ходом и цилиндрами противодавления;
- 8) *_75710_protPodv* — с цилиндрами подвески с увеличенным ходом и стойками стабилизаторами;

Таблица 1 — Параметры устойчивости самосвалов
Table 1 — Stability parameters of dump trucks

Самосвал	Г/п, т	Масса груженого самосвала, кг	Минимальный радиус поворота, м	Параметры устойчивости		
				Угол крена поддрессоренных масс, град	Ускорение отрыва колеса, м/с ²	Скорость прохождения поворота R = 20 м, км/ч
7540	30	52 600	8,7	9,5	2,76	26,7
7555	55	95 357	9	7,6	3,3	29,2
7513	136	243 040	13	7,4	3,5	30,1
75310	240	406 445	15	7,4	3,54	30,2

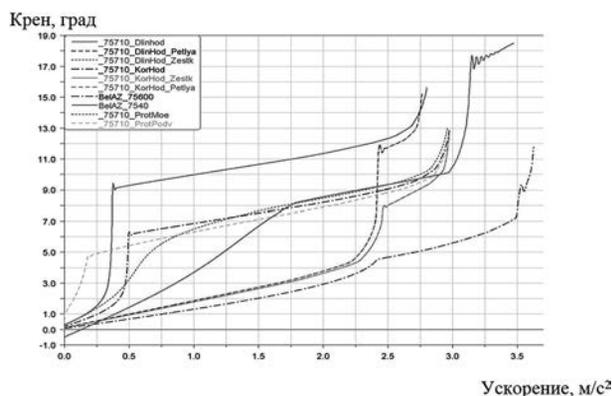


Рисунок 1 — Зависимость поперечного крена (в градусах) карьерных самосвалов от бокового ускорения
 Figure 1 — Dependence of the lateral roll (in degrees) of dump trucks on lateral acceleration

- 9) BelAZ_75600 — график зависимости поперечного крена от бокового ускорения у карьерного самосвала БЕЛАЗ-75600 (грузоподъемность 360 т) серийной конструкции;
 10) BelAZ_7540 — график зависимости поперечного крена от бокового ускорения у карьерного самосвала серии БЕЛАЗ-7540 (грузоподъемность 30 т) серийной конструкции.

С повышением продольного уклона дороги устойчивость самосвалов дополнительно уменьшается при движении на подъем относительно горизонтальной поверхности. По условиям безопасного устойчивого движения в карьере (движение ведущих колес без буксования и скольжения) целесообразно ограничить допустимый уклон карьерных дорог применительно к реальным условиям эксплуатации (регионы с выпадением осадков в виде дождя и снега, коэффициент сцепления $\varphi = 0,25$): для карьерных самосвалов колесной формулы 4×2 до величины не более 12 %; для полноприводных самосвалов высокой проходимости колесной формулы 6×6 и 4×4 до величины не более 20 %.

Для обеспечения безопасности движения в конструкции подвески нового карьерного самосвала сверх особо большой грузоподъемности (450 т) внедрены дополнительные элементы — четыре стойки стабилизатора поперечной устойчивости (СПУ) — по две на каждую ось [7, 8].

СПУ увеличивают жесткость подвески лишь при избыточном крене поддресоренных масс, сохраняя ее характеристики при вертикальных колебаниях поддресоренных масс (рисунок 2).

Конструкция стойки (рисунок 3) состоит из цилиндра, штока, направляющей штока, крышки и упругих элементов.

В конструкции СПУ использован специальный упругий элемент, изготовленный из модифицированного полимера [9]. Использование данного материала позволяет минимизировать размеры и массу стабилизаторов в сборе.

Согласно проведенным расчетам в программе «Универсальный механизм» [10] получены значе-

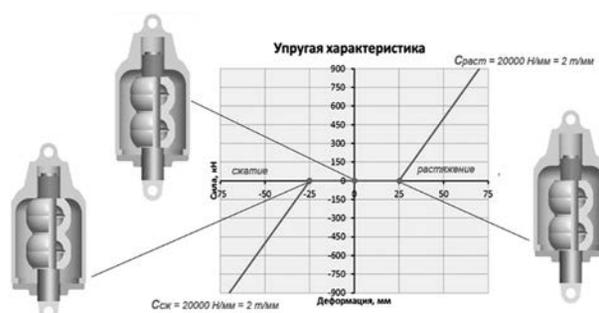


Рисунок 2 — Принцип работы и упругая характеристика стойки стабилизатора
 Figure 2 — Operating principle and elastic characteristic of the stabilizer bar

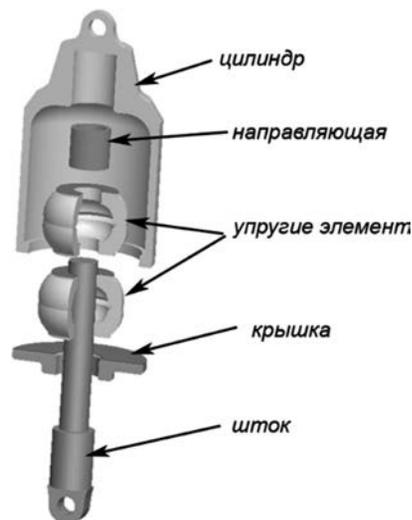


Рисунок 3 — Схема стойки стабилизатора
 Figure 3 — Scheme of the stabilizer bar

ния нагрузок на стойку при переезде через единичную неровность синусоидального профиля с максимальной высотой 555 мм (25 % радиуса качения колеса), а также при повороте с предельной скоростью, определяемой условием опрокидывания: при ускорении $a_{бок}$, равном $3,6 \text{ м/с}^2$.

При переезде через указанную неровность максимальная нагрузка на стойку при ее растяжении составила 1077 кН, а деформация упругого элемента $\Delta_{раст}$ — 54 мм. При сжатии деформация упругого элемента $\Delta_{сж}$ достигает 35 мм при величине расчетной нагрузки 705 кН.

При повороте с предельной скоростью максимальная нагрузка на стойку достигает 1600 кН при ее растяжении и деформации упругого элемента $\Delta_{раст} = 80 \text{ мм}$. При сжатии нагрузка на стойку составляет 1180 кН при деформации элемента $\Delta_{сж} = 59 \text{ мм}$. При устойчивом повороте $a_{бок} = 2 \text{ м/с}^2$ расчетная нагрузка составляет 1122 кН при растяжении $\Delta_{раст} = 56 \text{ мм}$, и 735 кН — при сжатии $\Delta_{сж} = 37 \text{ мм}$.

Расчеты показывают, что при равных заторах в стойке (по 25 мм на ход сжатия и растяжения, см. рисунок 2) в случае поперечного крена самосвала усилие в стойках, работающих на растяжение, несколько больше, чем в стойках, работающих на сжатие. Это объясняется тем, что часть нагруз-

ки, вызывающей крен, воспринимается и двумя цилиндрами подвески на ходе сжатия.

Максимальные нагрузки в элементах подвески и подшипниках опорно-поворотного устройства (ОПУ) карьерного самосвала БЕЛАЗ-75710 на режиме поворота с предельной скоростью по условию опрокидывания $a_{бок} = 3,6 \text{ м/с}^2$ приблизительно равны, за исключением максимального опрокидывающего момента в подшипнике ОПУ заднего моста, который для варианта с жестким креплением заднего моста равен $8730 \text{ кН}\cdot\text{м}$ и в 1,5 раза больше в сравнении с вариантом подвески со стабилизаторами.

Основным недостатком подвески с жестким креплением заднего моста является неравномерное восприятие нагрузки от опрокидывающего момента подшипниками переднего и заднего опорно-поворотных устройств на режимах, вызывающих поперечный крен самосвала. Основной недостаток подвески с центральными шарнирами без стабилизаторов — низкая устойчивость к поперечным кренам самосвала. Применение стабилизаторов с зазором (при расчете $\pm 25 \text{ мм}$) позволяет исключить их работу при вертикальных колебаниях при движении по типовым карьерным дорогам и обеспечить устойчивость самосвала при боковых кренах.

Экспериментальная проверка конструктивных решений повышения боковой устойчивости. Проведенные полигонные испытания карьерного самосвала как со стойками стабилизаторов поперечной устойчивости, так и без них позволили установить, что при переезде симметричных неровностей, т. е. там, где присутствуют только вертикальные колебания, усилия в основных шарнирах элементов подвески (цилиндры подвески, центральный шарнир, реактивная штанга) отличаются не более чем на 2–3 %. При переезде кососимметричных неровностей разница в усилиях в шарнирах подвески в среднем отличалась на 27,4 % (от 3 до 52 %) в сторону уменьшения в варианте с СПУ, что подтверждает работоспособность и правильность в выбранном решении применения стоек стабилизаторов поперечной устойчивости.

Оценка работоспособности предложенной конструкции СПУ и ее отдельных элементов в условиях эксплуатации проведена при наработке в 11 343,6 мото-часов (89 751 км эксплуатации).

Высота эластичных элементов (диаметр 228 мм, высота 60 мм) после разборки составляла 50 мм (рисунок 4).

После хранения в свободном состоянии в течение трех недель их высота увеличилась до 58 мм (при диаметре 227 мм), что свидетельствует о сохранении их работоспособности. На боковых поверхностях эластичных элементов (при величине сжатия 24...30 мм) отмечены следы от их сжатия при работе (см. рисунок 4). По наружному диаметру элементов эластичных следов касания внутренней поверхности трубы не обнаружено. На эластичных элементах, вступавших в работу

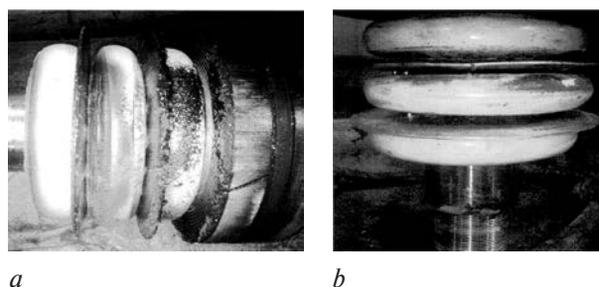


Рисунок 4 — Общий вид упругих элементов, вступавших в работу при сжатии (а) и растяжении (б) СПУ
Figure 4 — General view of elastic elements that came into operation during compression (a) and tension (b) of transverse stabilizer (TS)

как при сжатии СПУ, так и при растяжении СПУ, располагавшихся по центру, имеются продольные борозды в радиальном направлении (рисунок 5).

Внутренний диаметр направляющей штока с буксой без следов разрушения и следов деформации. Нет отклонений в размерах и в других деталях корпуса.

Измеренные размеры трубы цилиндра стабилизатора и штока (таблицы 2, 3) также свидетельствуют о правильных конструктивных и технологических решениях и достаточно высокой работоспособности отдельных элементов и конструкции в целом.

Следует отметить следы трения упругих элементов на штоке при растяжении и сжатии СПУ: участки трения *A*, *B*, *C*, *D* (рисунки 6 и 7).

Поверхность трения *A* образовалась при соприкосновении упругих элементов со штоком. На участке *A* интенсивность трения выше, чем на остальных участках вследствие нахождения участка в зоне свободного хода СПУ, а также из-за более плотной посадки упругих элементов (при разборке упругие элементы демонтировались с большим усилием).

По поверхности *B* происходило трение упругих элементов и буксы направляющей штока при сжатии СПУ. По поверхности *C* происходило трение грязесъемника о поверхность штока при сжатии СПУ. Величина перемещения штока при сжатии составила около 36 мм. По поверхности *D* происходило перемещение упругих элементов и по штоку при сжатии СПУ.



Рисунок 5 — Центральный эластичный элемент
Figure 5 — Central elastic element

Таблица 2 — Размеры трубы СПУ
Table 2 — Dimensions of TS pipe

Расстояние до точки замера от верхнего торца трубы, мм	$\varnothing 280^{+0,13}$ в трех плоскостях			Шероховатость $\varnothing 280 Ra$, мкм			Толщина хромового покрытия $\varnothing 280$, мкм		
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
380 ± 10	$\varnothing 280,04$	$\varnothing 280,05$	$\varnothing 280,04$	0,08	0,08	0,06	23	24	36
510 ± 10	$\varnothing 280,04$	$\varnothing 280,04$	$\varnothing 280,05$	0,10	0,08	0,06	19	20	20
710 ± 10	$\varnothing 280,05$	$\varnothing 280,06$	$\varnothing 280,05$	0,20	*	*	18	14	20

Примечание: *значения шероховатости в столбиках «б» и «в» на расстоянии до точки замера 710 ± 10 отсутствуют из-за невозможности установить профилометр в данных плоскостях

Таблица 3 — Размеры штока
Table 3 — Rod dimensions

Расстояние до точки замера от торца штока (M90x4), мм	$\varnothing 110^{+0,072}_{-0,159}$ в трех плоскостях			Шероховатость $\varnothing 110 Ra$, мкм			Толщина хромового покрытия $\varnothing 110$, мкм		
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
210 ± 10	$\varnothing 109,88$	$\varnothing 109,89$	$\varnothing 109,88$	0,18	0,36	0,20	54	52	39
420 ± 10	$\varnothing 109,88$	$\varnothing 109,87$	$\varnothing 109,88$	0,20	0,16	0,18	60	44	35
800 ± 10	$\varnothing 109,88$	$\varnothing 109,88$	$\varnothing 109,88$	0,20	0,20	0,24	58	52	33

Отмеченные недостатки требуют анализа при последующей эксплуатации и проектно-конструкторской доработки.

Испытания, как и расчеты, показали уменьшение напряжений в шарнирах подвески карьерного самосвала при использовании СПУ от 3 до 50 %, что позволило не только добиться необходимых параметров по устойчивости, но и снизить собственную массу элементов подвески, в частности, и карьерного самосвала в целом.

Работоспособность и правильность выбора в принятых решениях при проектировании и изготовлении карьерного самосвала рекордной сверх особо большой грузоподъемности, в первую очередь повышения его боковой устойчивости подтверждено и результатами эксплуатационных испытаний.

На сентябрь 2020 г. пробег у карьерного самосвала БЕЛАЗ-75710 шасси № 1 составляет более 200 тыс. км. Во времена наибольшего объема добычи природного угля в карьере «Черниговец» (Кемеровская обл., Россия) головной образец са-

мосвала грузоподъемностью 450 т выполнял 5 % всех объемов грузоперевозок при парке техники карьерных самосвалов в количестве 80 шт.

В работе карьерный самосвал подтвердил и заявленную расчетную экономию дизельного топлива в расчете на 1 т породы, перевезенную на 1 км (на тонно-километр). За полтора года эксплуатации, если сравнивать с карьерными самосвалами ближайшей грузоподъемности 360 т, было сэкономлено более 221 тыс. л топлива (или более 190 т топлива или 4,5 железнодорожных цистерны). Стоимость перевозки тонно-километра снизилась с 0,42 (средний по парку работающих самосвалов) до 0,36 долл. США, что составило 14,3 % экономии.

Также стоит отметить увеличение ресурса работы спаренной дизель-генераторной установки: на сентябрь 2020 г. каждый из дизельных двигателей наработал в среднем на 10 % мото-часов больше, чем аналогичные двигатели внутреннего сгорания, установленные на 220-тонных карьерных самосвалах. При этом согласно анализу смазочных ма-

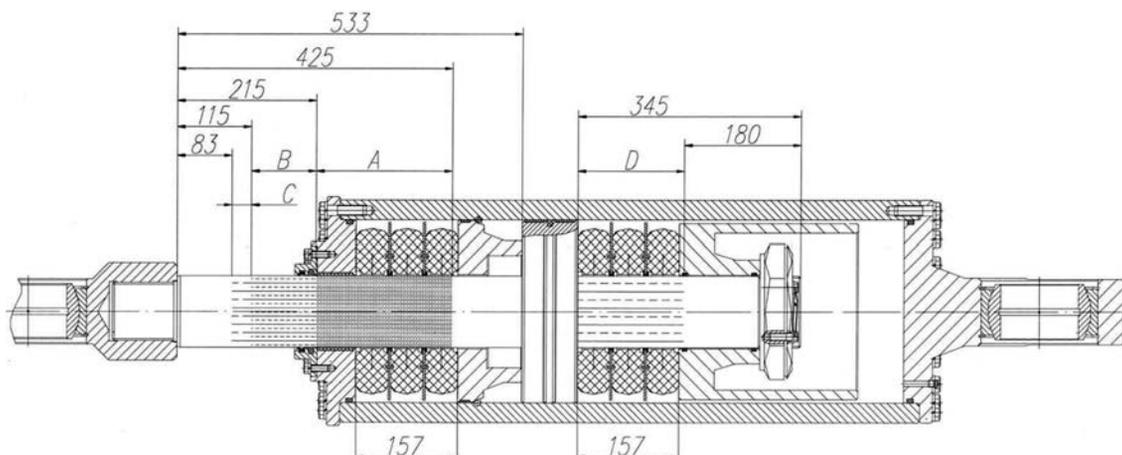


Рисунок 6 — Общий вид СПУ с отмеченными на штоке 75710-2906056 участками трения A, B, C, D (при растяжении): плотность штриховых и штрихпунктирных линий указывает на интенсивность трения по поверхности штока
Figure 6 — General view of TS with marked on the rod 75710-2906056 sections of friction A, B, C, D (when stretched): density of dashed and dash-dotted lines indicates the intensity of friction on the rod surface

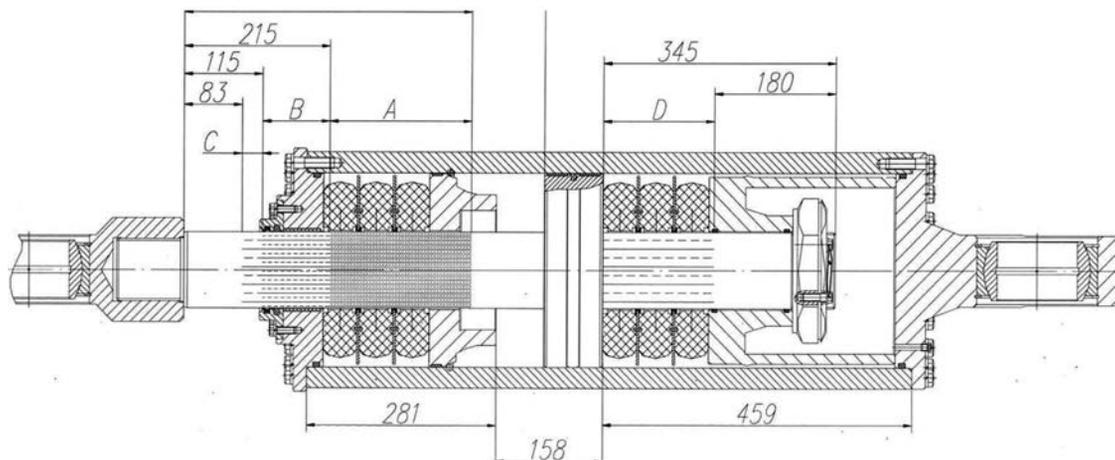


Рисунок 7 — Общий вид СПУ с отмеченными на штоке 75710-2906056 участками трения *A, B, C, D* (при сжатии)
 Figure 7 — General view of TS with marked on the rod 75710-2906056 sections of friction *A, B, C, D* (under compression)

териалов цифру до капитального ремонта можно увеличивать еще примерно на 15–25 %, что в свою очередь уменьшает количество проведенных капитальных ремонтов силовой установки за весь жизненный цикл карьерного самосвала, а это уже уменьшение времени простоев и снижение себестоимости перевозок.

Заключение. 1. Новые компоновочные решения и целенаправленная комплектация самосвала грузоподъемностью 450 т покупными агрегатами и конструктивными элементами, а также системами собственного изготовления позволили создать карьерный самосвал, превосходящий все аналоги в мире по показателям основных эксплуатационных свойств.

Удельная производительность (в сравнении с самосвалами грузоподъемностью 220–240 т) увеличена почти в 3 раза.

2. Достигнутый уровень свойств нового карьерного самосвала в значительной степени определяется как новыми компоновочными решениями в части обеспечения тягово-динамических качеств, рулевого управления [11], так и новой системой обеспечения боковой устойчивости.

3. СПУ и ее отдельные элементы подтвердили проектируемую безопасность движения в условиях типовых карьеров и необходимый ресурс в эксплуатации.

Список литературы

1. Егоров, А.Н. Карьерный самосвал БелАЗ-75710 / А.Н. Егоров, А.М. Насковец, П.Л. Мариев // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машино-

строения НАН Беларуси; редкол.: А.А. Дюжев [и др.]. — Минск, 2013. — Вып. 2. — С. 18–20.

- Самосвал карьерный: пат. ВУ 3071 / А.Н. Егоров, А.М. Насковец, Ю.А. Комлев. — Опубл. 22.01.2014.
- Современное развитие карьерного транспорта производства ОАО «БЕЛАЗ» / А.М. Насковец [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. — Минск, 2018. — Вып. 7. — С. 8–11.
- Современные тенденции и решения по обеспечению конкурентоспособности карьерного транспорта производства «БЕЛАЗ» / П.А. Пархомчик [и др.] // Механика машин, механизмов и материалов. — 2019. — № 1(46). — С. 93–100.
- Насковец, А.М. Поперечная устойчивость карьерных самосвалов для глубоких карьеров / А.М. Насковец, А.Н. Костюкович, В.И. Моисеенко // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: А.А. Дюжев [и др.]. — Минск, 2012. — Вып. 1. — С. 186–190.
- Обеспечение поперечной устойчивости карьерных самосвалов сверх особо большой грузоподъемности / А.Н. Егоров [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: А.А. Дюжев [и др.]. — Минск, 2015. — Вып. 4. — С. 77–80.
- Подвеска для неразрезных мостов транспортных средств большой грузоподъемности: пат. RU 2 573 539 C2 / В.В. Загорский, А.С. Хацкевич, А.М. Насковец, С.М. Пилипенко, А.Н. Костюкович. — Опубл. 20.01.2016.
- Подвеска для неразрезных мостов транспортных средств большой грузоподъемности: пат. ВУ 11396 / В.В. Загорский, А.С. Хацкевич, А.М. Насковец, С.М. Пилипенко, А.Н. Костюкович. — Опубл. 20.01.2016.
- Упругие элементы [Электронный ресурс] // Демпфирующие системы — завод Композит: официальный сайт. — Режим доступа <https://www.dampersystems.com/product/category/JETJPV6VKMGARWXM>. — Дата доступа: 08.09.2020.
- Программный комплекс «Универсальный механизм»: официальный сайт. — Режим доступа <http://www.umlab.ru/pages/index.php?id=1>. — Дата доступа: 08.09.2020.
- Автомобильное поворотное устройство и карьерный самосвал на его основе: пат. ВУ 10804 / А.Н. Егоров, М.М. Заболотский, В.Н. Мяснев, А.М. Насковец, В.А. Чайко. — Опубл. 20.11.2016.

STEPUK Oleg G.

General Design Engineer — Head of the R&D Center¹

E-mail: office@belaz.minsk.by

NASKOVETS Alexander M.

Head of the General Layout Bureau¹

E-mail: office@belaz.minsk.by

MOISEENKO Vladimir I., D. Sc. in Eng., Prof.

Chief Researcher²

E-mail: ks_oim@tut.by

SIDORENKO Aleksandr G., Ph. D. in Eng.

Head of the Laboratory of Reliability Problems and Metal Intensity of High and Extra-High Capacity Dump Trucks²

E-mail: ks_oim@tut.by

¹OJSC “BELAZ” — Management Company of Holding “BELAZ-HOLDING”, Zhodino, Republic of Belarus

²Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Received 12 October 2020.

DEVELOPMENTS IN LAYOUT AND INCREASING OF TRANSVERSE STABILITY OF MINING DUMP TRUCKS OF EXTRA HIGH LOAD CAPACITY

Main feature of modern mining dump trucks is the need to ensure the transportation of minerals with minimal costs, which is achieved by deepening the quarries (in order to save overburden), increasing the slopes of roads, reducing the distance of cargo transportation, increasing the load capacity of machines and improving the safety of their movement. It is shown that new work conditions of dump trucks and major specific requirements are resolved mainly at the stage of layout of machines by optimizing wheel arrangement of dump trucks, loading of tires and their performance, providing specific power of the propulsion system, choice of the transmission type and its units, and major systems to ensure operational safety: brakes, steering, stability of motion. Special attention is paid to the creation of a new system for improving lateral stability and its design for dump trucks with a load capacity of more than 400 t. The results of operational studies of the main layout and design solutions adopted for a dump truck with a load capacity of 450 t are presented. Efficiency of the decisions made is shown which made it possible to create a mining dump truck superior to all analogues in the world by indicators of the main operational properties that ensure competitiveness: fuel efficiency, performance, and operating costs. A system created for the first time for increasing lateral stability (schematic diagram and structural elements) confirmed the projected traffic safety in typical quarries and the necessary life in operation.

Keywords: layout, mining dump truck, deep open pits, transverse stability, transverse stabilizer, stabilizer bars

DOI: <https://doi.org/10.46864/1995-0470-2020-4-53-28-34>

References

- Egorov A.N., Naskovets A.M., Mariev P.L. Karernyy samosval BelAZ-75710 [Mining dump truck BELAZ-75710]. *Aktualnye voprosy mashinovedeniya*, 2013, iss. 2, pp. 18–20 (in Russ.).
- Egorov A.N., Naskovets A.M., Komlev Yu.A. *Samosval karernyy* [Mining dump truck]. Patent RB, no. 3071, 2014 (in Russ.).
- Naskovets A.M., Parkhomchik P.A., Egorov A.N., Shishko S.A., Moiseenko V.I. Sovremennoe razvitiye karernogo transporta proizvodstva OAO “BELAZ” [Modern development of quarry transport of OJSC “BELAZ” production]. *Aktualnye voprosy mashinovedeniya*, 2018, iss. 7, pp. 8–11 (in Russ.).
- Parkhomchik P.A., Vityaz P.A., Egorov A.N., Shishko S.A., Naskovets A.M., Moiseenko V.I. Sovremennyye tendentsii i resheniya po obespecheniyu konkurentosposobnosti karernogo transporta proizvodstva “BELAZ” [Modern trends and solutions to ensure competitiveness of mining vehicles of BELAZ production]. *Mechanics of machines, mechanisms and materials*, 2019, no. 1(46), pp. 93–100 (in Russ.).
- Naskovets A.M., Kostukovich A.N., Moiseenko V.I. Poperechnaya ustoychivost karernykh samosvalov dlya glubokikh karerov [Cross-section stability of career dump trucks for deep pits]. *Aktualnye voprosy mashinovedeniya*, 2012, iss. 1, pp. 186–190 (in Russ.).
- Egorov A.N., Naskovets A.M., Kostukovich A.N., Moiseenko V.I. Obespechenie poperechnoy ustoychivosti karernykh samosvalov sverkh osobo bolshoy gruzopodemnosti [Support of transversal stability of dump trucks of ultra-extra-large capacity]. *Aktualnye voprosy mashinovedeniya*, 2015, iss. 4, pp. 77–80 (in Russ.).
- Zagorskiy V.V., Khatskevich A.S., Naskovets A.M., Pilipenko S.M., Kostyukovich A.N. *Podveska dlya nerazreznykh mostov transportnykh sredstv bolshoy gruzopodemnosti* [Suspension for rigid axles of heavy-duty vehicles]. Patent RF, no. 2 573 539, 2016 (in Russ.).
- Zagorskiy V.V., Khatskevich A.S., Naskovets A.M., Pilipenko S.M., Kostyukovich A.N. *Podveska dlya nerazreznykh mostov transportnykh sredstv bolshoy gruzopodemnosti* [Suspension for rigid axles of heavy-duty vehicles]. Patent RB, no. 11396, 2016.
- Uprugie elementy* [Elastic elements]. Available at: <https://www.dampersystems.com/product/category/JETJPV6VKMGARWXM> (accessed 08 September 2020) (in Russ.).
- Programmyy kompleks “Universalnyy mekhanizm”* [Software package “Universal mechanism”]. Available at: <http://www.umlab.ru/pages/index.php?id=1> (accessed 08 September 2020) (in Russ.).
- Egorov A.N., Zabolotskiy M.M., Myasishchev V.N., Naskovets A.M., Chayko V.A. *Avtomobilnoye povorotnoye ustroystvo i karernyy samosval na ego osnove* [Automotive rotary device and mining dump truck based on it]. Patent RB, no. 10804, 2016 (in Russ.).