



УДК 622.684

ВАРИАНТЫ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ ОТ 218 ДО 255 Т

Пашков Д.А.¹, Моисеев М.В.², Козлов Р.Д.¹

¹ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

² ПАО «КАМАЗ»



Информация о статье

Поступила:

20 апреля 2022 г.

Рецензирование:

02 июня 2022 г.

Принята к печати:

16 июня 2022 г.

Ключевые слова:

горные машины, карьерный
автосамосвал, тормозная
система, рабочая тормозная
система

Аннотация.

В статье рассматриваются варианты тормозных систем карьерных самосвалов грузоподъемностью от 218 до 255 тонн. В данный диапазон грузоподъемности попали самосвалы Komatsu HD 830E AC, 860E-1K (Япония), Hitachi EH 4000 (Япония), БелАЗ-7530, 7531 (Беларусь), Liebherr T264 (Германия), Caterpillar 793F (США). В ходе обзора установлено, что самосвалы грузоподъемностью от 218 до 255 тонн традиционно оборудуются четырьмя тормозными системами: рабочей, стояночной, запасная и вспомогательная. Рабочая тормозная система обеспечивает полную остановку. Стояночная система применяется для стопорения самосвала при стоянке, погрузке и разгрузке. Запасная представляет собой аварийную систему. Вспомогательная тормозная система предназначена для длительного поддержания необходимой скорости движения на спусках. Наиболее часто применяемой тормозной системой является вспомогательная, представленная установкой динамического торможения. На основании изученных тормозных систем карьерных самосвалов грузоподъемностью от 218 до 255 т, установлено, что автономные карьерные самосвалы необходимо также оборудовать рабочей, стояночной, вспомогательной и запасной тормозными системами.

Для цитирования: Пашков Д.А., Моисеев М.В., Козлов Р.Д. Варианты тормозных систем карьерных самосвалов грузоподъемностью от 218 до 255 т // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 2(17). – С. 37-52. – DOI: 10.26730/2618-7434-2022-2-37-52

Введение

Предприятия по добычи полезных ископаемых относятся к опасным производственным объектам [1]. На данных объектах применяется большое количество работающей техники и оборудования, при эксплуатации которой имеют место опасные и вредные производственные факторы. Одними из основных опасных производственных факторов являются движущиеся машины и механизмы [2].

Основной объем добычи (более 70%) приходится на открытый способ, для которого характерно наличие большого парка карьерных самосвалов (КС), применяемых для транспортировки как самих полезных ископаемых, так и вскрышной породы [3-8].

КС на предприятиях являются объектами, которые создают опасные и вредные производственные факторы [2]. Безопасная работа КС обеспечивается работоспособностью и надежностью их узлов, систем и элементов. Одной из таких систем является тормозная.

От тормозной системы зависит не только то, сможет ли КС остановиться в необходимый момент или нет, но и сможет ли обеспечить движение с безопасной скоростью на спусках.

КС, применяемые на добыче полезных ископаемых, подразделяются на группы по грузоподъемности. Наиболее популярными являются самосвалы, способные перевозить 90-100 тонн полезного ископаемого и 218-255 т вскрышных пород [9-11].



КС популярных грузоподъемностей в РФ представлены импортными производителями [12-14]. В настоящее время в РФ не производят КС, однако необходимость производства таких машин с каждым годом только повышается [15-18]. Данное направление импортозамещения активно поддерживается государством. Так в 2022 г. сформирована заявка для участия конкурсе по отбору организаций на право получения субсидий на реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства, проводимого в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» на тему «Создание высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом». После подведения итогов конкурса, проект вошел в число победителей.

Результатом реализации проекта должен быть автономный карьерный самосвал (АКС) грузоподъемностью 240 т на отечественных компонентах. Так, на стадии разработки АКС необходимо рассмотреть и провести анализ вариантов тормозных систем карьерных самосвалов грузоподъемностью от 218 до 255 т для дальнейшего применения в АКС наиболее подходящего варианта тормозной системы.

Основная часть

Рассмотрим тормозные системы популярных КС грузоподъемностью от 218 до 255 тонн. К популярным относятся Komatsu HD 830E AC, 860E-1K (Япония), Hitachi EH 4000 (Япония), БелАЗ-7530, 7531 (Беларусь), Liebherr T264 (Германия), Caterpillar 793F (США).

У КС Komatsu HD 830E AC каждый тормоз переднего колеса состоит из трех суппортов и одного диска (Рисунок 1). Каждый суппорт (Рисунок 2) имеет шесть поршней и две накладки, три поршня и по одной накладке на каждую сторону диска.

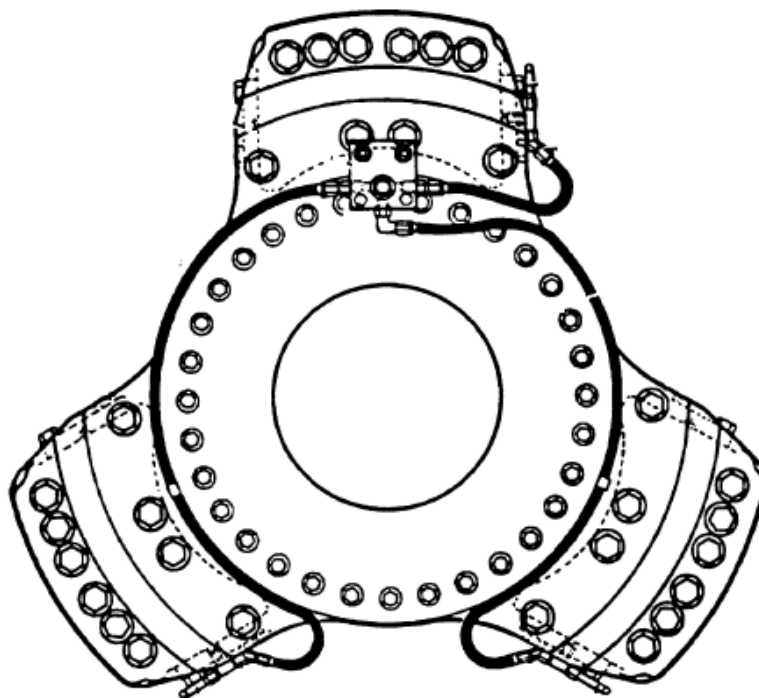


Рис. 1. Тормозной механизм передней оси

Fig. 1. Front axle brake mechanism

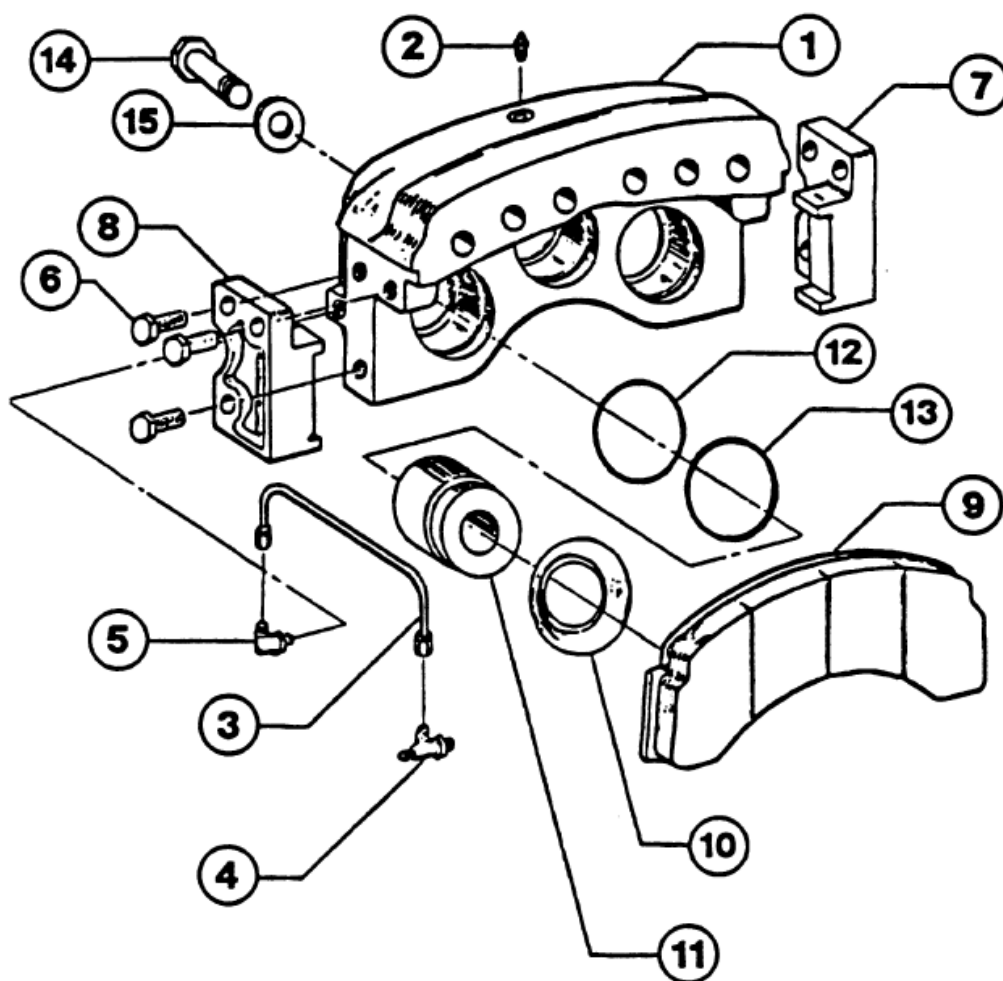


Рис. 2. Тормозной суппорт

1 – корпус; 2 – спускной клапан; 3 – перекрестная трубка; 4 – Т-образный фитинг; 5 – угольник; 6 – болт; 7 – боковая крышка; 8 – заслонка; 9 – накладка; 10 – пыльник; 11 – поршень; 12, 13 – кольцевое уплотнение; 14 – болт; 15 – шайба

Fig. 2. Brake caliper

1 – body; 2 – drain valve; 3 – cross-connection tube; 4 – T-fitting; 5 – angle piece; 6 – bolt; 7 – side cover; 8 – shutter; 9 – pad; 10 – dust cap; 11 – piston; 12, 13 – O-ring seal; 14 – bolt; 15 – washer

Каждый тормоз заднего колеса состоит из двух дисков с четырехпоршневым суппортом и накладками с каждой стороны диска (Рисунок 4). Оба диска прикреплены адаптерам к якорю тягового двигателя колеса. Также на каждом двигателе установлен двухпоршневой суппорт с двумя накладками, работающий с каждым внешним диском в качестве стояночного тормоза.

Вспомогательным тормозом КС Komatsu HD 830E AC является электродинамический тормоз-замедлитель (Рисунок 4), рассчитанный на выходную мощность 2 983 кВт (4 000 л. с.). Электродинамический тормоз-замедлитель состоит из набора тормозных резисторов, которые преобразуют энергию торможения в тепловую. На практике вспомогательной системой водители КС пользуются чаще всего.

Работа запасной тормозной системы в Komatsu HD 830E AC заключается в срабатывании рабочих контуров рабочей и стояночной системы.

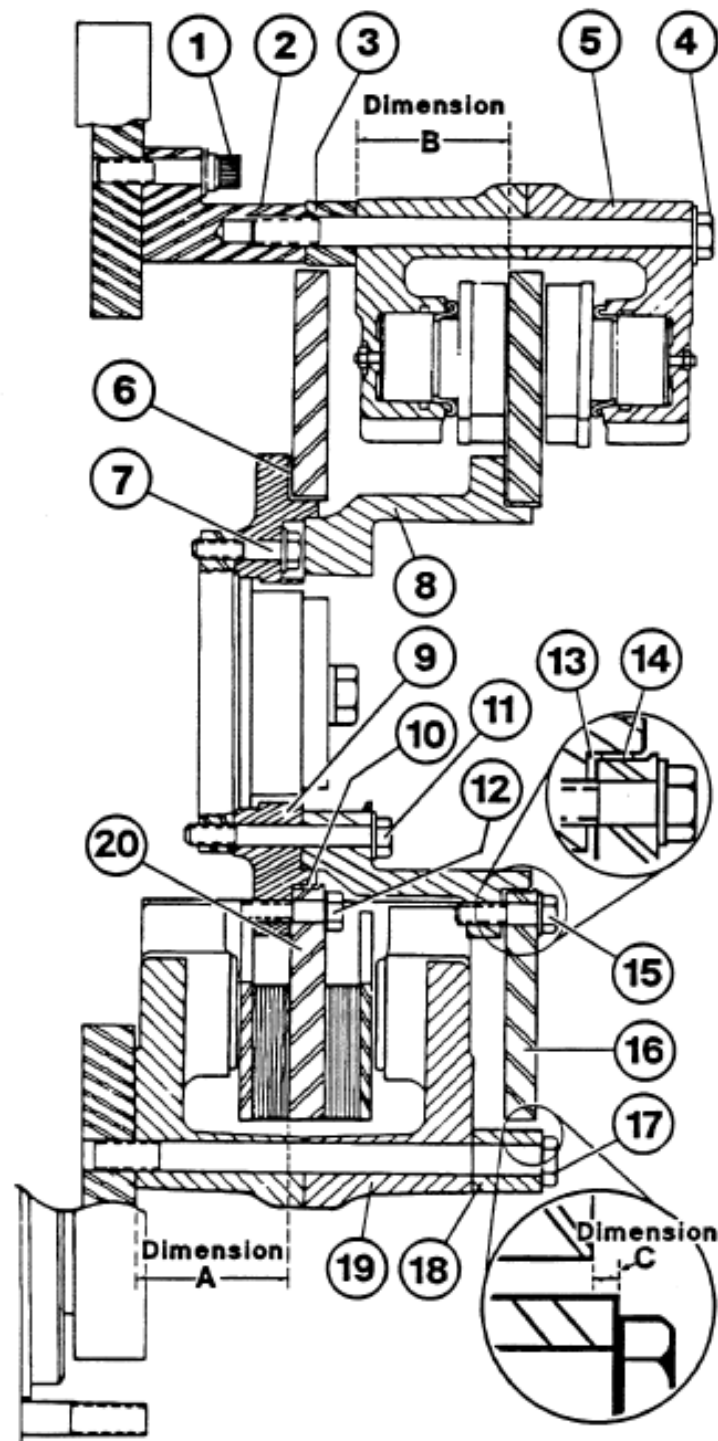


Рис. 3. Задний дисковый тормоз

1 – болт; 2 – адаптер; 3 – проставка; 4 – болт; 5 – тормозной суппорт; 6 – шайба; 7 – болт; 8 – адаптер; 9 – фланец; 10 – втулка; 11 – болт; 12 – болт; 13 – шайба; 14 – втулка; 15 – болт; 16 – диск; 17 – болт; 18 – стояночный суппорт; 19 – тормозной суппорт; 20 – диск

Fig. 3. Rear disc brake

1 – bolt; 2 – adapter; 3 – spacer; 4 – bolt; 5 – brake caliper; 6 – washer; 7 – bolt; 8 – adapter; 9 – flange; 10 – bushing; 11 – bolt; 12 – bolt; 13 – washer; 14 – sleeve; 15 – bolt; 16 – disc; 17 – bolt; 18 – parking caliper; 19 – brake caliper; 20 – disc



Рис. 4. Электродинамический тормоз-замедлитель Komatsu HD 830E AC
Fig. 4. Electrodynamic retarder brake Komatsu HD 830E AC

Для повседневной работы самосвал 860E-1K также оснащен электрическим тормозом-замедлителем, который рассчитан на выходную мощность 3 469 кВт (4 717 л.с.). При поступлении соответствующей команды мотор-колеса переключаются с моторов на электрические генераторы. Создаваемая при этом сила противодействия используется для снижения скорости передвижения машины до требуемого уровня. После этого сгенерированный ток пропускается через 18-элементную сетку, которая преобразует его в тепловую энергию. Затем полученное тепло рассеивается в атмосферу с помощью сетчатого нагнетателя.

Хотя основной вклад в создание тормозного усилия вносит динамическая система замедления, самосвал 860E-1K стандартно комплектуется маслоохлаждаемыми рабочими тормозами с гидравлическим управлением, устанавливаемыми на все четыре колеса (Рисунок 5). Если вдруг давление в гидравлической системе самосвала падает ниже допустимого уровня, автоматически включаются гидроаккумуляторы, подавая давление на все колесные тормоза и вызывая полную остановку самосвала.

По сравнению с дисковыми тормозами сухого типа маслоохлаждаемая система торможения требует меньших расходов на техническое обслуживание и обеспечивает более высокую надежность. Эта система абсолютно герметична, что делает ее надежно защищенной от загрязнений, снижает износ тормозов и потребность в техническом обслуживании. Тормоза приводятся в действие гидравлически, что исключает использование воздуха в системе. Отказ от использования пневматической системы устранил проблему выпуска воздуха, как и проблему конденсации влаги в системе, которая может привести к ее загрязнению, коррозии и замерзанию.

Аварийная тормозная система также работает за счет применения рабочей тормозной системы и стояночной.

Рабочая тормозная система самосвала Hitachi EH4000 включает гидравлические тормоза передних и задних колес, а также задействует систему электродинамического торможения. Передняя ось – дисковые тормоза сухого типа, на одном диске установлено 4 суппорта. Задняя ось – маслоохлаждаемые дисковые тормоза мокрого типа.

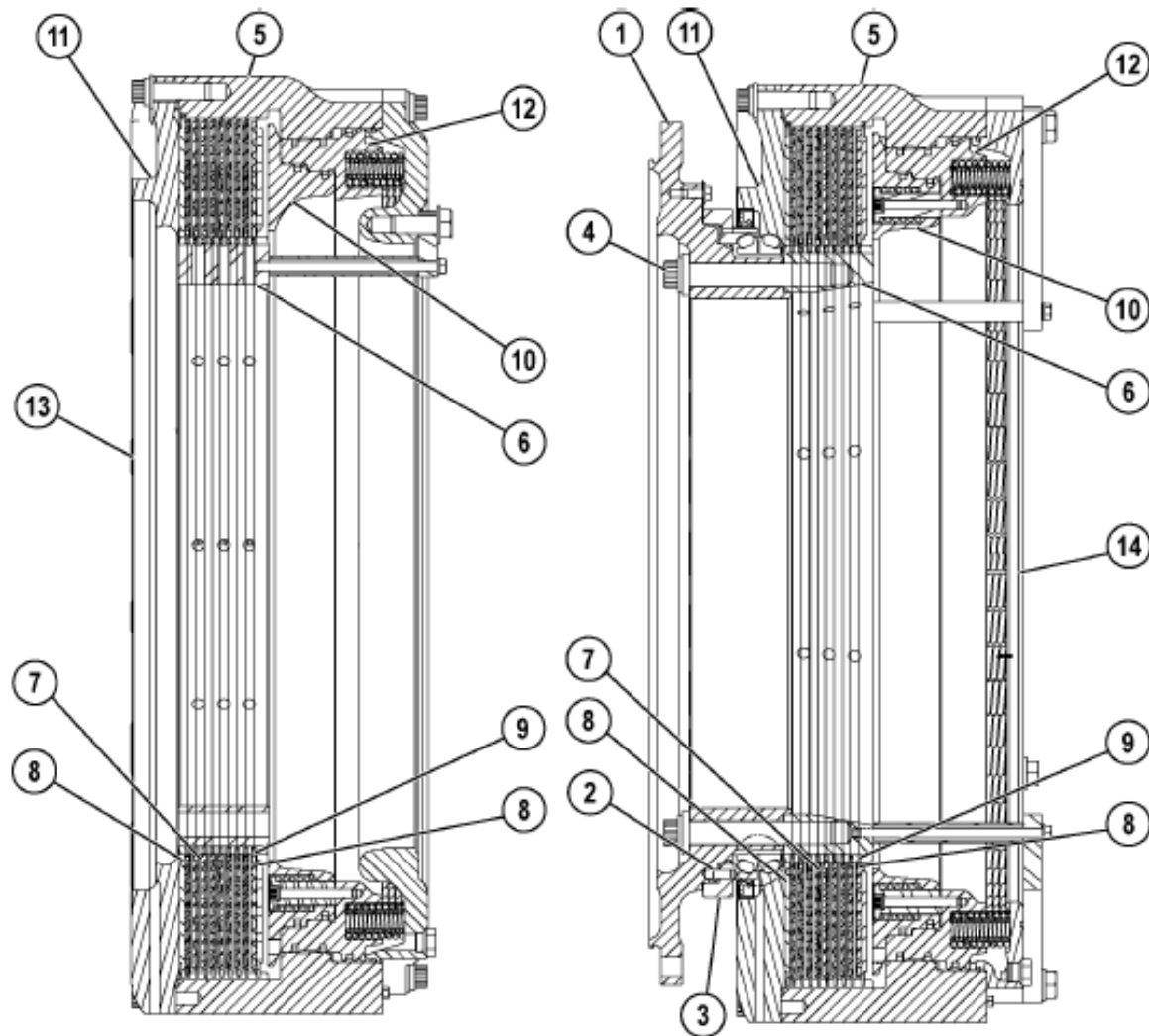


Рис. 5. Маслоохлаждаемые рабочие тормоза

1 – адаптер; 2 – штифт; 3 – сальник; 4 – болт; 5 – внешняя обойма; 6 – внутренняя обойма; 7 – фрикционный диск; 8 – заслонка; 9 – разделительные пластины; 10 – поршень; 11 – задняя крышка; 12 – стояночный тормоз; 13 – тормоз ведомого моста; 14 – тормоз ведущего моста

Fig. 5. Oil-cooled service brakes

1 – adapter; 2 – pin; 3 – oil seal; 4 – bolt; 5 – outer clip; 6 – inner clip; 7 – friction disc; 8 – flap; 9 – separation plates; 10 – piston; 11 – rear cover; 12 – parking brake; 13 – brake of the driven motor; 14 – brake of the drive axle

Два независимых гидравлических контура рабочей тормозной системы обеспечивают резервную (поскольку основной системой торможения является электродинамическая) возможность полностью управляемого торможения. Передние и задние гидравлические тормоза автоматически включаются при обнаружении падения давления.

В стояночном тормозе применяются тормозные суппорты с пружинным включением и гидравлическим растормаживанием, обеспечивающие блокировку автомобиля по месту парковки.

Система электродинамического торможения используется в качестве основной системы торможения на ЕН4000. Система тягового электропривода переменного тока Hitachi обеспечивает полное управление скоростью движения самосвала, включая снижение скорости до 0 км/ч при движении груженого самосвала на спуске при нажатии педали электродинамического торможения (Рисунок 6). Кроме того, при нажатии данной педали

происходит автоматическое включение рабочей тормозной системы при скорости движения ниже 0,5 км/ч. Максимальная мощность электродинамического торможения (в стандартной комплектации) равна 3200 кВт.

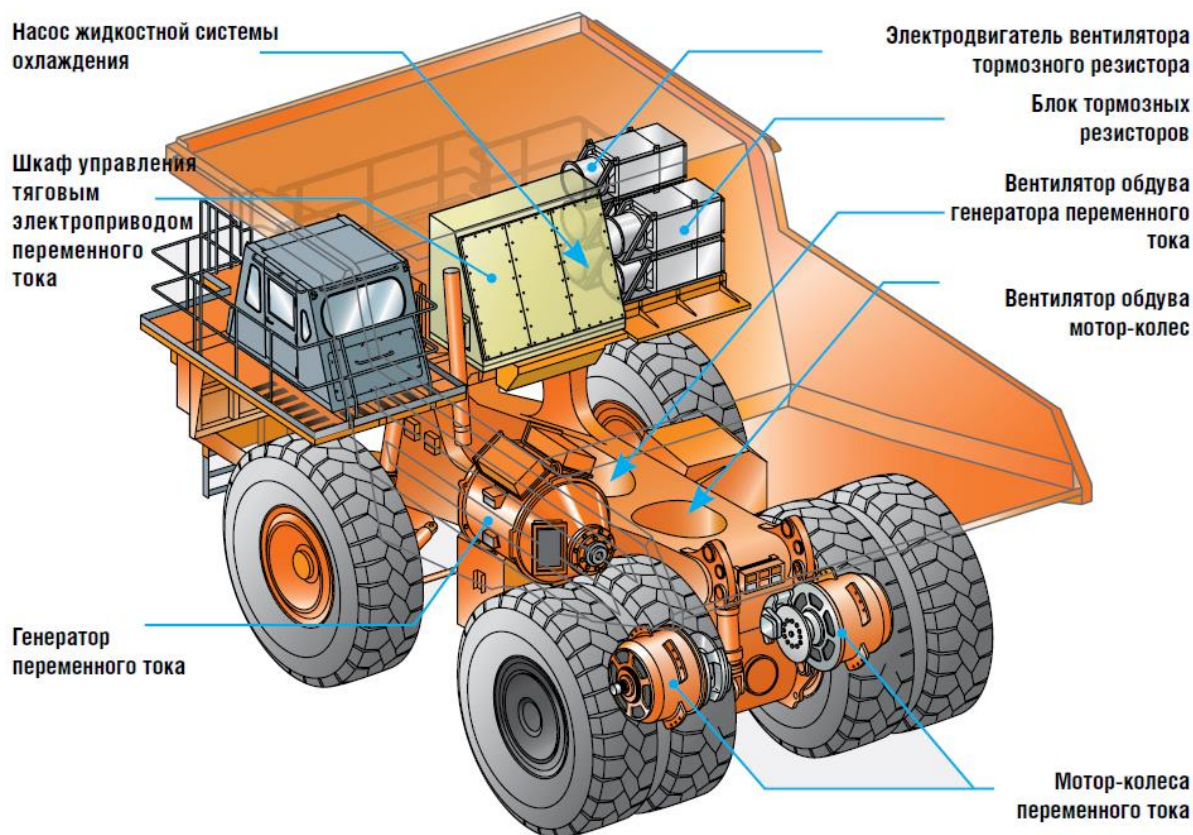


Рис. 6. Система тягового электропривода переменного тока Hitachi

Fig. 6. Hitachi AC traction drive system

На КС ЕН4000 также применяется погрузочно-разгрузочный тормоз. При переводе оператором переключателя во включенное положение подается питание к электромагнитному клапану, который обеспечивает подачу максимального давления к задним дисковым тормозам мокрого типа. Эта функция используется во время циклов погрузки и разгрузки.

БелАЗ в рассматриваемом диапазоне грузоподъемности КС выпускает две модели грузоподъемностью 220 т – БелАЗ 7530, и 240 т – БелАЗ 7531. Каждая модель выпускается в нескольких модификациях, отличительной особенностью которых является тяговый электропривод.

Самосвалы БелАЗ-7530 и 7531 любой модификации оборудованы рабочей, стояночной, вспомогательной и запасной тормозными системами. Рабочая тормозная система с гидравлическим приводом, разделенным на контур передних и контур задних тормозов, действует на все колеса. Она предназначена для регулирования скорости движения или остановки самосвала в любых дорожных и климатических условиях, а также при недостаточной эффективности вспомогательного тормоза. Стояночная тормозная система имеет гидравлический привод и действует на колеса заднего моста. Она предназначена для затормаживания самосвала на стоянках, при погрузке и разгрузке, а также в аварийных ситуациях при отказе рабочей тормозной системы. Вспомогательный тормоз – электрический в режиме торможения тяговых электродвигателей. В качестве запасного (аварийного) тормоза используется стояночный и исправный контур рабочей тормозной системы.

Вне зависимости от модификации на КС БелАЗ 7530 и 7531 применяются передние тормоза сухого трения с одним диском и гидравлическим приводом. Корпус тормоза 2 (Рисунок 7)

крепится к поворотному кулаку 1 передней оси двумя болтами 13. Тормозной диск 4 крепится болтами к ступице переднего колеса. В корпусе тормоза выполнено шесть цилиндров (по три с каждой стороны), в которые вставлены поршни 6. На опорах 11 корпуса тормоза установлены две тормозные накладки 5, которые при торможении поршни прижимают к диску. Поршень по наружному диаметру уплотняется резиновой манжетой 17 с защитным кольцом 18, а муфта 3 защищает от попадания грязи на рабочую поверхность поршня. Снаружи цилиндры закрыты крышками 7, 12. Цилиндры между собой соединены каналами для подвода рабочей жидкости под поршень.

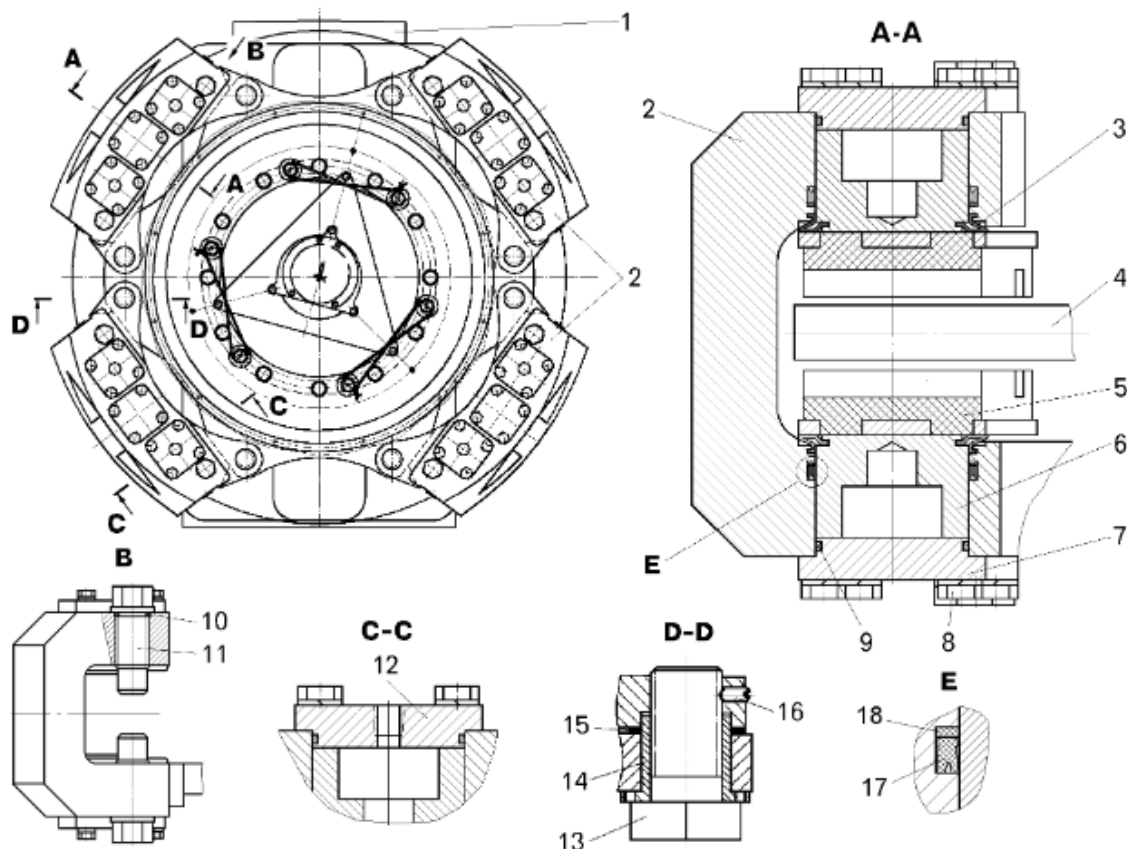


Рис. 7. Тормозной механизм передних колес БелАЗ 7530 и 7531

1 – поворотный кулак; 2 – корпус тормоза; 3 – защитная муфта; 4 – тормозной диск; 5 – накладка; 6 – поршень; 7, 12 – крышки; 8, 13 – болты; 9 – уплотнительное кольцо; 10 – кольцо; 11 – опора; 14 – втулка; 15 – регулировочная шайба; 16 – стопорный винт; 17 – манжета; 18 – защитное кольцо

Fig. 7. Brake mechanism of the front wheels of BelAZ 7530 and 7531

1 – rotary knuckle; 2 – brake housing; 3 – protective clutch; 4 – brake disc; 5 – pad; 6 – piston; 7, 12 – caps; 8, 13 – bolts; 9 – sealing ring; 10 – ring; 11 – support; 14 – sleeve; 15 – adjusting washer; 16 – locking screw; 17 – cuff; 18 – protective ring

На модификации БелАЗ 75315 с тяговым электроприводом SIEMENS на ведущей оси устанавливаются двухдисковые тормоза сухого трения с гидравлическим приводом. На подшипниковом щите каждого тягового электродвигателя 14 (Рисунок 8) смонтировано два рабочих тормоза через кронштейны 16 и 29. Рабочий тормоз состоит из двух щек 5 и 28, которые стянуты шпильками 9 через вставки 20 и опоры 19, 22. К щекам крепятся четыре цилиндра 3 (по два с каждой стороны), внутри которых установлены поршни 34. Поршень по наружному диаметру уплотняется резиновым кольцом 68 с защитной шайбой 69, а муфта 32 защищает от попадания грязи на рабочую поверхность поршня. Цилиндры между собой соединены внутренними каналами в щеках 5 и 28 для подвода рабочей жидкости под поршень. Каждый



цилиндр имеет устройство автоматической регулировки зазора между тормозным диском 15 и накладками 33.

Основу его составляет специальная пружинная фрикционная втулка 71 с заданным усилием перемещения по штоку 35. Одним торцом втулка упирается в поршень 34, другим – в торец стакана 70. На стакан установлена отжимная пружина 67, закрепленная в поршне с помощью упорного кольца 65 и стопорного кольца 66. При износе накладки 33 поршень 34 при торможении перемещает фрикционную втулку 71 относительно штока 35 на величину износа накладки.

При растормаживании фрикционная втулка в обратном направлении относительно штока не перемещается, обеспечивая зазор между диском и накладкой равный 1 – 1,5 мм, соответствующий расстоянию между торцом стакана пружины и упорной шайбы. Этот зазор устанавливается при сборке цилиндра установкой регулировочных шайб 64. Тормозные диски 15 крепятся болтами к фланцу 23 и 21 соответственно. Фланец 23 установлен на шлицах вала ротора тягового электродвигателя 14 и закреплен на нем болтом 24. Фланец 21 крепится болтами к фланцу 23. При торможении поршни 34 прижимают накладки 33 к диску и затормаживают самосвал. Реакция от тормозных сил воспринимается опорами 13, которые одновременно являются направляющими накладок.

На остальных модификациях КС БелАЗ-7531 и 7530 на ведущей оси устанавливаются тормозные механизмы однодисковые сухого трения с гидравлическим приводом (Рисунок 9). Отличием от двухдисковых тормозов, применяемых в БелАЗ 75315, является отсутствие второго диска, и как следствие 2 суппорта рабочей системы и 2 суппорта стояночной системы устанавливаются на одном диске.

Вспомогательная система торможения представлена установкой вентилируемых тормозных резисторов с выходной мощностью на БелАЗ 7530 и 7531 с тяговыми приводами производства Россия 2400 кВт (3218 л.с.), для БелАЗ 75310, 75311 с тяговым приводом General Electric – 3000 кВт (4022 л.с.) и БелАЗ 7515 с приводом от SIEMENS – 3760 кВт (5041 л.с.).

На самосвале Liebherr T264 применяются система электродинамического торможения, в которой сжатый воздух подается через резисторные решетки, сухие тормозные диски и вспомогательная тормозная система. Электродинамический тормоз установлен мощностью 3300 кВт (4425 л.с.). Данный тормоз может обеспечить полную остановку КС. Передний рабочий тормоз является внешним однодисковым с четырьмя суппортами на колесо (Рисунок 10). Задний рабочий тормоз однодисковый с установленными двумя суппортами. Стояночный тормоз – пружинный действующий на два суппорта на каждое колесо задней оси, с растормаживанием за счет давления.

На КС Caterpillar 793F тормозная система включает в себя рабочий, вспомогательный и стояночный тормоз, а также тормоз-замедлитель, обеспечивая оптимальную эффективность торможения для снижения расхода топлива при замедлении. Отличительной особенностью Caterpillar 793F является отсутствие системы динамического торможения вентилируемыми резисторами, в связи с отсутствием электромеханической трансмиссии. На данном КС применяется гидромеханическая трансмиссия, в связи с чем основное торможение выполняет рабочая тормозная система, поэтому на колесах устанавливают более эффективные маслоохлаждаемые дисковые тормоза [19].

Маслоохлаждаемые дисковые тормоза на четыре колеса постоянно охлаждаются с помощью водомасляных теплообменников. Маслоохлаждаемые дисковые тормоза оснащены увеличенными тормозными дисками и колодками, что обеспечивает надежную работу без необходимости регулировки. Тормоза являются полностью закрытыми и герметичными, что предотвращает попадание грязи и позволяет снизить расходы на техническое обслуживание. Масляная пленка защищает диски от непосредственного контакта друг с другом. В такой конструкции тормозное усилие поглощается молекулами масла, что наряду с отводом тепла обеспечивает увеличение срока службы тормозов.

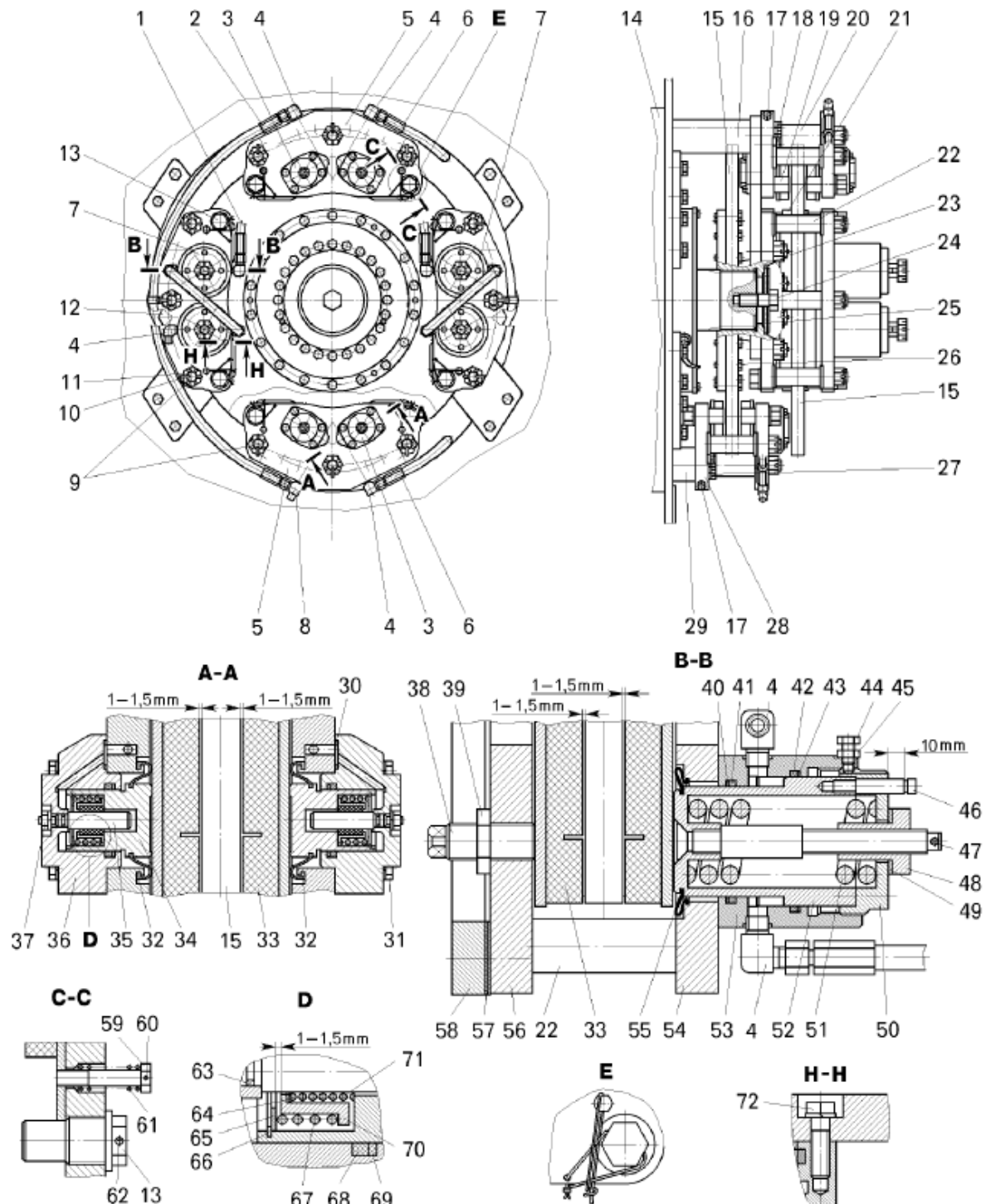


Рис. 8. Тормозные механизмы задних колес и стояночного тормоза БелАЗ 75315

1, 2, 6 – рукава высокого давления; 3 – цилиндр рабочего тормоза; 4 – угольник; 5, 28, 54, 56 – щеки; 7 – цилиндр стояночного тормоза; 8 – тройник; 9 – шпилька; 10, 47, 60, 62 – шплинты; 11, 37, 39, 45 – гайки; 12, 18, 24, 26, 27, 31, 59, 72 – болты; 13, 19, 22 – опоры; 14 – тяговый электродвигатель; 15 – тормозной диск; 16, 29, 58 – кронштейны; 17 – пробка; 20 – вставка; 21, 23 – фланцы; 25 – пластина; 30, 41, 42, 63, 68 – уплотнительные кольца; 32, 55 – защитные муфты; 33 – тормозная накладка; 34, 52 – поршни; 35 – шток; 36, 53 – корпуса; 38 – упор; 40, 43, 69 – защитные шайбы; 44 – стопорный болт; 46 – индикатор; 48 – гайка растормаживания; 49 – шайба; 50 – крышка; 51, 61, 67 – пружины; 57 – регулировочные прокладки; 64 – регулировочная шайба; 65 – упорное кольцо; 66 – стопорное кольцо; 70 – стакан; 71 – фрикционная втулка



Fig. 8. Brake mechanisms of the rear wheels and parking brake BelAZ 75315

1, 2, 6 – high pressure hoses; 3 – service brake cylinder; 4 – square; 5, 28, 54, 56 – cheeks; 7 – parking brake cylinder; 8 – tee; 9 – stud; 10, 47, 60, 62 – cotter pins; 11, 37, 39, 45 – nuts; 12, 18, 24, 26, 27, 31, 59, 72 – bolts; 13, 19, 22 – supports; 14 – traction motor; 15 – brake disc; 16, 29, 58 – brackets; 17 – plug; 20 – insert; 21, 23 – flanges; 25 – plate; 30, 41, 42, 63, 68 – sealing rings; 32, 55 – protective couplings; 33 – brake lining; 34, 52 – pistons; 35 – rod; 36, 53 – housings; 38 – stop; 40, 43, 69 – protective washers; 44 – locking bolt; 46 – indicator; 48 – release nut; 49 – washer; 50 – lid; 51, 61, 67 – springs; 57 – adjusting gaskets; 64 – adjusting washer; 65 – thrust ring; 66 – locking ring; 70 – cup; 71 – friction sleeve

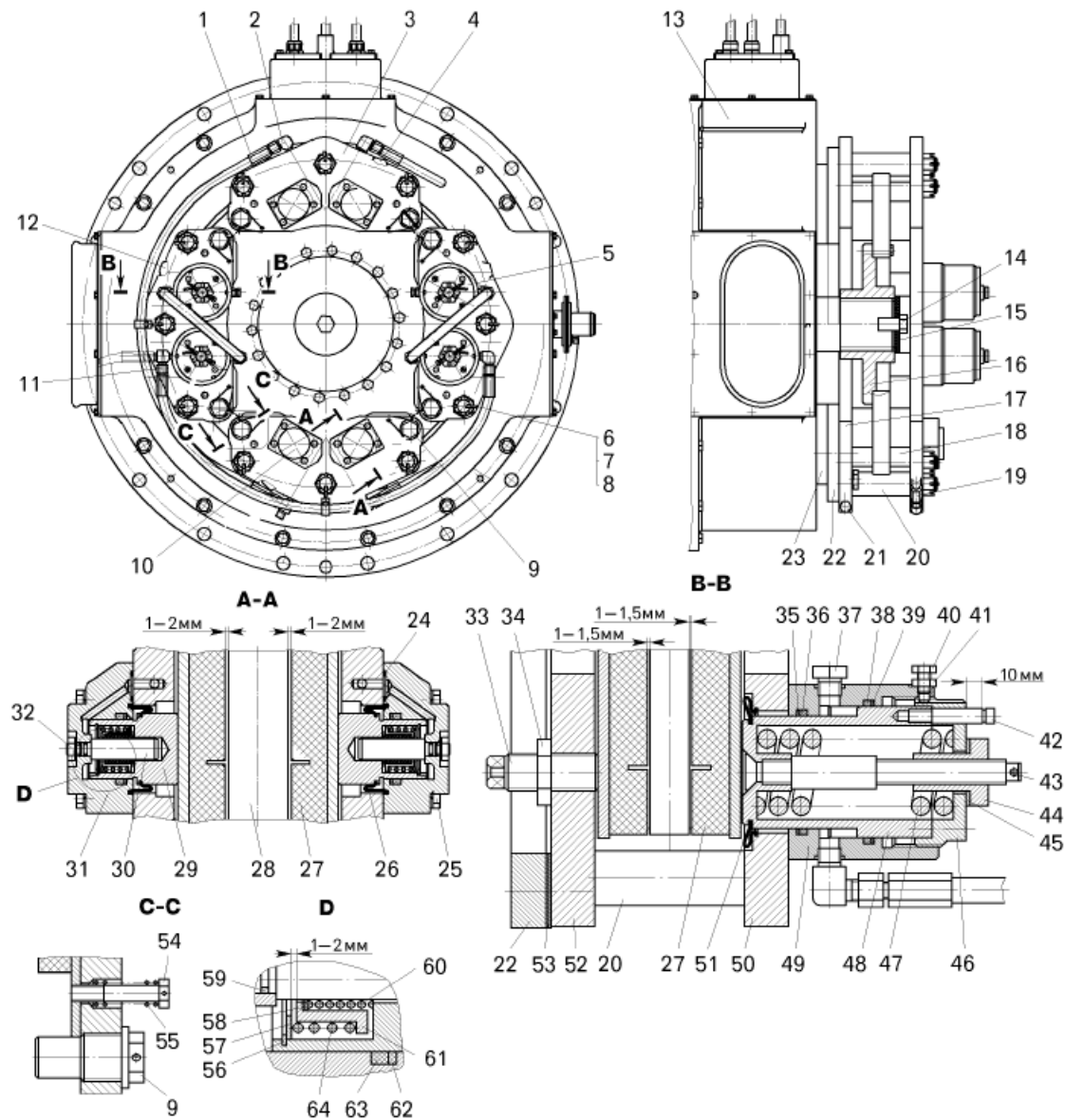


Рис. 9. Тормозные механизмы задних колес и стояночного тормоза БелАЗ-7530 и 7531

1, 19 – рукав высокого давления; 2 – угольники; 3, 17, 50, 52 – щеки; 4, 12, 14, 25, 54 – болты; 5 – цилиндр стояночного тормоза; 6 – шпилька; 7, 32, 34, 41 – гайки; 8 – шплинт; 9, 20 – опоры; 10 – цилиндр рабочего тормоза; 11 – тройник; 13 – тяговый электродвигатель; 15 – пластина; 16 – диск с фланцем; 18 – вставка; 21, 37 – пробки; 22, 23 – кронштейны; 24, 36, 38, 59, 63 – уплотнительные кольца; 26, 51 – защитные муфты; 27 – тормозная накладка; 28 – тормозной диск; 29, 48 – поршни; 30 – шток; 31, 49 – корпуса; 33 – упор; 35, 39, 62 – защитные шайбы; 40 – стопорный болт; 42 – индикатор; 43 – шплинт; 44 – гайка растормаживания; 45 – шайба; 46 – крышка; 47, 55, 64 – пружины; 53 – регулировочные прокладки; 56 – стопорное кольцо; 57 – упорное кольцо; 58 – регулировочная шайба; 60 – фрикционная втулка; 61 – стакан



Fig. 9. Brake mechanisms of the rear wheels and parking brake at BelAZ 7530 and 7531
1, 19 – high pressure hose; 2 – gons; 3, 17, 50, 52 – cheeks; 4, 12, 14, 25, 54 – bolts; 5 – parking brake cylinder; 6 – stud; 7, 32, 34, 41 – nuts; 8 – cotter pin; 9, 20 – supports; 10 – service brake cylinder; 11 – tee; 13 – traction motor; 15 – plate; 16 – disc with flange; 18 – insert; 21, 37 – plugs; 22, 23 – brackets; 24, 36, 38, 59, 63 – sealing rings; 26, 51 – protective couplings; 27 – brake pad; 28 – brake disc; 29, 48 – pistons; 30 – rod; 31, 49 – housing; 33 – stop; 35, 39, 62 – protective washers; 40 – locking bolt; 42 – indicator; 43 – cotter pin; 44 – release nut; 45 – washer; 46 – lid; 47, 55, 64 – springs; 53 – adjusting gaskets; 56 – locking ring; 57 – thrust ring; 58 – adjusting washer; 60 – friction sleeve; 61 – cup



Рис. 10. Передний тормоз Liebherr T264

Fig. 10. Liebherr T264 front brake

Маслоохлаждаемые стояночные тормоза, включающиеся под действием пружины и отключаемые гидроприводом, установлены на всех четырех колесах, в результате стояночный тормоз способен удерживать машину на уклонах до 15%.

Дополнительно КС Caterpillar 793F оснащен гидравлическим приводом автоматического управления замедлителем (ARC). Гидравлически включаемая система автоматического управления замедлителем выполняет электронное управление замедлением при движении под уклон, обеспечивая оптимальную частоту вращения двигателя и торможение.

Выводы

От надежности и работоспособности тормозной системы КС зависит не только безопасность водителя, но и всех участников, занятых в производственном процессе.

КС грузоподъемностью от 218 до 255 тонн традиционно оборудуются четырьмя тормозными системами: рабочая, стояночная, запасная и вспомогательная.

Рабочая тормозная система обеспечивает полную остановку. Стояночная система применяется для стопорения КС при стоянке, погрузке и разгрузке. Запасная представляет аварийную систему, которая служит для уменьшения скорости и остановки самосвала при неисправности одного из контуров рабочей тормозной системы. Вспомогательная тормозная система предназначена для длительного поддержания необходимой скорости движения на спусках.

Основным применяемым тормозом всех КС с электромеханической трансмиссией является электродинамический, позволяющий эффективно поддерживать безопасную скорость на спусках. Также возможно полная остановка КС за счет электродинамического тормоза. Данная тормозная система обеспечивает сохранение ресурса элементов рабочей системы.



На основании рассмотренных тормозных систем КС грузоподъемностью от 218 до 255 т., необходимо АКС оборудовать рабочей, стояночной, вспомогательной и запасной тормозными системами. Так как в АКС будет применяться отечественный тяговый привод, то вспомогательный тормоз должен применяться отечественного производителя с выходной мощностью 2400 кВт. В качестве рабочей, стояночной и запасной тормозной системы с целью упрощения конструкции предпочтительнее применять наиболее часто встречающиеся на существующих карьерных самосвалах грузоподъемностью от 218 до 255 тонн однодисковые тормоза сухого трения с четырьмя суппортами на диск.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2022-016 от 07.04.2022 г. с ПАО «КАМАЗ» по комплексному проекту «Создание высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом», при участии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

Литература

1. Дубинкин, Д. М. Условия труда диспетчера автономного карьерного самосвала / Д. М. Дубинкин, Д. А. Пашков // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах : СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Кемерово, 23–25 ноября 2021 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. – С. 207-2079.
2. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"
3. Самолазов, А.В. Основные тенденции развития экскаваторно-автомобильных комплексов / А.В. Самолазов, Н.И. Паладеева, А.А. Беликов // Горная промышленность. – 2009. – №4(86). – С. 20.
4. Дубинкин, Д. М. Обоснование конструктивного решения трансмиссии автономного карьерного самосвала грузоподъемностью до 90 тонн / Д. М. Дубинкин, Д. А. Пашков, Н. А. Архицкий // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 3(155). – С. 12-19. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-3-12-19.
5. Разработка варианта гидравлической системы поворота автономного карьерного самосвала / К. А. Ананьев, А. Н. Ермаков, Д. М. Дубинкин [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 5(157). – С. 3-9. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-3-9.
6. Developing the concept of autonomous control of the quarry vehicles movement / I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, D. M. Dubinkin, W. Zhenbo // E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 03023. – DOI 10.1051/e3sconf/202131503023.
7. Кузин, Е. Г. Анализ отказов узлов карьерных самосвалов в условиях эксплуатации / Е. Г. Кузин, Е. Ю. Пудов, Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 2(154). – С. 55-61. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61.
8. Аппарат вейвлет-преобразований в автоматизированной системе управления перемещением карьерных беспилотных транспортных средств / И. В. Чичерин, Б. А. Федосенков, И. С. Сыркин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2021. – № 3. – С. 106-114. – DOI 10.21440/0536-1028-2021-3-106-114.
9. Об изменении эффективной производительности экскаваторов при использовании карьерных самосвалов с различной вместимостью кузова / А. А. Хорешок, Д. М. Дубинкин, С. О. Марков, М. А. Тюленев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 6(148). – С. 85-93. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93.
10. Оценка степени взаимовлияния вместимости ковша экскаватора и кузова автосамосвала / А. А. Хорешок, Д. М. Дубинкин, С. О. Марков, М. А. Тюленев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 3(145). – С. 104-112. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-3-104-112.



11. Разработка программы и методики предварительных испытаний автономного карьерного самосвала / Д. М. Дубинкин, А. Б. Карташов, Г. А. Арутюнян [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 6(158). – С. 59-65. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-6-59-65.
12. Ташкинов, А.С. К оценке использования грузоподъемности большегрузных автосамосвалов на разрезах Кузбасса / А.С. Ташкинов, А.В. Бирюков, Г.П. Останин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2001. – No 2 (21). – С. 33-36.
13. Using a wavelet medium for computer-aided controlling the movement of unmanned vehicles along quarry routes / I. Chicherin, B. Fedosenkov, I. Syrkin [et al.] // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2021. – No 2. – P. 103-112. – DOI 10.21440/0536-1028-2021-2-103-112.
14. Study of the control algorithm of the braking system of an autonomous haul truck braking system with the use of imitational models / D. Dubinkin, A. Kartashov, A. Muraviev [et al.] // E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 03021.
15. Evaluating the impact of excavator bucket capacity on the output of a haul truck in different variants of their positioning / V. V. Aksenov, D. M. Dubinkin, A. A. Khoreshok [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: 3, Veliky Novgorod, 06–07 сентября 2021 года. – RUS: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012001. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012001
16. Расчет гидромеханических потерь и моделирование кавитации в каналах гидравлического блока карьерного автосамосвала / Д. А. Панасенков, А. П. Зайцев, А. Б. Карташов [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 3(155). – С. 3-11. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-3-3-11.
17. Дубинкин, Д. М. Обоснование типа передней подвески автономного карьерного самосвала грузоподъемностью до 90 тонн / Д. М. Дубинкин, Д. А. Пашков, А. Е. Ушаков // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 5(157). – С. 10-18. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-10-18.
18. Дубинкин, Д. М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов / Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 2(160). – С. 39-50. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.
19. Рудый, В. В. Работоспособность фрикционных тормозных дисков карьерных самосвалов семейства БЕЛАЗ / В. В. Рудый, В. Е. Антонюк, Э. М. Дечко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2010. – № 2. – С. 81-86.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2022 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Пашков Дмитрий Алексеевич, канд. техн. наук, научный сотрудник
e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

Козлов Роман Денисович, студент
e-mail: kozlovrd@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Моисеев Михаил Вячеславович, руководитель группы службы инновационных автомобилей
e-mail: mikhail.moiseev@kamaz.ru

ПАО «КАМАЗ»
Российская Федерация, 423827, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, Автозаводский пр-т, 2



VARIANTS OF BRAKE SYSTEMS OF DUMP TRUCKS WITH PAYLOAD CAPACITY FROM 218 TO 255 TONS

Dmitry A. Pashkov¹, Mikhail V. Moiseev², Roman D. Kozlov¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University»

²KAMAZ PJSC



Article info

Received:

20 April 2022

Revised:

02 June 2022

Accepted:

16 June 2022

Keywords: mining machines,
quarry dump truck, braking
system, working brake system

Abstract.

In the article the variants of braking systems of dump trucks with payload from 218 to 255 tons are considered. In this payload range caught dumper Komatsu HD 830E AC, 860E-1K (Japan), Hitachi EH 4000 (Japan), BelAZ-7530, 7531 (Belarus), Liebherr T264 (Germany), Caterpillar 793F (USA). During the review it was established that dump trucks with payload capacity from 218 to 255 tons are traditionally equipped with four braking systems: working, parking, reserve and auxiliary. The service brake system provides a full stop. The parking system is used to stop the truck when parking, loading and unloading. The reserve system is an emergency system. The auxiliary brake system is designed to maintain the necessary speed on descents for a long time. The most commonly used braking system is the auxiliary braking system, represented by the dynamic braking unit. On the basis of the studied brake systems of dump trucks with carrying capacity from 218 up to 255 tons, it is established, that independent dump trucks also need to be equipped with working, parking, auxiliary and reserve brake systems.

For citation Pashkov D., Moiseev M., Kozlov R. (2022) Variants of brake systems of dump trucks with payload capacity from 218 to 255 tons, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 2(17):37. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-2-37-52

References

1. Dubinkin, D. M. Usloviya truda dispetchera avtonomnogo kar'ernogo samosvala / D. M. Dubinkin, D. A. Pashkov // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti predpriyatiy v promyshlenno razvitykh regionakh : SBORNIK MATERIALOV XIV MEZHDUNARODNOY NAUCHNO-PRAKTICHESKOY KONFERENTsII, Kemerovo, 23–25 noyabrya 2021 goda. – Kemerovo: Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T.F. Gorbacheva, 2021. – S. 207-2079.
2. Federal'nyy zakon ot 21.07.1997 N 116-FZ (red. ot 11.06.2021) "O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov"
3. Samolazov, A.V. Osnovnye tendentsii razvitiya ekskavatorno-avtomobil'nykh kompleksov / A.V. Samolazov, N.I. Paladeeva, A.A. Belikov // Gornaya promyshlennost'. – 2009. – No4(86). – S. 20.
4. Dubinkin, D. M. Obosnovanie konstruktivnogo resheniya transmissii avtonomnogo kar'ernogo samosvala gruzopod"emnost'yu do 90 tonn / D. M. Dubinkin, D. A. Pashkov, N. A. Arkhitskiy // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 3(155). – S. 12-19. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-3-12-19.
5. Razrabotka varianta gidravlicheskoj sistemy povorota avtonomnogo kar'ernogo samosvala / K. A. Anan'ev, A. N. Ermakov, D. M. Dubinkin [i dr.] // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 5(157). – S. 3-9. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-3-9.
6. Developing the concept of autonomous control of the quarry vehicles movement / I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, D. M. Dubinkin, W. Zhenbo // E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 oktyabrya 2021 goda. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 03023. – DOI 10.1051/e3sconf/202131503023.
7. Kuzin, E. G. Analiz otkazov uzlov kar'ernykh samosvalov v usloviyakh ekspluatatsii / E. G. Kuzin, E. Yu. Pudov, D. M. Dubinkin // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 2(154). – S. 55-61. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61.
8. Apparat veyvlet-preobrazovaniy v avtomatizirovannoy sisteme upravleniya peremeshcheniem kar'ernykh bespilotnykh transportnykh sredstv / I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, I. S. Syrkin [i dr.] // Izvestiya vysshikh



uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. – 2021. – № 3. – S. 106-114. – DOI 10.21440/0536-1028-2021-3-106-114.

9. Ob izmenenii effektivnoy proizvoditel'nosti ekskavatorov pri ispol'zovanii kar'ernykh samosvalov s razlichnoy vmestimost'yu kuzova / A. A. Khoreshok, D. M. Dubinkin, S. O. Markov, M. A. Tyulenev // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 6(148). – S. 85-93. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93.

10. Otsenka stepeni vzaimovliyaniya vmestimosti kovsha ekskavatora i kuzova avtosamosvala / A. A. Khoreshok, D. M. Dubinkin, S. O. Markov, M. A. Tyulenev // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 3(145). – S. 104-112. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-3-104-112.

11. Razrabotka programmy i metodiki predvaritel'nykh ispytaniy avtonomnogo kar'ernogo samosvala / D. M. Dubinkin, A. B. Kartashov, G. A. Arutyunyan [i dr.] // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 6(158). – S. 59-65. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-6-59-65.

12. Tashkinov, A.S. K otsenke ispol'zovaniya gruzopod"emnosti bol'shegruznykh avtosamosvalov na razrezakh Kuzbassa / A.S. Tashkinov, A.V. Biryukov, G.P. Ostanin // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2001. – No 2 (21). – S. 33-36.

13. Using a wavelet medium for computer-aided controlling the movement of unmanned vehicles along quarry routes / I. Chicherin, B. Fedosenkov, I. Syrkin [et al.] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. – 2021. – No 2. – P. 103-112. – DOI 10.21440/0536-1028-2021-2-103-112.

14. Study of the control algorithm of the braking system of an autonomous haul truck braking system with the use of imitational models / D. Dubinkin, A. Kartashov, A. Muraviev [et al.] // E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 oktyabrya 2021 goda. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 03021.

15. Evaluating the impact of excavator bucket capacity on the output of a haul truck in different variants of their positioning / V. V. Aksenov, D. M. Dubinkin, A. A. Khoreshok [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: 3, Veliky Novgorod, 06–07 sentyabrya 2021 goda. – RUS: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012001. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012001

16. Raschet gidromekhanicheskikh poter' i modelirovanie kavitatsii v kanalakh gidravlicheskogo bloka kar'ernogo avtosamosvala / D. A. Panasenkov, A. P. Zaytsev, A. B. Kartashov [i dr.] // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 3(155). – S. 3-11. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-3-3-11.

17. Dubinkin, D. M. Obosnovanie tipa peredney podveski avtonomnogo kar'ernogo samosvala gruzopod"emnost'yu do 90 tonn / D. M. Dubinkin, D. A. Pashkov, A. E. Ushakov // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 5(157). – S. 10-18. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-10-18.

18. Dubinkin, D. M. Osnovy tsifrovogo sozdaniya avtonomnykh kar'ernykh samosvalov / D. M. Dubinkin // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2022. – № 2(160). – S. 39-50. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.

19. Rudyy, V. V. Rabotosposobnost' friktsionnykh tormoznykh diskov kar'ernykh samosvalov semeystva BELAZ / V. V. Rudyy, V. E. Antonyuk, E. M. Dechko // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V. Promyshlennost'. Prikladnye nauki. – 2010. – № 2. – S. 81-86.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2022 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Dmitry A. Pashkov, Ph.D. (Tech.), Engineer

e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

Roman D. Kozlov, Student

e-mail: kozlovrd@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Russian Federation, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Kemerovo, 28 Vesennyya st.

Mikhail V. Moiseev, Head of the Innovative Vehicle Service Group

e-mail: mikhail.moiseev@kamaz.ru

KAMAZ PJSC

Russian Federation, Republic of Tatarstan, 423827, Naberezhnye Chelny, 2 Avtozavodsky avenue