

Дубинкин Дмитрий Михайлович, к.т.н., доцент, Пашков Дмитрий Алексеевич, инженер, Архицкий Никита Алексеевич, техник

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ТРАНСМИССИИ АВТОНОМНОГО КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ ДО 90 ТОНН

Аннотация: В статье обосновывается тип трансмиссии для автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью до 90 т. Сделан вывод актуальности разработки карьерных самосвалов. Приведены достоинства и недостатки каждого типа трансмиссии карьерных самосвалов. Рассмотрены характеристики трансмиссий существующих карьерных самосвалов. Для анализа приняты оценки диапазонов значений характеристик трансмиссий существующих карьерных самосвалов. Для сравнения оценки, соответствующие каждому самосвалу, суммировались. Полученные значения представлены графически линейной диаграммой с накоплением. В результате анализа установлено, что при большей стоимости электромеханической трансмиссии по сравнению с гидромеханической, электромеханическая выигрывает по таким параметрам, как тах крутящий момент, время на текущий ремонт и время простоя. Установлено, что электромеханическая трансмиссия является предпочтительной при разработке автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью до 90 т.

Ключевые слова: автономный карьерный самосвал, добыча полезных ископаемых, карьерный автосамосвал, трансмиссия.

Информация о статье: принята 19 февраля 2021 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2021-3-12-19

Введение

С ростом населения во всем мире наблюдается увеличение потребления основных видов твердых полезных ископаемых. За последние 30 лет мировая добыча угля увеличилась более чем в 2 раза с 1,8 млрд т в 1981 г. до 4 млрд т в 2013 г. [1, 2]

Несмотря на снижение доли угля в общем энергетическом балансе планеты при увеличении доли возобновляемых источников энергии, объемы добычи угля в мире в ближайшие 10-20 лет будут возрастать и превысят 7 млрд т в год. При этом открытым способом будет добыто 80% угля [3, 4].

Потребность в твердых полезных ископаемых в мире ежегодно возрастает на 0,6-1,5%. В программе развития угольной промышленности России планируется увеличение добычи угля до 500 млн т в год к 2030 г. Достижения указанных объемов возможны только при освоении новых месторождений Сибири и Дальнего Востока. Это приведет к формированию значительной потребности в экономичной карьерной технике с повышенными экологическими требованиями [5-17].

При открытом способе добычи угля, да и любого полезного ископаемого, наиболее распространённый способ транспортирования горной массы (рис.

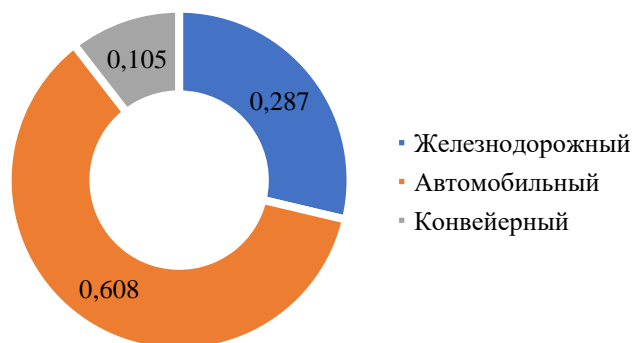


Рис. 1. Доли транспортирования полезных ископаемых различными видами транспорта

Fig. 1. Shares of transportation of minerals by various means of transport

1) – автомобильный (карьерный самосвал). Данному виду транспорта присущи следующие преимущества: мобильность, возможность использования в различных горнотехнологических и климатических условиях и т. д. [5]. В то же время автомобильный транспорт является наиболее дорогостоящим [6]. Таким образом, исследования создания конструкции и эксплуатации карьерных самосвалов являются в ближайшем будущем актуальными.

Актуальность подтверждается победой комплексного проекта [12-

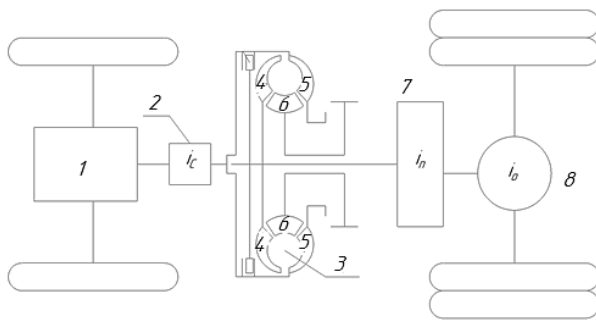


Рис. 2. Общая схема гидромеханической трансмиссии: 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – согласующая передача; 3 – гидродинамический трансформатор; 4 – насосное колесо; 5 – турбинное колесо; 6 – колесо реактора; 7 – механическая коробка передач; 8 – главная передача

Fig. 2. General scheme of the hydro-mechanical transmission: 1 – internal combustion engine; 2 – matching gear; 3 – hydrodynamic transformer; 4 – pump wheel; 5 – turbine wheel; 6 – reactor wheel; 7 – manual transmission; 8 – main gear

14]: «Создание высокотехнологичного производства семейства роботизированных карьерных самосвалов грузоподъемностью до 90 т с электромеханической трансмиссией на основе цифровых технологий» в 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 ап-

реля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства». В комплексном проекте: головной исполнитель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», индустриальный партнер – Публичное акционерное общество «КАМАЗ» и соисполнитель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». При реализации проекта для анализа конструкции рассматриваются карьерные самосвалы грузоподъемностью от 60 до 110 тонн.

Одним из основных элементов карьерного самосвала является трансмиссия. В настоящее время трансмиссия представлена двумя типами: гидромеханическая и электромеханическая.

Гидромеханическая трансмиссия

Гидромеханическая передача представляет собой единый агрегат (рис. 2), состоящий из согласующей передачи, гидротрансформатора, четырехвалной коробки передач с фрикционными муфтами, гидродинамического тормоза-замедлителя и узлов гидравлической системы. Все агрегаты ее смонтированы в общем разъемном корпусе, состоящем из картеров (корпусов) этих агрегатов.

Гидромеханическая трансмиссия имеет следующие преимущества: автоматическое изменение крутящего момента в зависимости от внешних сопротивлений; возможность автоматизации переключения передач и облегчения управления; снижение пиковых нагрузок, действующих на агрегаты трансмиссии и двигатель.

К недостаткам гидромеханических трансмиссий относятся: низкий КПД; большая стоимость; высокая трудоемкость обслуживания.

Электромеханическая трансмиссия

В настоящее время применяются две типовые схемы электромеханической трансмиссии:

- с использованием двигателя, тягового генератора, тяговых электродвигателей шкафа, управления и вентилируемой тормозной установки (рис. 3);
- с использованием аккумуляторных батарей, тяговых электродвигателей и шкафа управления; при необходимости (конструктивном решении) дополнительно

Таблица 1. Карьерные самосвалы, в которых используется гидромеханическая трансмиссия
Table 1. Mining dump trucks that use a hydro-mechanical transmission

Производитель	Модель	Грузоподъемность, т
Komatsu	HD985-5	105,0
	HD785	91,0
XCMG	XDM100	91,0
SANY	SRT95D	95,0
Beiml	BH100	91,0
БелАЗ	7557	90,0
Terex	TR100	91,0
	TR100 DD	91,0
	TR70	65,0
VOLVO	R100E	95,0
	R90C	90,7
	R70D	65,0
Perlini	DP 905 WD	95,0
	DP 705 WD	65,0
Caterpillar	777E	92,6
	777F	90,9
	777G	90,8
	777D	90,5

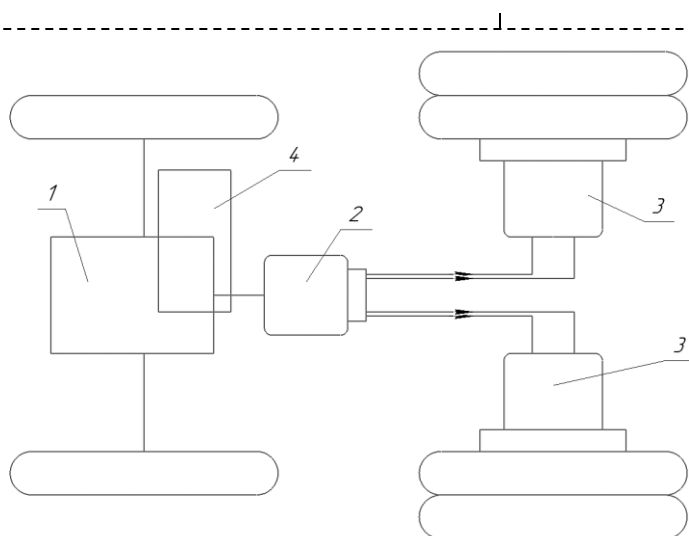


Рис. 3. Первая схема трансмиссии электромеханической:
1 – двигатель; 2 – генератор; 3 – электродвигатели; 4 – шкаф управления
Fig. 3. The first diagram of the electromechanical transmission:
1 – engine; 2 – generator; 3 – electric motors; 4 – control cabinet

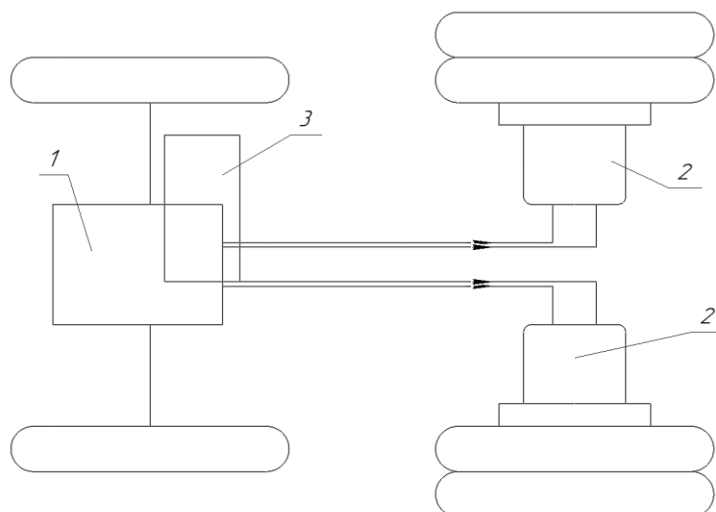


Рис. 4. Вторая схема трансмиссии электромеханической:
1 – аккумуляторная батарея; 2 – электродвигатели; 3 – шкаф управления.
Fig. 4. The second circuit of the electromechanical transmission:
1 – battery; 2 – electric motors; 3 – control cabinet.

Таблица 2. Карьерные самосвалы, в которых используется электромеханическая трансмиссия

Table 2. Mining dump trucks that use an electromechanical transmission

Производитель	Серия	Грузоподъемность
БелАЗ	75581	90
	75135	110
Liebherr	T236	100

устанавливается вентилируемая тормозная установка (рис. 4).

По первой схеме (рис. 3) механическая энергия двигателя (1) преобразуется в электроэнергию генератором (2), которая поступает на тяговые электродвигатели (3). Шкаф управления (4) служит для управления всей автоматикой. Вентилируемая тормозная установка – шкаф УВТР (блок резисторов динамического торможения) – предназначена для

преобразования электрической энергии, вырабатываемой тяговыми электродвигателями моторколес в режиме электрического торможения карьерного самосвала в тепловую и рассеяния в окружающую среду.

По второй схеме (рис. 4) от аккумуляторной батареи (1) электроэнергия поступает на тяговые электродвигатели (2). Шкаф управления (3) служит для управления всей автоматикой. Также при торможении существует возможность рекуперации электрической энергии.

Электромеханическая передача имеет следующие преимущества: бесступенчатое изменение скорости; дистанционная передача энергии; передача больших мощностей, более 1000 л.с.; простота конструкции; низкая трудоемкость обслуживания; плавное трогание с места и плавное торможение вплоть до полной остановки.

К недостаткам электромеханической трансмиссии относятся: большие габаритные размеры; большая масса.

Для принятого диапазона рассматриваемых карьерных самосвалов электромеханическая трансмиссия встречается у двух производителей (БелАЗ и Liebherr), представленных в таблице 2.

Характеристики гидромеханических и электромеханических трансмиссий карьерных самосвалов грузоподъемностью от 60 до 110 т све-

дены в таблицу 3.

Анализ типов трансмиссии карьерных самосвалов по их техническим характеристикам

Для проведения анализа трансмиссий карьерных самосвалов их техническим характеристикам назначаются оценки. Оценки принимаются согласно диапазонам, приведенным в таблице 4.

Таблица 3. Характеристики трансмиссий карьерных самосвалов от 60 до 110 тонн
Table 3. Transmission characteristics of mining dump trucks from 60 to 110 tons

Карьерный самосвал	Грузоподъемность, т	max скорость, км/ч	max крутящий момент, Н·м	Тяговая мощность, кВт	Текущий ремонт, чел/час	Время простоя	Суммарная стоимость компонентов трансмиссии
Комatsu HD985-5	105,0	70,0	6100	950	31	31	Средняя
Комatsu HD785	91,0	65,0	5080	895	25	25	Средняя
XCMG XDM100	91,0	48,0	4629	682	31	31	Средняя
SANY SRT95D	95,0	50,0	4629	900	24	24	Средняя
Beiml BH100	91,0	60,0	4787	770	32	32	Средняя
БелАЗ-75135	110,0	48,0	6188	1000	10	10	Высокая
БелАЗ-7558	90,0	60,0	6000	780	9	9	Высокая
БелАЗ-7557	90,0	70,0	6100	950	26	26	Средняя
Terex TR100	100,0	48,0	4679	840	33	33	Средняя
Terex TR100 DD	91,0	48,0	4461	1050	36	36	Средняя
Terex TR70	65,0	57,0	3323	720	24	24	Низкая
Liebherr T236	100,0	55,0	5086	895	10	10	Высокая
VOLVO R100E	95,0	50,0	4631	783	32	32	Средняя
VOLVO R90C	90,7	69,7	4630	783	32	32	Средняя
VOLVO R70D	65,0	57,0	3323	567	24	24	Средняя
Perlini DP 905 WD	95,0	62,8	4630	783	34	34	Средняя
Perlini DP 705 WD	65,0	59,7	3309	398	25	25	Низкая
Caterpillar 777E	92,6	65,9	4757	740	33	33	Средняя
Caterpillar 777F	90,9	64,5	4461	700	33	33	Средняя
Caterpillar 777G	89,4	67,1	5286	752	33	33	Средняя
Caterpillar 777D	90,5	60,4	4713	938	33	33	Средняя

Таблица 4. Определение оценок для каждой характеристики
Table 4. Determination of ratings for each characteristic

Оценка	Грузоподъемность, т	max скорость, км/ч	max крутящий момент, Н·м	Тяговая мощность, кВт	Текущий ремонт, чел/час	Время простоя	Суммарная стоимость компонентов трансмиссии
1	≤ 80	≤ 50	≤ 4800	≤ 650	≥ 24	≥ 24	Высокая
2	от 80 до 95	от 50 до 60	от 4800 до 5500	от 650 до 850	от 10 до 24	от 10 до 24	Средняя
3	> 95	> 60	> 5500	> 850	≤ 10	≤ 10	Низкая

Оценки характеристик сведены в таблицу 5.

Таблица 5. Оценочное сравнение характеристик карьерных самосвалов от 60 до 110 тонн
 Table 5. Estimated comparison of the characteristics of mining dump trucks from 60 to 110 tons

Карьерные самосвалы	Грузоподъемность	max скорость	max крутящий момент	Тяговая мощность	Текущий ремонт	Время простоя	Суммарная стоимость компонентов трансмиссии
Комatsu HD985-5	3	3	3	3	1	1	2
Комatsu HD785	2	3	2	3	1	1	2
XCMG XDM100	2	1	1	2	1	1	2
SANY SRT95D	2	1	1	3	2	2	2
Белм BH100	2	2	1	2	1	1	2
БелА3-75135	3	1	3	3	3	3	1
БелА3-7558	2	2	3	2	3	3	1
БелА3-7557	2	3	3	3	1	1	2
Terex TR100	3	1	1	2	1	1	2
Terex TR100 DD	2	1	1	3	1	1	2
Terex TR70	1	2	1	2	2	2	3
Liebherr T236	3	2	2	3	3	3	1
VOLVO R100E	2	1	1	2	1	1	2
VOLVO R90C	2	3	1	2	1	1	2
VOLVO R70D	1	2	1	1	2	2	2
Perlini DP 905 WD	2	3	1	2	1	1	2
Perlini DP 705 WD	1	2	1	1	1	1	3
Caterpillar 777E	2	3	1	2	1	1	2
Caterpillar 777F	2	3	1	2	1	1	2
Caterpillar 777G	2	3	2	2	1	1	2
Caterpillar 777D	2	3	1	3	1	1	2

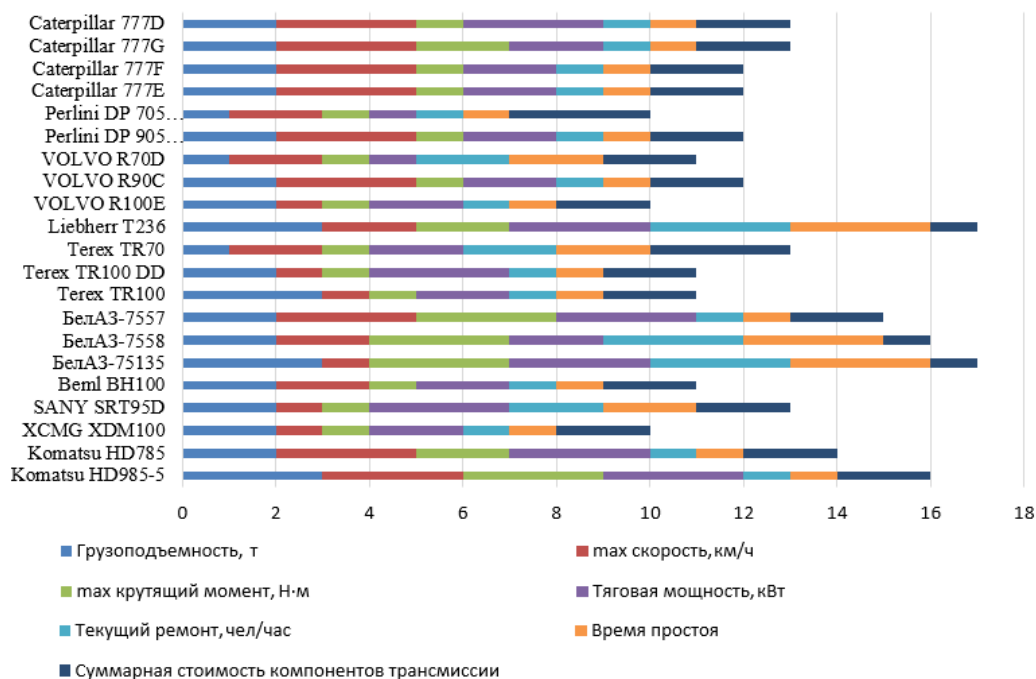


Рис. 5. Диаграмма сравнения характеристик трансмиссий карьерных самосвалов от 60 до 110 тонн
 Fig. 5. Comparison diagram of transmission characteristics of mining dump trucks from 60 to 110 tons

Наибольшая сумма оценок соответствует карьерным самосвалам с электромеханической трансмиссией (Liebherr T236 и БелАЗ-75135). Далее следуют БелАЗ-7558 с электромеханической и Komatsu HD985-5 с гидромеханической трансмиссией.

Таким образом, электромеханическая трансмиссия является предпочтительной при разработке новых конструктивных решений карьерных самосвалов грузоподъемностью до 90 т.

При большей стоимости электромеханической трансмиссии по сравнению с гидромеханической электромеханическая выигрывает по таким параметрам, как *тах* крутящий момент, время на текущий ремонт и время простоя. Связано это с возможностью электродвигателей, входящих в состав электромеханической трансмиссии, выдавать больший крутящий момент, с простотой конструкции и ее большой надежностью.

Выводы

В результате сравнения конструктивных и схемных решений, технических характеристик трансмиссий современных карьерных самосвалов установлено, что при большей стоимости электромеханической трансмиссии по сравнению с гидромеханической электромеханическая имеет преимущества по таким параметрам, как *тах* крутящий момент, наименьшее время на текущий ремонт и время простоя.

Установлено, что при выборе конструктивных и схемных решений типа трансмиссии электромеханическая трансмиссия является предпочтительной при создании новых карьерных самосвалов грузоподъемностью до 90 т.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2020-031 от 14.12.2020г. с ПАО «КАМАЗ» по комплексному проекту «Создание высокотехнологичного производства семейства роботизированных карьерных самосвалов грузоподъемностью до 90 т с электромеханической трансмиссией на основе цифровых технологий», при участии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет ВР за 2016 год – текущая ситуация в мировой энергетике // электронное: официальный сайт. – URL: <https://engineering-ru.livejournal.com/509227.html>.
2. Палаткина Л.С. Анализ и перспективы развития угольной промышленности основных стран мира, бывшего СССР и России в период до 2030 г. – М.: Монография. – 2013. – 416 с.
3. Открытые горные работы – XXI век. Справочник. Том 1. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. и другие. Под ред. Анистратова К.Ю.: М., ООО «Система максимум», 2019. 640 с.: ил.

4. Открытые горные работы – XXI век. Справочник. Том 2. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. и другие. Под ред. Анистратова К.Ю.: М., ООО «Система максимум», 2019. 872 с.: ил.

5. Хазин, М.Л. Роботизированные карьерные самосвалы // Известия Уральского государственного горного университета. – 2020. – № 3 (59). – С. 123-130.

6. Burmistrov K.V., Osintsev N.A., Shakshakpaev A.N. Selection of Open-Pit Dump Trucks during Quarry Reconstruction // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. P. 1696-1702.

7. G.M. Dubov, D.S. Trukhmanov, I.V. Kuznetsov, S.A. Nokhrin, A.N. Sergel, E3S Web Conf., 105, 03018 (2019)

8. G.M. Dubov, D.S. Trukhmanov, S.A. Nokhrin, IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci., 459, 042059 (2020).

9. G.M. Dubov, D.S. Trukhmanov, A.A. Chegoshev, V.E. Ashikhmin, E3S Web Conf., 41, 03008 (2018).

10. Дубинкин Д.М., Садовец В.Ю., Котиев Г.О., Карташов А.Б. Исследование процесса транспортирования вскрышных пород и угля на разрезах // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 4 (7). – С. 50-66.

11. Дубинкин Д.М., Аксенов В.В., Тюленев М.А., Марков С.О. Влияние горнотехнических факторов на производительность беспилотных карьерных автосамосвалов // Техника и технология горного дела. – 2020. – № 4(11). – С. 42-69.

12. Дубинкин Д.М. Обоснование необходимости создания тяжелых платформ для открытых горных работ // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 4 (150). – С. 59-64.

13. Дубинкин Д.М., Карташов А.Б., Арутюнян Г.А., Бузунов Н.В., Сорокин К.П., Ялышев А.В. Современное состояние техники и технологий в области карьерных самосвалов с накопителями энергии // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 6 (152). – С. 31-42.

14. Дубинкин Д.М. Современное состояние техники и технологий в области автономного управления движением транспортных средств угольных карьеров // Горное оборудование и электромеханика – 2019. – № 6 (146). – С. 8-15.

15. Кузин Е.Г., Пудов Е.Ю., Дубинкин Д.М. Анализ отказов узлов карьерных самосвалов в условиях эксплуатации // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 2 (154). – С. 55-61.

16. Разработка критериев обеспечения совместной работы источников энергии для создания новых карьерных самосвалов / Н.В. Бузунов, Р.Д. Пирожков, А.Б. Карташов, Д.М. Дубинкин // Вестник КузГТУ. – 2020. – №6. – С. 87-97.

17. Об интенсивности изменения производительности автономной тяжелой платформы / М.А. Тюленев, С.О. Марков, Д.М. Дубинкин, В.В. Аксенов // Вестник КузГТУ. – 2021. – №1. – С. 97-108. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-1-97-108

Dmitry M. Dubinkin, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Dmitry A. Pashkov**, engineer scientific center «Digital Technologies», **Nikita A. Architsky**, technic scientific center «Digital Technologies», e-mail: architskyna@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Russian Federation, Kemerovo, Vesennyaya street, 28

E-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

TRANSMISSION DESIGN SOLUTION JUSTIFICATION OF AUTONOMOUS MINING DUMP TRUCK LIFTING CAPACITY UP TO 90 TONS

Abstract: The article substantiates the type of transmission for autonomous mining dump trucks with a load capacity of up to 90 tons. The conclusion of the relevance of the development of quarry dump trucks is made. The advantages and disadvantages of each type of transmission of mining dump trucks are given. The characteristics of transmissions of existing mining dump trucks are considered. For the analysis, estimates of the ranges of transmission characteristics of existing dump trucks are accepted. For comparison, the estimates corresponding to each dump truck were summed up. The obtained values are represented graphically by a linear diagram with accumulation. As a result of the analysis, it was found that at a higher cost of an electromechanical transmission compared to a hydro-mechanical one, the electromechanical one wins in terms of such parameters as max torque, time for routine repairs and downtime. It is established that the electromechanical transmission is preferred in the development of autonomous mining dump trucks with a load capacity of up to 90 tons.

Keywords: autonomous mining dump truck, mining, mining dump truck, transmission.

Article info: received February 19, 2021

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-3-12-19

REFERENCES

1. BP Report for 2016 – Current situation in the world energy sector // electronic: official website. – URL: <https://engineering-ru.livejournal.com/509227.html>.
2. Palatkina L. S. Analysis and prospects for the development of the coal industry in the main countries of the world, the former USSR and Russia in the period up to 2030. – 2013. – 416 p.
3. Open-pit mining – XXI century. Guide. Volume 1 / Anistratov Yu.I., Anistratov K.Yu. and others. Ed. Anistratov K.Yu.: M., OOO "System maximum", 2019. 640 p.: ill.
4. Open-pit mining – XXI century. Guide. Volume 2 / Anistratov Yu.I., Anistratov K.Yu. and others. Ed. Anistratov K.Yu.: M., OOO "System maximum", 2019. 872 p.: ill.
5. Khazin, M.L. Robotic mining dump trucks// Proceedings of the Ural State Mining University. – 2020. – № 3 (59). – Pp. 123-130.
6. Burmistrov K.V., Osintsev N.A., Shakshakpaev A.N. Selection of Open-Pit Dump Trucks during Quarry Reconstruction // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. P. 1696-1702.
7. G.M. Dubov, D.S. Trukhmanov, I.V. Kuznetsov, S.A. Nokhrin, A.N. Sergel, E3S Web Conf.,105, 03018 (2019).
8. G.M. Dubov, D.S. Trukhmanov, S.A. Nokhrin, IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci., 459, 042059 (2020).
9. G.M. Dubov, D.S. Trukhmanov, A.A. Chegoshev, V.E. Ashikhmin, E3S Web Conf., 41, 03008 (2018).
10. Dubinkin D.M., Sadovets V.Yu., Kotiev G.O., Kartashov A.V. (2019) Overburden and coal transportation research at open pit mines, Journal of mining and geotechnical engineering, 4(7):50
11. Dubinkin D., Aksenov V., Tyulenev M., Markov S. The influence of geotechnical factors on the output of quarry autonomous haul trucks, Journal of mining and geotechnical engineering, 4(11):42.
12. Dubinkin D.M. Justification of the need to create heavy platforms for open-pit mining. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.4 (150), pp. 59-64.
13. Dubinkin D.M., Kartashov A.B., Arutyunyan G.A., Buzunov N.V., Sorokin K.P., Yalyshev A.V. Current state of the art and technologies in the field of quarry dump trucks with energy storage devices. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.6 (152), pp. 31-42.
14. Dubinkin D.M. Current state of engineering and technology in the field of autonomous traffic control of coal mine vehicles // Mining equipment and electromechanics No. 6, 2019, p. 8-15.
15. Kuzin E.G., Pudov E.Yu., Dubinkin D.M. Analysis of failures of mining dump truck components under operating conditions. Mining Equipment and Electromechanics, 2021, no.2 (154), pp. 55-61.

16. Buzunov N.V., Pirozhkov R.D., Kartashov A.B., Dubinkin D.M. Development of criteria for ensuring the joint operation of energy sources for the creation of new quarry dump trucks // Herald KuzSTU. №6(142), 2020. 87-97 (In Russ.).

Библиографическое описание статьи

Дубинкин Д.М., Пашков Д.А., Архицкий Н.А. Обоснование конструктивного решения трансмиссии автономного карьерного самосвала грузоподъемностью до 90 тонн // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 3 (155). – С. 12-19.

17. M.A. Tyulenev, S.O. Markov, D.M. Dubinkin, V.V. Aksenov. On the intensity of changing the performance of the autonomous heavy platform // Herald KuzSTU. №1(143), 2021. 97-108 (In Russ.).

Reference to article

Dubinkin D.M., Pashkov D.A., Architsky N.A. Transmission design solution justification of autonomous mining dump truck lifting capacity up to 90 tons. Mining Equipment and Electromechanics, 2021, no.3 (155), pp. 12-19.