



УДК 622+621.43

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОНОМНОГО КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 240 Т

Дубинкин Д.М.¹, Арутюнян Г.А.², Назаренко С.В.³, Ялышев А.В.¹

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

²Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

³ПАО «КАМАЗ»



Информация о статье

Поступила:

18 апреля 2022 г.

Рецензирование:

15 мая 2022 г.

Принята к печати:

24 мая 2022 г.

Ключевые слова:

карьерный самосвал, открытые
горные работы, конструкция
автосамосвалов, двигатель
автосамосвала, надежность
карьерной техники,
эффективность горного
оборудования

Аннотация.

Горнотехнические факторы и увеличение глубины карьера являются одними из основных причин накопления отработанных газов двигателей внутреннего сгорания и ухудшения экологической обстановки в карьере. Это приводит к остановке производственного процесса и простоям экскаваторно-автомобильных комплексов, и в итоге негативно сказывается на экономике предприятия. При разработке новых карьерных самосвалов необходимо повышать экологичность и уменьшать при этом потребление топлива. На сегодняшний день актуальна задача выбора двигателя для автономных карьерных самосвалов, а в рамках обеспечения импортозамещения особенно важен анализ отечественных двигателей для осуществления локализации производства в РФ. В статье рассмотрены двигатели для карьерных самосвалов в диапазоне грузоподъемности 218-255 т. Определены ключевые показатели, а именно: потребление топлива, удельная мощность на тонну перевозимого груза и на полную массу машины. Среди карьерных самосвалов грузоподъемностью от 218 до 255 т на одну тонну грузоподъемности приходится в среднем 8 кВт/т удельной мощности. При полной же массе карьерных самосвалов среднее значение – 4,7 кВт/т. Приведен краткий анализ эксплуатируемых и перспективных российских двигателей для карьерных самосвалов. Рассмотрен способ установки двигателей на раме карьерного самосвала. Установлено, что на данный момент перспективным для автономного карьерного самосвала грузоподъемностью 240 тонн является двигатель УДМЗ.

Для цитирования: Дубинкин Д.М., Арутюнян Г.А., Назаренко С.В., Ялышев А.В. Анализ и перспективность применения отечественного двигателя внутреннего сгорания автономного карьерного самосвала грузоподъемностью 240 т // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 2(17). – С. 4-21. – DOI: 10.26730/2618-7434-2022-2-4-21

Введение

Самым распространенным видом транспорта при добычи полезных ископаемых открытым способом является автомобильный, а именно карьерные самосвалы (КС). Наибольшую популярность при транспортировке полезных ископаемых получили КС грузоподъемностью 90-100 т, а для вскрышной породы – 218-255 т [1, 2].

В настоящее время существующие карьеры развиваются по всей площади, увеличивая глубину разработки по замкнутому контуру с увеличением объемов добычи и переработки полезных ископаемых. Такое развитие карьеров приводит к необходимости перевозить больше



вскрышной породы при неизменном уровне добычи полезного ископаемого, а также к увеличению расстояний транспортировки горной массы. Таким образом, углубление карьеров приводит к увеличению количества КС грузоподъемностью 218-255 т [1-5].

В свою очередь, увеличение количества КС является причиной накопления отработанных газов дизельных двигателей в карьере и ухудшения экологической обстановки в карьере, что приводит к остановке производственного процесса и простоям экскаваторно-автомобильного комплекса, и в итоге негативно сказывается на экономике предприятия.

Двигателям КС свойственно высокое значение удельной мощности в связи с большой грузоподъемностью КС, собственной массой и горнотехническими условиями, к которым относятся длительное движение вверх по уклону, качество дорожного покрытия и др.

Основным вектором развития современного двигателестроения является снижение потребления топлива и повышение экологичности. Ужесточение стандартов (табл. 1) выбросов приводит к некоторому удорожанию производства новых двигателей за счет более сложных электронных систем и фильтров. Благодаря этому снижается удельное потребление топлива и повышаются эксплуатационные характеристики, что является серьезным преимуществом новых двигателей. Тем не менее на производстве все чаще сталкиваются с загазованностью в карьере [6].

Таблица 1. Стандарт Tier по выбросу взвешенных частиц (РМ) для внедорожной техники с дизельными двигателями мощностью более 560 кВт.

Table 1. Tier Standard for the emission of Suspended particles (PM) for off-road vehicles with diesel engines with a capacity of more than 560 kW.

Класс токсичности выбросов (год введения стандарта)	Коэффициент выбросов взвешенных частиц (РМ), г/кВт·ч
Tier 1 (2000)	0,54
Tier 2 (2006)	0,2
Tier 3 добровольный (2006)	0,12
Tier 4 промежуточный (2011)	0,1
Tier 4 окончательный (2015)	0,04

В России отсутствуют стандарты выбросов для внедорожной техники, в частности и для КС, поэтому это позволяет заказчикам приобретать транспортные средства, не удовлетворяющие нормативам Tier 1, то есть без систем нейтрализации выхлопных газов [7].

Однако при разработке новых КС необходимо повышать экологичность [8] и уменьшать при этом потребление топлива. В настоящее время при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации разрабатывается автономный карьерный самосвал (АКС) грузоподъемностью 240 т на отечественных компонентах. В конструкции АКС предусмотрен двигатель внутреннего сгорания (ДВС) [9].

Исходя из вышесказанного, поставлена цель работы: произвести анализ и обосновать перспективность применения существующих зарубежных и отечественных двигателей внутреннего сгорания для разрабатываемого автономного карьерного самосвала.

Основная часть

Большинство производителей КС закупают ДВС у крупных специализированных компаний. Для существующих КС грузоподъемностью 218-255 т главными поставщиками ДВС являются производители MTU (Германия) и Cummins (США), исключениями являются производитель Caterpillar (США), а также Komatsu (Япония), которая использует ДВС своего производства, либо устанавливают ДВС Cummins. Международную популярность набирает производитель ДВС Weichai (Китай). Среди отечественных производителей наибольшие успехи в карьерном



транспорте рассматриваемой грузоподъемности имеет Уральский дизель-моторный завод (УДМЗ).

На КС грузоподъемностью 218-255 т применяются ДВС: MTU 16V4000 (рис. 1); Cummins QSK 60-С (рис. 2); 12 ДМ-185А (рис. 3); Cat 3516В (рис. 4); Cat C175-16 (рис.5); Komatsu SDA16V160 (рис. 6-а); Komatsu SSDA16V160 (рис. 6-б); Cummins 2Х КТА38-С (рис. 7); Weichai 12М55 (рис. 8).



Рис. 1. ДВС MTU 16V4000.

Fig. 1. Internal combustion engine MTU 16V4000.

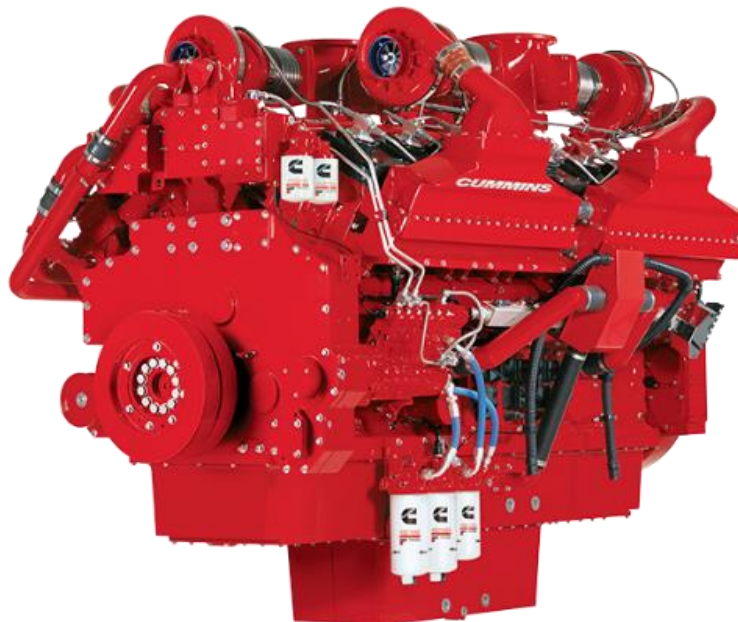


Рис. 2. ДВС Cummins QSK 60.

Fig. 2. Internal combustion engine Cummins QSK 60.



Рис. 3. ДВС ДМ-185.

Fig. 3. Internal combustion engine DM-185.

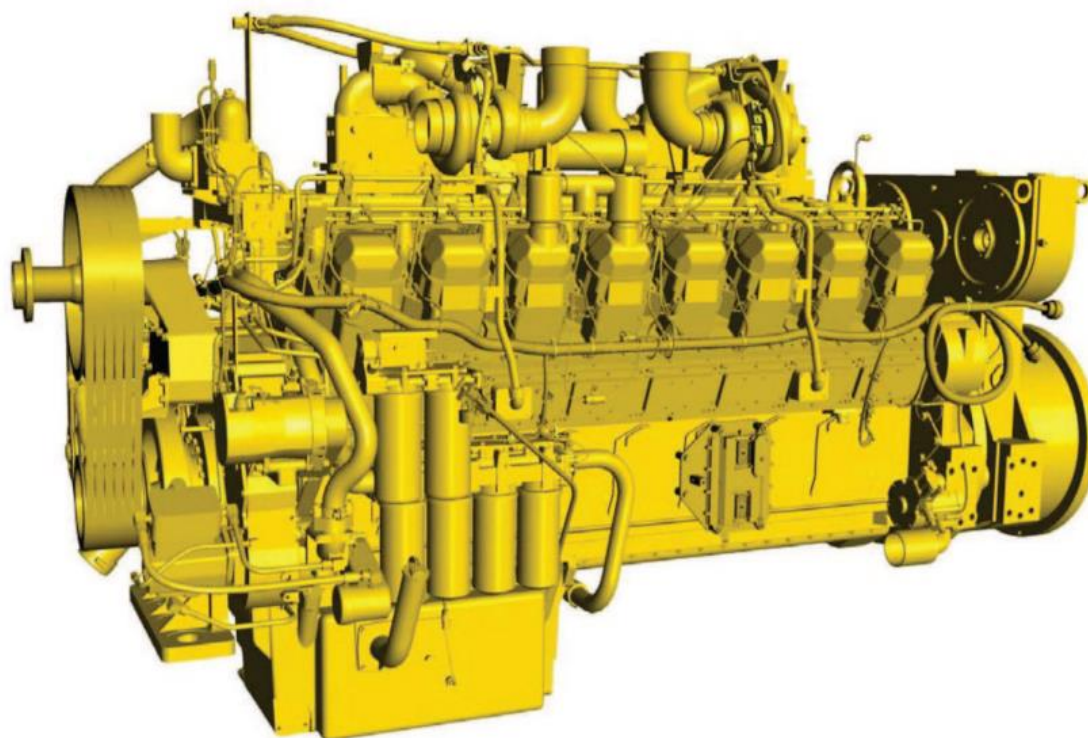


Рис. 4. ДВС Cat 3516B.

Fig. 4. Internal combustion engine Cat 3516B.

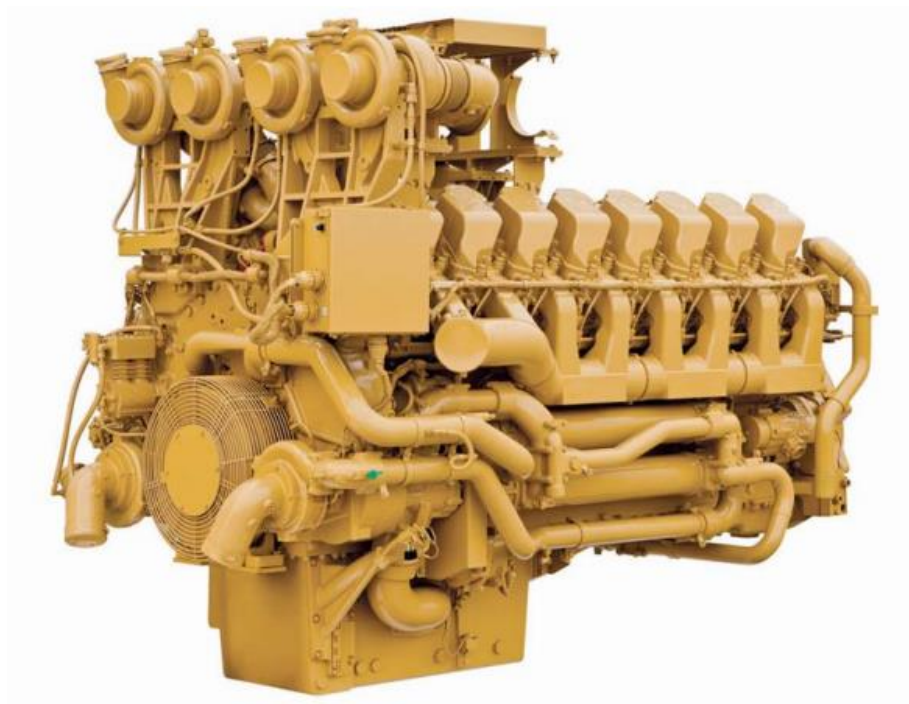


Рис. 5. ДВС Cat C175.

Fig. 5. Internal combustion engine Cat C175.



a)



b)

Рис. 6. ДВС Komatsu: a) SDA16V160; б) SSDA16V160.

Fig. 6. Internal combustion engine Komatsu: a) SDA16V160; b) SSDA16V160.



Рис. 7. ДВС Cummins KTA38.

Fig. 7. Internal combustion engine Cummins KTA38.

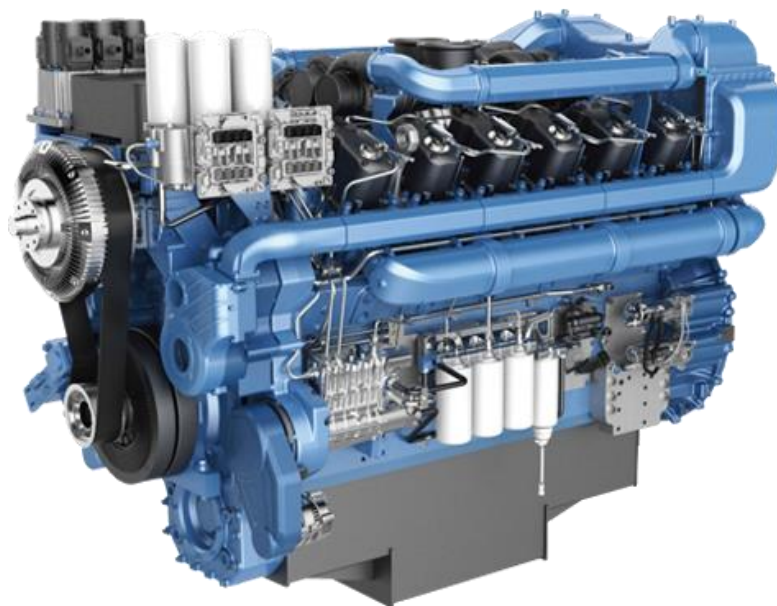


Рис. 8. ДВС Weichai 12M55.
Fig. 8. Internal combustion engine Weichai 12M55.

Перспективные российские ДВС для КС

М-150 «Пульсар» – высокооборотный двигатель, 12-цилиндровый, мощностью 1440 кВт (рис. 9). Двигатель создан по заказу Минпромторга России в рамках Федеральной целевой программы «Национальная технологическая база».

Данная линейка Российских дизельных двигателей должна была отличаться от действующих аналогов экономичностью (потребление топлива до 195 г/кВт). Разработка велась ПАО «Звезда» совместно с Австрийской компанией AVL List GmbH, в результате чего ПАО «Звезда» задолжала своему партнеру за помощь в разработке проекта, из-за чего начались судебные тяжбы [10]. На данный момент «проект находится в стадии разработки стратегии развертывания» [11].



Рис. 9. Внешний вид ДВС М-150.
Fig. 9. Engine appearance internal combustion engine M-150.



УДМЗ также является участником федеральной целевой программы по созданию и организации производства в РФ дизельных двигателей и их компонентов. ДМ-185 (рис. 3) создавался УДМЗ в рамках программы «Национальная технологическая база» совместно с немецкой инжиниринговой компанией FEV. Первое взаимодействие двигателя с КС получилось благодаря взаимодействию между Холдингом СТМ и БЕЛАЗ.

На данный момент семейство ДМ-185 насчитывает 9 моделей двигателей с широким диапазоном мощностных характеристик (от 1000 до 4000 кВт) и 7 дизель-генераторов. Количество цилиндров варьируется от 6 до 20, в зависимости от модификации и области применения. Данная разработка имеет существенные перспективы и положительный опыт [12, 13, 14]. В советский период БЕЛАЗ сотрудничал с уральскими предприятиями, но в 1990-е годы перешел на зарубежные силовые агрегаты.

Из опыта прошлых лет известно, что на КС БЕЛАЗ-75501 (рис. 10) устанавливался тепловозный двигатель Коломенского завода, аналогичный двигатель можно встретить и в серии БЕЛАЗ-7521. БЕЛАЗ-75501 – самосвал с шарнирно-сочлененной рамой с приводом на все колеса приводился в движение дизель-электрической силовой установкой Д49 12ЧН26/26 (рис. 11). Эксперимент с БЕЛАЗ-75501 не закончился серийным выпуском модели.



Рис. 10. БелАЗ-75501 с двигателем Д49
Fig. 10. BelAZ-75501 with D49 engine

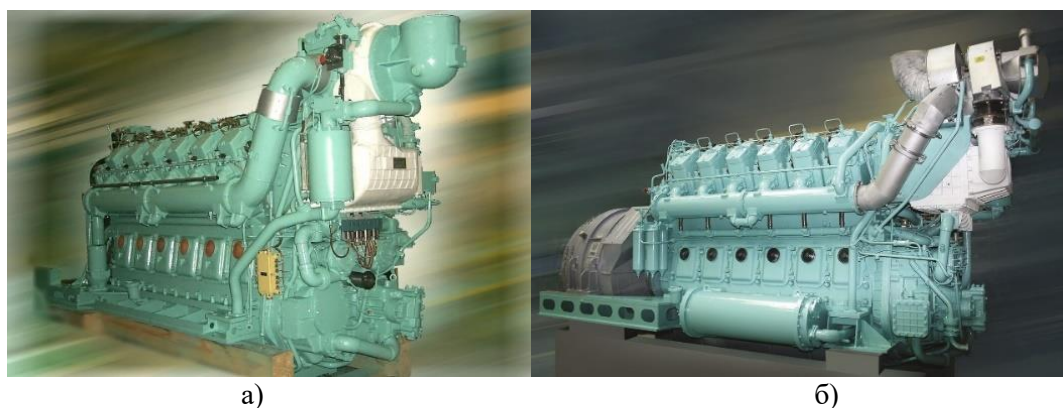


Рис. 11. Внешний вид ДВС: а) Д49; б) Д300
Fig. 11. Appearance of the internal combustion engine: a) D49; б) D300

Конструктивные решения установки ДВС на КС

На КС с электромеханической трансмиссией ДВС и тяговый генератор крепятся болтами к подмоторной раме 1 и образуют единый модуль, называемый дизель-генератором (рис. 12). Дизель-генератор установлен на раме КС на четырех амортизаторах 3. От продольных перемещений дизель-генератор удерживается штангами 7. Для регулировки неплоскостности применяются регулировочные прокладки 4, устанавливаемые под амортизаторы.

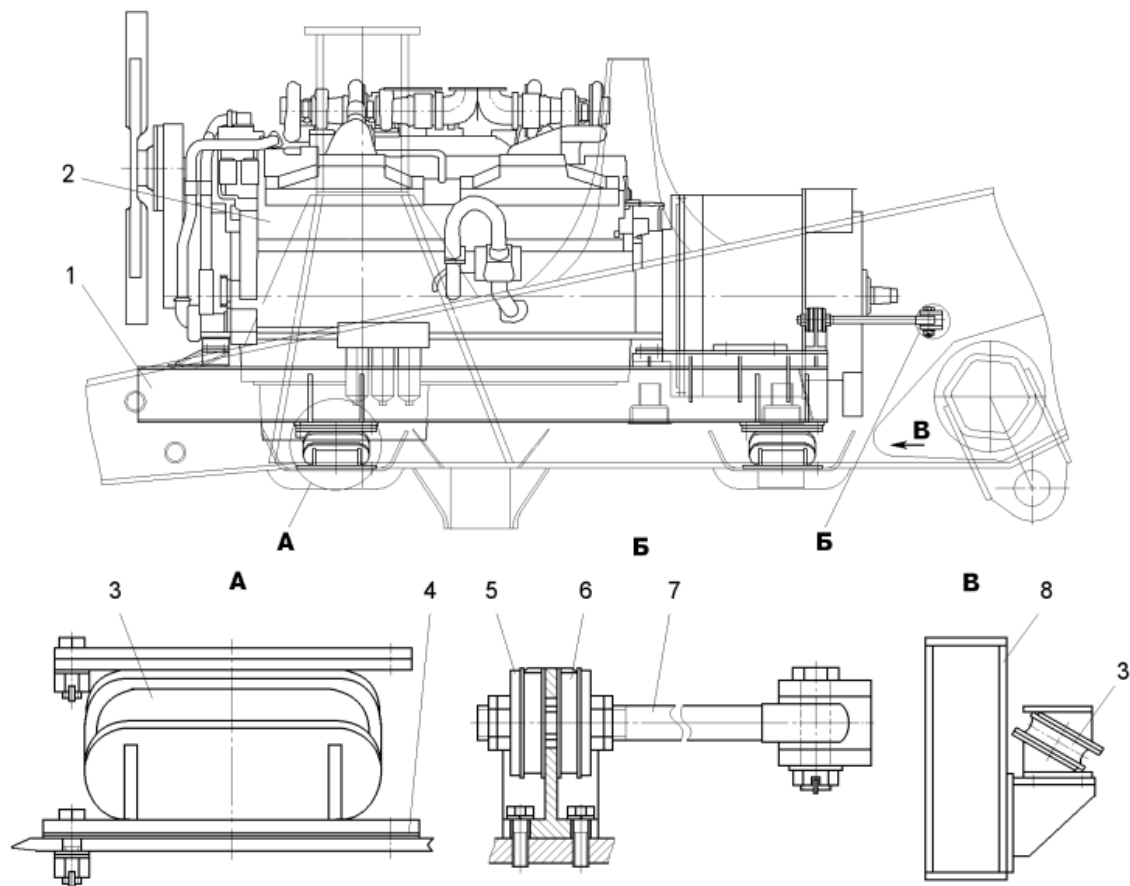


Рис. 12. Установка ДВС на КС с электромеханической трансмиссией: 1 – подмоторная рама; 2 – дизель-генератор; 3 – тяговый генератор; 4 – амортизатор с фланцами; 5 – регулировочные прокладки; 6 – упорная шайба; 7 – кронштейн виброизолятора; 8 – амортизатор штанги; 9 – штанга; 10 – лонжерон

Fig. 12. Installing an internal combustion engine on a quarry dump truck with an electromechanical transmission:

1 – under-engine frame; 2 – diesel generator; 3 - traction generator; 4 – shock absorber with flanges; 5 – adjusting gaskets; 6 – thrust washer; 7 – vibration isolator bracket; 8 – rod shock absorber; 9 – rod; 10 – spar

На КС с гидромеханической трансмиссией ДВС установлен на несущей системе (раме) на передней и двух задних опорах (рис. 13). Передняя опора двигателя, состоящая из балки 5, прикреплена к двигателю и болтами 7 к кронштейнам на лонжеронах рамы КС. Между балкой передней опоры и кронштейнами на раме установлены конические опоры 12 с центрирующими шайбами 6.

Таким образом, вне зависимости от трансмиссии и модели КС ДВС устанавливается на подрамник через опоры, которые крепятся к несущей системе КС.

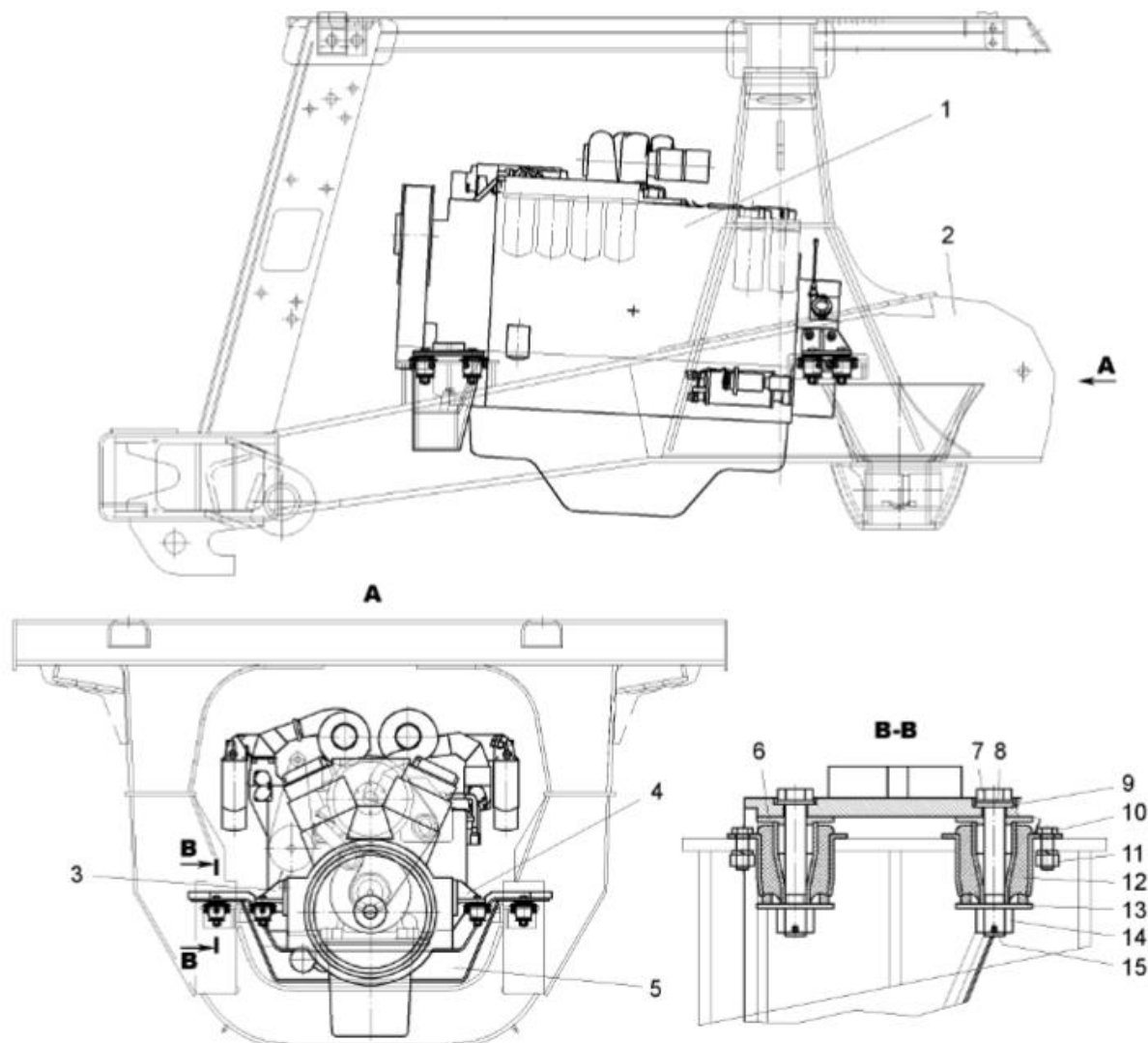


Рис. 13. Установка ДВС на КС с гидромеханической трансмиссией: 1 – двигатель; 2 – рама самосвала; 3 – кронштейн задний левый; 4 – кронштейн задний правый; 5 – балка передней опоры двигателя; 6 – шайба центрирующая; 7, 10 – болты; 8, 9 – шайбы регулировочные; 11, 14 – гайки; 12 – опора коническая; 13 – шайба; 15 – шплинт.

Fig. 13. Installing an internal combustion engine on a quarry dump truck with a hydromechanical transmission: 1 – engine; 2 – dump truck frame; 3 – rear left bracket; 4 – rear right bracket; 5 – engine front support beam; 6 – centering washer; 7, 10 – bolts; 8, 9 – adjusting washers; 11, 14 – nuts; 12 – conical support; 13 – washer; 15 – cotter pin.

Анализ основных характеристик двигателей внутреннего сгорания

Основные характеристики ДВС КС грузоподъемностью 218-255 т [9] представлены в таблице 2.

Определим удельную мощность (на основе данных таблицы 2), требуемую для перевозки одной тонны груза для КС рассматриваемой грузоподъемности:

$$P_{уд} = \frac{P_{дв}}{m}; \quad (1)$$

где, $P_{дв}$ – мощность двигателя, кВт; m – полная масса КС, либо грузоподъемность, т.



Удельная мощность позволяет определять уровень мощности ДВС для КС грузоподъемности 218-255 т. Расчеты показали, что:

- значение средней удельной мощности на полную массу КС равна 4,7 кВт/т;
- значение средней удельной мощности на тонну перевозимого груза равна 8 кВт/т.

Таблица 2. Основные характеристики КС грузоподъемностью 218-255 т.

Table 2. Main data of dump trucks, capacity 218-255 t.

Производитель КС	Модель КС	Полная масса, т	Грузоподъемность, т	Мощность, кВт	ДВС
БЕЛАЗ	75302	376	220	1715	MTU 16V4000
БЕЛАЗ	75306	376	220	1864	Cummins QSK60-C
БЕЛАЗ	75310	402	240	1864	Cummins QSK60-C
БЕЛАЗ	75311	402	240	1864	MTU 16V4000
БЕЛАЗ	75312	402	240	1864	MTU 16V4000
БЕЛАЗ	75313	403	240	1864	Cummins QSK60-C
БЕЛАЗ	75315	402	240	1864	MTU 16V4000
БЕЛАЗ	75319	415	240	1865	12 ДМ-185А
БЕЛАЗ	7530D	376	220	1715	Cummins QSK60-C
Caterpillar	793D	384	220	1801	Cat 3516B HD EUI
Caterpillar	793F	390	230	1976	Cat C175-16
Komatsu	860E-1K	448	254,36	2014	Komatsu SSDA16V160
XCMG	DE240	405	240	1864	MTU 16V4000C21L
Hitachi	EH 4000	384	221,65	1864	Cummins QSKTA60-CE
Hitachi	EH 4000 MTU	384	221	1864	MTU 16V4000 C21
Hitachi	EH 4500	435	255,5	2014	Cummins QSK60-L
Hitachi	EH 4500 MTU	435	255,5	2014	MTU 16V4000
Komatsu	HD 830E AC	385,85	226,8	1865	Komatsu SDA16V160
CSSG	HT5220	388	220	1790	Cummins 2X KTA38-C
SANY	SET230	393	240	1838	Cummins QSK60-C2500
Liebherr	T262	370	218	1864	Cummins QSK60
Liebherr	T264	416	240	2014	Cummins QSK60
Liebherr	T264-MTU	416	240	2014	MTU 16V4000 Tier 4



Основные конструктивные и технические характеристики ДВС, применяемые на КС грузоподъемностью 218-255 т, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Основные характеристики ДВС КС 218-255 т.

Table 3. Main characteristics of the internal combustion engine dump trucks 218-255 t.

Наименование ДВС	Тип	Цилиндры, диаметр × высота, мм	Объем, л	Удельный расход топлива, г/кВт*ч	Потребление топлива, л/ч	Уровень экологичности	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Мощность, кВт
							Длина	Ширина	Высота		
Cummins QSKTA60-CE	V16	159×190	60,2	209	458,3	EPA Tier 2	3551	1480	1933	8047	1864
Cummins QSK 60-C	V16	159×190	60,2	206	415,6	EPA Tier 3	3551	1480	1933	8047	1715
MTU DD 16V4000	V16	165×190	48,7	193	423,2	EPA Tier 3	4525	1520	1890	9210	1864
Cat 3516B HD EUI	V16	170×215	78,1	209	442,8	EPA Tier 2	3008	1443	1980	7448	1801
Cat C175-16	V12	175×220	84,6	203	471,9	EPA Tier 2	4515	1857	2478	13041	1976
Komatsu SDA16V160 (QSK60)	V16	159×190	60,2	207	454,2	EPA Tier 2	н.д	н.д	н.д	9608	1865
Komatsu SSDA16V160 (QSK60)	V16	159×190	60,2	209	495,2	EPA Tier 2	н.д	н.д	н.д	9608	2014
Weichai 12M55	V12	180×215	65,6	203	445,4	EPA Tier 3	3247	1544	2358	9550	1865
12 ДМ-185А	V12	185×215	69,4	200	438,8	EPA Tier 2	3765	1490	2350	12000	1865



Применяемые ДВС КС 218-255 т (табл. 3) имеют следующие конструктивные особенности:

- высокооборотные (1800-1900 об/мин) дизельные с турбонаддувом;
- расположение цилиндров – V-образное;
- количество цилиндров – 12 или 16.

Графическое отображение сравнения основных характеристик рассматриваемых ДВС КС 218-255 т приведено на рисунках 14-17.

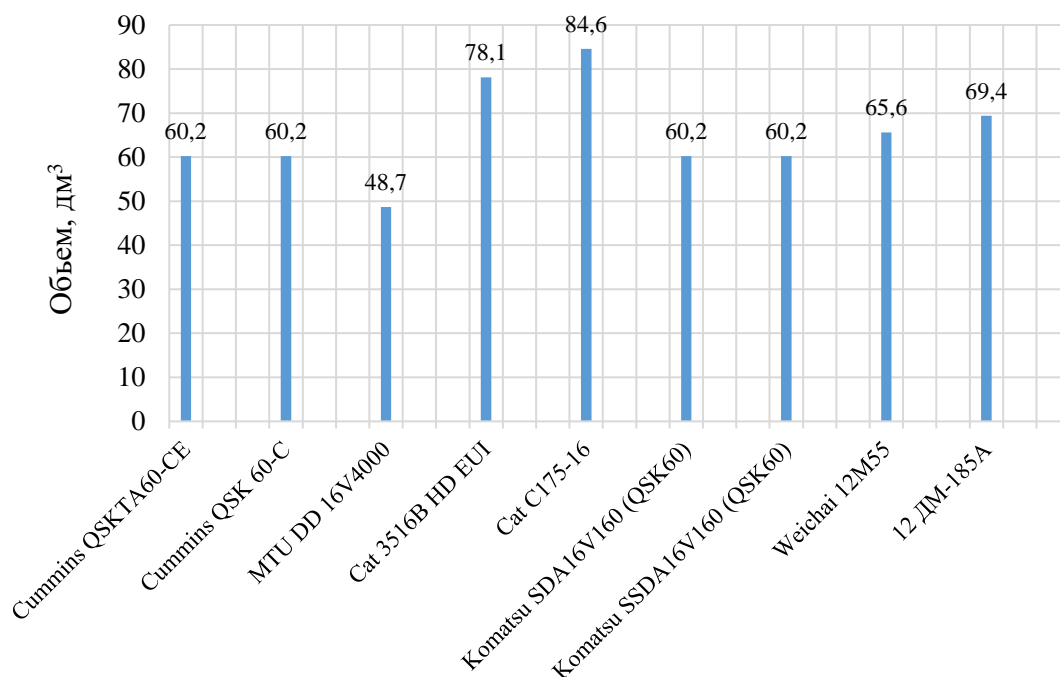


Рис. 14. Сравнение объемов ДВС.

Fig. 14. Comparison of internal combustion engine volumes.

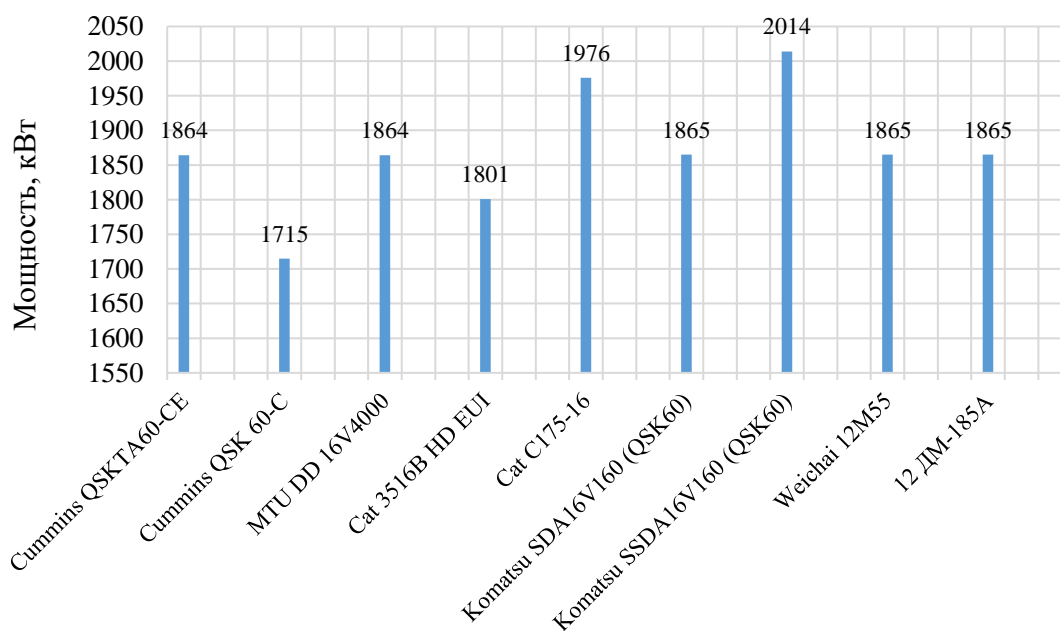


Рис. 15. Сравнение мощности ДВС.

Fig. 15. Comparison of internal combustion engine power.

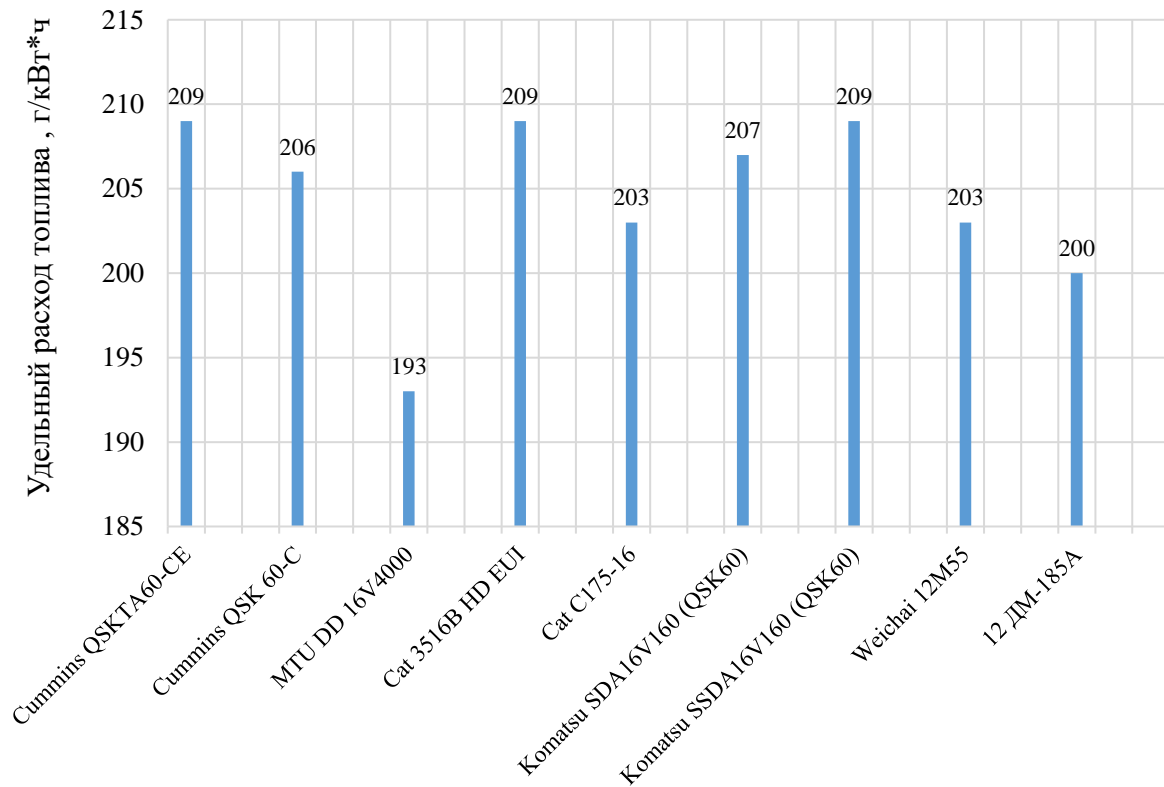


Рис.16. Сравнение удельного расхода топлива.

Fig. 16. Comparison of specific fuel consumption.

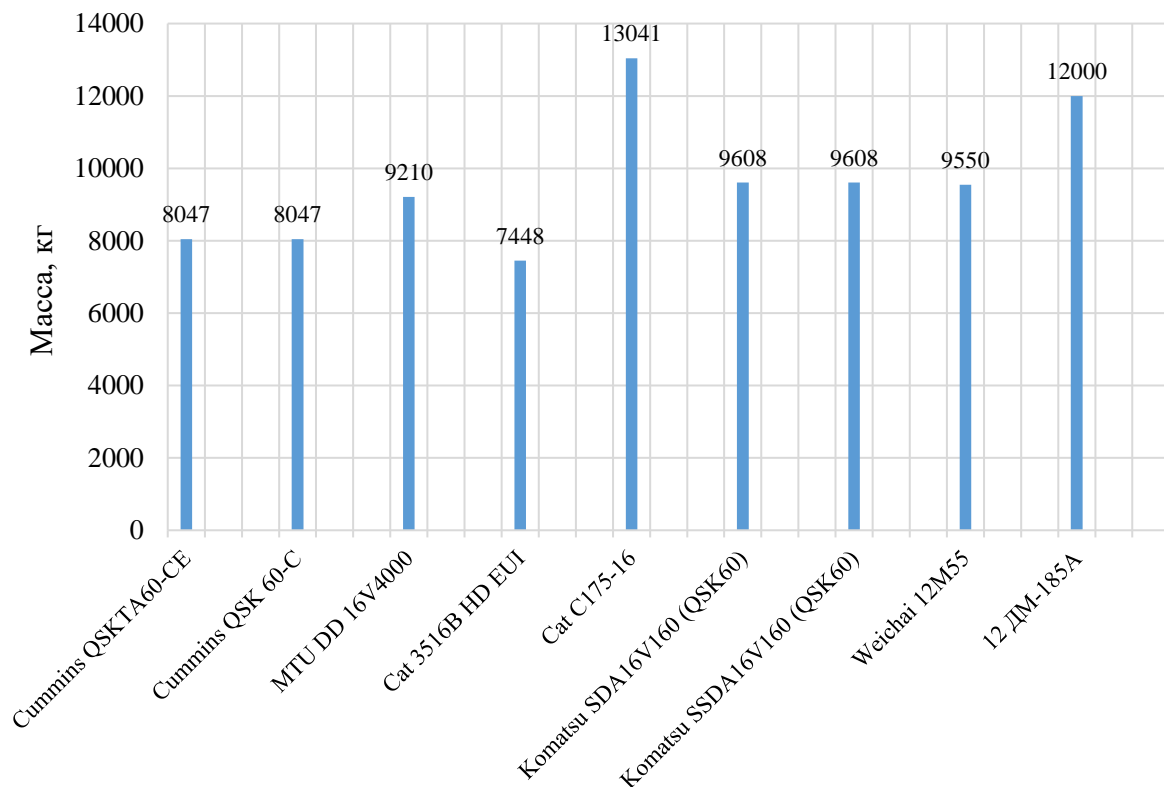


Рис.17. Сравнение массы ДВС.

Fig. 17. Internal combustion engine weight comparison.



Сравнение номинального потребления топлива ДВС КС 218-255 т показано на рис. 18.

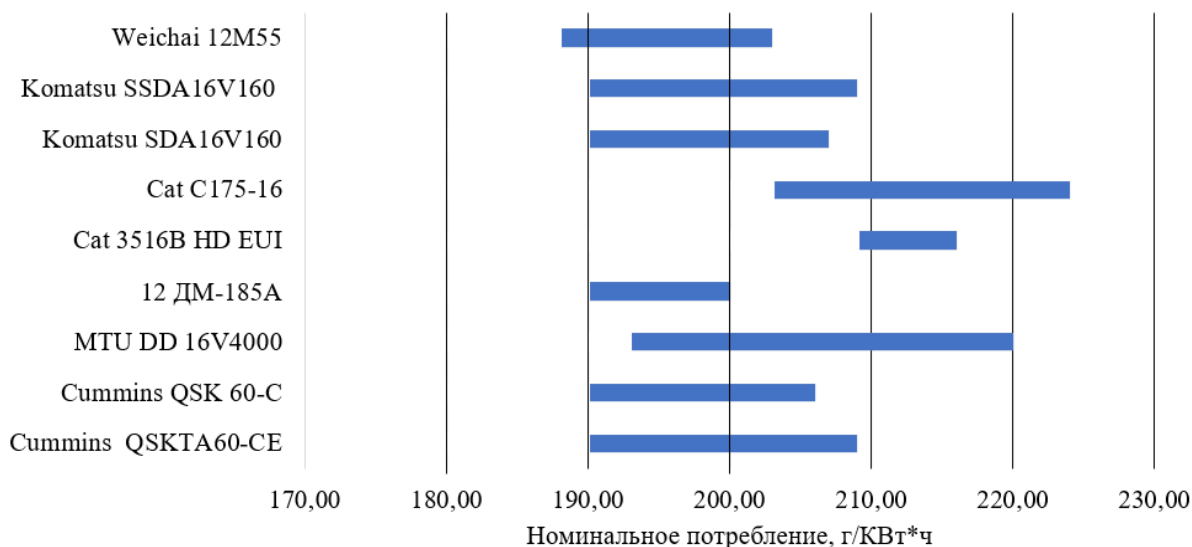


Рис. 18. Сравнение номинального потребления топлива в диапазоне режимов работы по версии компании Weichai.

Fig. 18. Comparison of nominal fuel consumption in the range of operating modes according to Weichai.

Определим расход топлива:

$$N = \frac{P_{\text{дв}} \cdot g_e}{\rho}; \quad (2)$$

где N – расход топлива в л/ч; $P_{\text{дв}}$ – мощность ДВС, кВт; g_e – удельный расход топлива, г/кВт·ч; ρ – плотность топлива, кг/м³, для дизельного топлива $\rho=850$ кг/м³.

График зависимости расхода топлива от мощности ДВС КС 218-255 т показан на рис. 19.

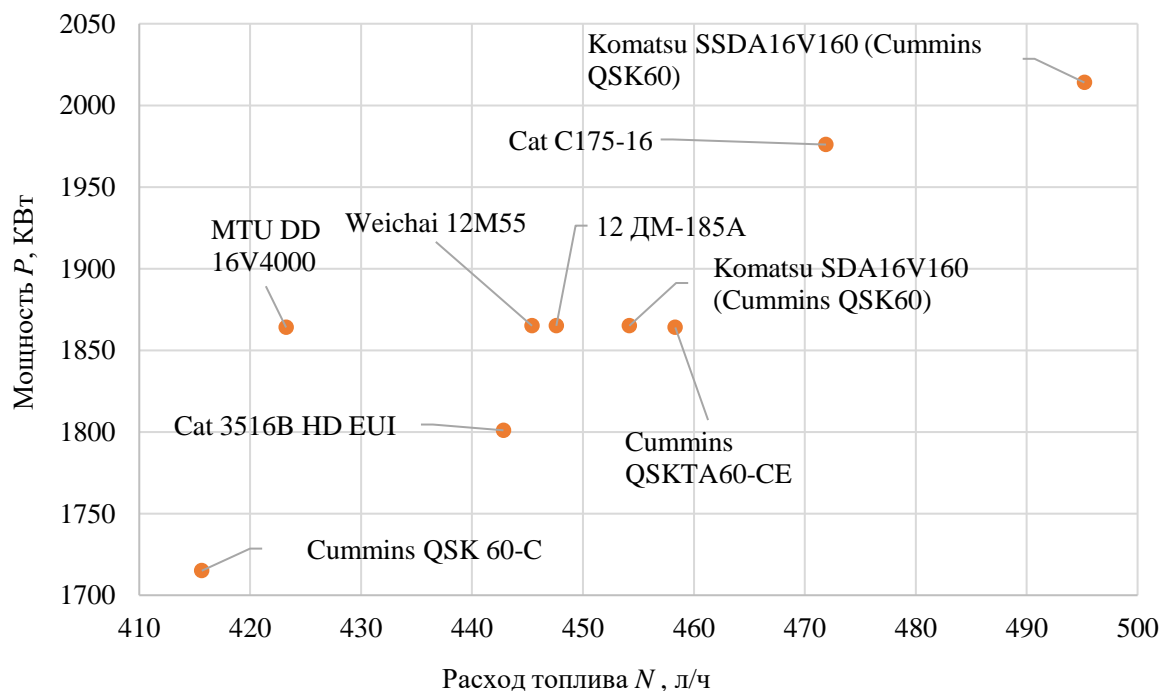


Рис.19. Зависимость расхода топлива от мощности ДВС.

Fig. 19. The dependence of fuel consumption on the power of the internal combustion engine.



Анализ графиков на рис. 14-19 показал, что:

- отечественный ДВС завода УДМЗ по своим характеристикам сопоставим с импортными аналогами;
- наиболее экономичным потреблением топлива обладают ДВС MTU;
- ДВС 12ДМ-185А и Weichai 12М55 имеют перспективные показатели и являются экономичными на единицу мощности.

Выводы

Двигатели производства УДМЗ 12ДМ-185 и Weichai 12М55 имеют сопоставимые с остальными рассматриваемыми ДВС характеристики, что говорит о возможности их использования на КС рассматриваемой грузоподъемности.

Среди перспективных разработок других отечественных производителей следует отметить Коломенский двигатель Д300, однако для его применения в составе КС необходимо проводить дополнительные исследования по совместной работе ДВС Д300 с тяговым электроприводом.

Одним из уязвимых мест разработки полезных ископаемых открытым способом в РФ является введение возможных санкций и эмбарго в отношении импорта как КС, так и комплектующих к ним. Исследования по производству ДВС и его компонентов показали, что двигатель и его системы – полностью и/или частично импортного производства. Последнее свидетельствует о необходимости развития производства в РФ как компонентов, так и ДВС для КС большой грузоподъемности.

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. Обоснование необходимости создания тяжелых платформ для открытых горных работ / Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 4(150). – С. 59-64. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64. – EDN AYBIKN.
2. Research of control algorithm of traction drive of a mining dump truck using simulation models of motion / A. S. Muravyev, V. A. Shishkina, N. V. Buzunov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: 3, Veliky Novgorod, 06–07 сентября 2021 года. – RUS: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012028. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012028.
3. 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. – 2021. – Vol. 2052. – P. 012001. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012001.
4. Дубинкин, Д. М. Перспективы высокотехнологичного производства карьерных самосвалов / Д. М. Дубинкин, Н. Н. Голофастова // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2022. – № 5. – С. 180-184. – EDN BJTWOD.
5. Разработка имитационной модели динамики карьерного автосамосвала для определения нагрузок, действующих на несущую систему и грузовую платформу при загрузке и разгрузке дисперсного груза / Д. М. Дубинкин, И. В. Чичекин, Я. Ю. Левенков, Г. А. Арутюнян // Горная промышленность. – 2021. – № 6. – С. 117-126. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-6-117-126. – EDN AFXCCN.
6. Эколого-экономическая оценка использования карьерных самосвалов / М. Л. Хазин, П. И. Тарасов, В. В. Фурзиков, А. П. Тарасов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. – № 7. – С. 85-94. – DOI 10.21440/0536-1028-2018-7-85-94.
7. Холод, Н. М. Снижение выбросов черного углерода карьерными самосвалами / Н. М. Холод, М. Эванс, В. С. Малышев // Горная промышленность. – 2015. – № 3(121). – С. 72.



8. Theoretical Features of Rope Shovels and Hydraulic Backhoes Using at Open Pit Mines / A. Strelnikov, S. Markov, L. Rattmann, D. Weber // E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 41. – P. 01003. – DOI 10.1051/e3sconf/20184101003. – EDN LXWLTN.
9. 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.
10. korabel.ru: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: https://www.korabel.ru/news/comments/uroven_lokalizacii_dm-185_dostig_92.html
11. Коммерсант; официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5158837>
12. Тарасов, П. И. Повышение ресурса карьерных самосвалов / П. И. Тарасов, М. Л. Хазин, В. В. Фурзиков // Горная промышленность. – 2019. – № 6(148). – С. 118-122. – DOI 10.30686/1609-9192-2019-6-148-118-122.
13. Гайворонский, А. И. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях / А. И. Гайворонский, В. А. Марков, Ю. В. Илатовский ; Открытое АО «Газпром», Информационно-рекламный центр газовой промышленности. – Москва: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 478 с.
14. Тарасов, П. И. Природный газ - перспективное моторное топливо карьерного автотранспорта для районов Севера / П. И. Тарасов, М. Л. Хазин, В. В. Фурзиков // Горная промышленность. – 2016. – № 6(130). – С. 51.
15. АО «Коломенский завод»: официальный сайт. – Коломна. – Обновляется в течение суток. – URL: https://www.kolomnadiesel.com/catalog/diesels/section_detail.php?SECTION_ID=17
16. Производители России: продукция и услуги: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://udmz.inni.info/produkt>.

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

Дубинкин Дмитрий Михайлович, канд. техн. наук, доцент
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

Ялышев Алексей Витальевич, студент гр. МРМ-211, младший научный сотрудник научного центра «Цифровые технологии»
e-mail: yalyshevav@kuzstu.ru

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

Арутюнян Георгий Артурович, канд. техн. наук, заместитель директора НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН»
e-mail: georgy.arut@bmstu.ru

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
Российская Федерация, 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, дом 5, стр. 1

Назаренко Сергей Владимирович, главный конструктор инновационных автомобилей
e-mail: georgy.arut@bmstu.ru

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



ANALYSIS AND PROSPECTS OF DOMESTIC INTERNAL COMBUSTION ENGINE APPLICATION FOR 240-TON AUTONOMOUS DUMP TRUCK

Dmitry M. Dubinkin¹, George A. Arutyunyan², Sergey V. Nazarenko³, Alexey V. Yalyshev¹

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

² Bauman Moscow State Technical University

³ KAMAZ PJSC



Article info

Received:

18 April 2022

Revised:

15 May 2022

Accepted:

24 May 2022

Keywords: quarry dump truck,
open pit mining, dump truck
design, dump truck engine,
reliability of quarry equipment,
efficiency of mining equipment

Abstract.

Mining and technical factors and increasing the depth of the quarry are some of the main reasons for the accumulation of exhaust gases of internal combustion engines and deterioration of the environmental situation in the quarry. This leads to stoppage of the production process and downtime of excavator-truck complexes, and as a result has a negative impact on the economy of the enterprise. When developing new dump trucks it is necessary to increase environmental friendliness and reduce fuel consumption at the same time. To date, the task of choosing the engine for autonomous dump trucks is relevant, and in the framework of ensuring import substitution is especially important analysis of domestic engines for the localization of production in Russia. In this article the engines for quarry dump trucks in the payload range of 218-255 tons are considered. Key indicators are defined, namely: fuel consumption, specific power per ton of transported cargo and specific power per total mass of the machine. Among dump trucks of 218-255 tons payload capacity there is on the average 8 kW/t power density per one ton of payload capacity. At full mass of dump trucks, the average value is 4,7 kW/t. The brief analysis of operating and perspective Russian engines for quarry dump trucks is resulted. The way of engine installation on the frame of the dump truck is considered. It is established that for the moment UDMZ engine is perspective for autonomous mine dump truck with 240 tons payload capacity.

For citation Dubinkin D., Arutyunyan G., Nazarenko S., Yalyshev A. (2022) Analysis and prospects of domestic internal combustion engine application for 240-ton autonomous dump truck, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 2(17):4. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-2-4-21

References

1. Dubinkin, D. M. Obosnovanie neobhodimosti sozdaniya tjazhelyh platform dlja otkrytyh gornyh rabot / D. M. Dubinkin // Gornoe oborudovanie i jelektromehanika. – 2020. – № 4(150). – S. 59-64. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64. – EDN AYBIKN.
2. Research of control algorithm of traction drive of a mining dump truck using simulation models of motion / A. S. Muravyev, V. A. Shishkina, N. V. Buzunov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: 3, Veliky Novgorod, 06–07 sentjabrja 2021 goda. – RUS: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012028. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012028.
3. 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. – 2021. – Vol. 2052. – P. 012001. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012001.
4. Dubinkin, D.M. Perspektivy vysokotekhnologichnogo proizvodstva kar'ernyh samosvalov / D.M. Dubinkin, N. N. Golofastova // Konkurentosposobnost' v global'nom mire: jekonomika, nauka, tehnologii. – 2022. – № 5. – S. 180-184. – EDN BJTWOD.
5. Razrabotka imitacionnoj modeli dinamiki kar'ernogo avtosamosvala dlja opredelenija nagruzok, dejstvujushhih na nesushhuju sistemu i gruzovuju platformu pri zagruzke i razgruzke dispersnogo gruzha / D. M.



- Dubinkin, I. V. Chichekin, Ja. Ju. Levenkov, G. A. Arutjunjan // Gornaja promyshlennost'. – 2021. – № 6. – S. 117-126. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-6-117-126. – EDN AFXCCN.
6. Jekologo-jekonomicheskaja ocenka ispol'zovanija kar'ernyh samosvalov / M. L. Hazin, P. I. Tarasov, V. V. Furzikov, A. P. Tarasov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal. – 2018. – № 7. – S. 85-94. – DOI 10.21440/0536-1028-2018-7-85-94.
7. Holod, N. M. Snizhenie vybrosov chernogo ugleroda kar'ernymi samosvalami / N. M. Holod, M. Jevans, V. S. Malyshev // Gornaja promyshlennost'. – 2015. – № 3(121). – S. 72.
8. Theoretical Features of Rope Shovels and Hydraulic Backhoes Using at Open Pit Mines / A. Strelnikov, S. Markov, L. Rattmann, D. Weber // E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 41. – P. 01003. – DOI 10.1051/e3sconf/20184101003. – EDN LXWLTN.
9. Otkrytye gornye raboty – XXI vek. Spravochnik. Tom 1. Anistratov Ju.I., Anistratov K.Ju. i drugie. Pod red. Anistratova K.Ju.: M., OOO «Sistema maksimum», 2019. 640 s.: il.
10. korabel.ru: oficial'nyj sajt. – Moskva. – Obnovljaetsja v techenie sutok. – URL: https://www.korabel.ru/news/comments/uroven_lokalizacii_dm-185_dostig_92.html
11. Kommersant; oficial'nyj sajt. – Moskva. – Obnovljaetsja v techenie sutok. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5158837>
12. Tarasov, P. I. Povyshenie resursa kar'ernyh samosvalov / P. I. Tarasov, M. L. Hazin, V. V. Furzikov // Gornaja promyshlennost'. – 2019. – № 6(148). – S. 118-122. – DOI 10.30686/1609-9192-2019-6-148-118-122.
13. Gajvoronskij, A. I. Ispol'zovanie prirodnogo gaza i drugih al'ternativnyh topliv v dizel'nyh dvigateljah / A. I. Gajvoronskij, V. A. Markov, Ju. V. Ilatovskij ; Otkrytoe AO «Gazprom», Informacionno-reklamnyj centr gazovoj promyshlennosti. – Moskva: OOO «IRC Gazprom», 2007. – 478 s.
14. Tarasov, P. I. Prirodnyj gaz - perspektivnoe motornoe toplivo kar'ernogo avtotransporta dlja rajonov Severa / P. I. Tarasov, M. L. Hazin, V. V. Furzikov // Gornaja promyshlennost'. – 2016. – № 6(130). – S. 51.
15. AO «Kolomenskij zavod»: oficial'nyj sajt. – Kolomna. – Obnovljaetsja v techenie sutok. – URL: https://www.kolomnadiesel.com/catalog/diesels/section_detail.php?SECTION_ID=17
16. Proizvoditeli Rossii: produkcija i uslugi: oficial'nyj sajt. – Moskva. – Obnovljaetsja v techenie sutok. – URL: <https://udmz.inni.info/produkt>.

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 M. Dubinkin, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

Alexey V. Yalyshev, Master Student, Junior Researcher, Digital Technology Research Center
e-mail: yalyshevav@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
Russian Federation, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Kemerovo, 28 Vesennyaya st.

George A. Arutyunyan, Ph.D. (Tech.), Deputy Director of KAMAZ-BAUMAN Science and Educational Centre
e-mail: georgy.arut@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University
Russian Federation, Moscow, 105005, 2nd Baumanskaya street, 5/1

Sergey V. Nazarenko, chief designer of innovative vehicles
e-mail: georgy.arut@bmstu.ru

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