

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 621.432

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-4-8

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЗАЗОРОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДИЗЕЛЯ НА ПУЛЬСАЦИИ ВО ВПУСКНОМ КОЛЛЕКТОРЕ

ЕГОРОВ ВЯЧЕСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ, аспирант

E-mail: vacmsk@gmail.com

ЧЕЧЕТ ВИКТОР АНАТОЛЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: d.chechet@list.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

Рассматривается влияние величины разрегулировки тепловых зазоров клапанного механизма тракторного дизеля Д-240 на угловое ускорение при разгоне коленчатого вала, часовой расход топлива и вид осциллограмм пульсаций абсолютного давления во впускном коллекторе. Экспериментальная установка включает в себя дизель трактора МТЗ-82, мотор-тестер MotoDoc III с датчиками регистрации низкого давления воздуха и пульсаций топлива в трубке высокого давления, индикатор мощности двигателя цифровой ИМД-Ц, цифровой расходомер топлива DFM-100. Величина номинального теплового зазора для всех клапанов установлена 0,25 мм. Проведено три эксперимента (без вмешательства в клапанный механизм, с номинальными тепловыми зазорами, с тепловыми зазорами существенно выше номинальных) и осуществлены замеры с установленным воздушным фильтром и без него. При правильной установке зазоров показатели углового ускорения и расхода топлива несколько изменяются, что может быть вызвано как увеличением воздухоподдачи в двигателе, так и приборной погрешностью. Полученные осциллограммы позволяют судить об их низкой информативности для оценки разрегулировки тепловых зазоров. При зазорах выше номинальных датчик пульсации трубки высокого давления фиксирует повторяющийся паразитный виброимпульс, который напрямую связан с ударными процессами в клапанном механизме. Экспериментально подтверждено, что более информативным для рассматриваемой неисправности является метод анализа виброакустических осциллограмм работы двигателя.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, дизель, техническая диагностика, впускной коллектор, клапанный механизм, газораспределительный механизм, тепловой зазор.

Формат цитирования: Егоров В.В., Чечет В.А. Оценка влияния тепловых зазоров газораспределительного механизма дизеля на пульсации во впускном коллекторе // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N 4(92). С. 4-8. DOI 10.34677/1728-7936-2019-4-4-8.

ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF DIESEL ENGINE VALVE CLEARANCE ON INTAKE MANIFOLD PRESSURE PULSATIONS

VYACHESLAV V. YEGOROV, postgraduate student

E-mail: vacmsk@gmail.com

VIKTOR A. CHECHET, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: d.chechet@list.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Timiryazev Academy; Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The paper considers the influence of the out-of-adjustment degree of a D-240 diesel engine valve clearance on angular acceleration at the crankshaft speedup, fuel consumption and a type of absolute pressure waveform in the intake manifold. The laboratory bench includes: a D-240 diesel engine of an MTZ-82 tractor, a MotoDoc III engine tester with a low air pressure sensor and a fuel pipe pulse detector, a digital engine power indicator IMD-C, and digital fuel flow meter DFM-100. The nominal valve clearance of 0.25 mm was set for all valves. The experiment involved three phases (without valve clearance control, with

nominal valve clearance values and with valve clearance values much higher than nominal) and two variants: with a mounted and dismantled air filter. The nominal valve clearance values give better acceleration and fuel consumption, which can be caused by both better air supply and the device inaccuracy. The waveforms obtained differ insignificantly, which can be attributed to their low practical utility for diagnosing the out-of-adjustment condition of valve clearances. However, the wider valve clearances cause an iterative echo vibration impulse, which is definitely related to impact processes in the valve mechanism. It has been experimentally proved that a method of analyzing vibro-acoustic waveforms of a running engine is more informative for detecting the considered defect.

Key words: internal combustion engine, diesel engine, technical diagnostics, intake manifold, valve mechanism, timing gear, valve clearance.

For citation: Yegorov V.V., Chechet V.A. Estimation of the influence of diesel engine valve clearance on intake manifold pressure pulsations. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 4(92): 4-8. (In Rus.). DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-4-8.

Введение. Широко обсуждаемый специалистами АПК и других отраслей переход к системе технического обслуживания и ремонта (ТОР) требует расширения спектра методов технического диагностирования. Главным образом это касается экспресс-методов, которые могут быть реализованы в оперативном режиме при проведении даже низших видов ТО. Опциональным, но крайне полезным фактором является отсутствие необходимости демонтажа каких-либо составных частей двигателя (его подраборки).

Одним из информативных диагностических показателей ДВС является абсолютное давление во впускном коллекторе и осциллограмма его пульсаций, возникающих при работе ДВС. Наиболее информативные режимы для данного показателя описаны в работе [1].

Специалистами проводятся как теоретические, так и экспериментальные исследования процессов во впускном коллекторе ДВС. К примеру, в работе [2] теоретически обоснованы диагностические показатели, характеризующие смещение фаз газораспределения. Авторами статьи [3] разработан и апробирован датчик давления, предназначенный для регистрации процессов во впускном коллекторе. Также диагностирование может осуществляться и бортовыми (встроенными) датчиками, например, для обнаружения неплотностей впускного коллектора [4]. Однако необходимо отметить, что не все бортовые электронные системы позволяют реализовать подобные варианты диагностирования [5].

Количество исследований диагностики дизелей в данной области крайне мало и исчисляется единицами. К примеру, в работе [6] произведено численное моделирование течения воздуха в элементах впускного коллектора дизеля, но данное исследование не относится непосредственно к процессу диагностирования.

Цель исследования – экспериментально подтвердить или опровергнуть зависимость формы осциллограммы пульсаций абсолютного давления во впускном коллекторе дизеля со свободным впуском от зазоров в клапанном механизме. Смещение фаз газораспределения (описанное для бензинового двигателя в работе [7]) рассматриваться не будет, поскольку построение исследуемого дизеля Д-240 по нижневальной схеме исключает появление подобной неисправности в процессе эксплуатации (смещение фазы возможно только при некорректном ремонте).

Материал и методы. Изменение зазоров в клапанном механизме может быть вызвано рядом причин, описанных в работе [8]. Общепринятой гипотезой является

утверждение, что разница зазоров для различных цилиндров приводит к изменению формы осциллограммы пульсаций абсолютного давления во впускном коллекторе [9].

Для экспериментальной работы используется тракторный дизель Д-240 (4С11/12.5) со свободным впуском, мощностью 59 кВт, заводской номер 430479, установленный на тракторе МТЗ-82. В качестве регистрирующих устройств использованы мотор-тестер MotoDoc III (для построения осциллограмм) с датчиками низкого давления воздуха и пульсации топливной трубки высокого давления; индикатор мощности двигателя цифровой ИМД-Ц, цифровой расходомер топлива DFM-100.

Определение и настройка зазоров в клапанном механизме производилась при помощи веерных шупов. Величина номинального теплового зазора для всех клапанов установлена 0,25 мм.

Для улучшения повторяемости опыта и ухода от необходимости подраборки двигателя датчик давления в первом варианте проведения опыта опускается непосредственно в приёмную трубу фильтра тонкой очистки воздуха. Сопротивление фильтра, являющееся, согласно данным работы [10], основным элементом суммарного сопротивления системы впуска, сглаживает пульсации осциллограммы.

Во втором варианте датчик помещается во впускной коллектор при снятом фильтре очистки воздуха. Данный вариант установки датчика отличается большей трудоёмкостью, однако даёт (по причинам, указанным выше) более точную осциллограмму пульсаций во впускном коллекторе.

Результаты и обсуждение. Данные трех последовательных экспериментов приведены в таблице. Поскольку значения тепловых зазоров определяются и настраиваются на холодном двигателе, выдержка между экспериментами составила 24 часа. Номера цилиндров в таблице имеют обратный порядок, так как настройка клапанного механизма производится с правой стороны трактора, и первый цилиндр, соответственно, находится по правую руку от механика.

Угловое ускорение разгона коленчатого вала (пропорциональное эффективной мощности дизеля) определено прибором ИМД-Ц, а часовой расход топлива – расходомером.

Данные показатели несколько изменяются при правильной регулировке зазоров. Это может быть вызвано как более полным наполнением цилиндров, так и приборной погрешностью, поскольку разница показателей невелика.

Полученные осциллограммы показаны на рисунке.

Результаты измерений

Measurement results

№ опыта	Зазоры, мм								Показатель	
	4-й цилиндр		3-й цилиндр		2-й цилиндр		1-й цилиндр		Угловое ускорение разгона коленчатого вала, ϵ , рад/с ²	Часовой расход топлива, Q_T , л/ч
	вып	вп	вп	вып	вып	вп	вп	вып		
1	0,25	0,30	0,25	0,40	0,30	0,50	0,50	0,50	150,2	5,0
2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	147,1	4,7
3	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	1,00	0,25	0,25	147,3	4,9

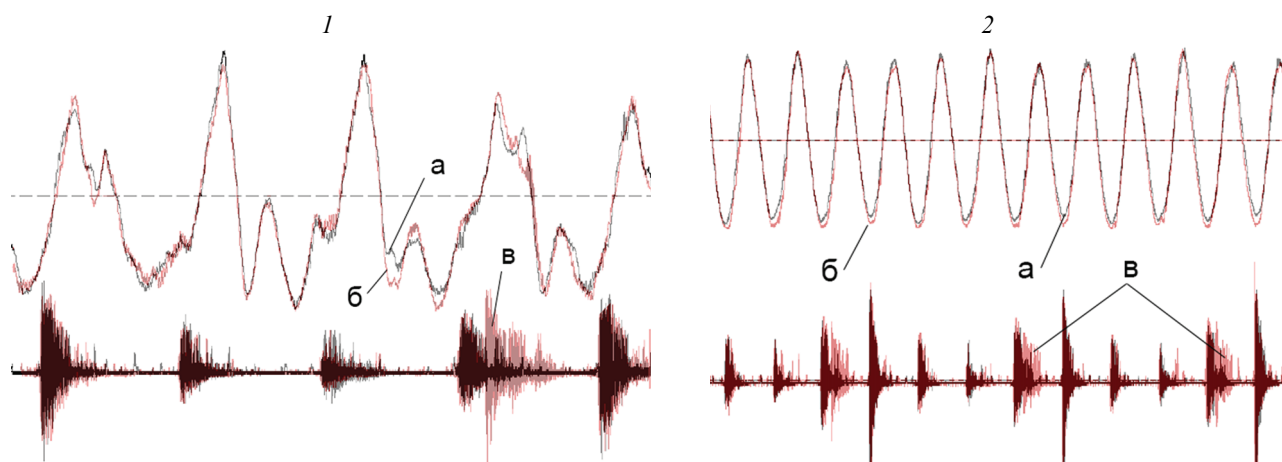


Рис. Экспериментально полученные осциллограммы:

1 – фильтр установлен; 2 – фильтр снят: а – правильная настройка зазоров, б – разрегулировка зазоров, в – пульсации, полученные с датчика на топливопроводе к форсунке четвертого цилиндра

Fig. Experimentally obtained waveforms:

1 – an air filter is mounted; 2 – an air filter is dismantled: a – correct adjustment of valve clearances, б – an out-of-adjustment condition of valve clearances, в – waveforms obtained from a sensor on the fuel line to the fourth cylinder fuel injector

Сравнительный анализ осциллограмм показывает, что их отличия минимальны. Следовательно, приведённая в работе [9] осциллограмма пульсаций при разрегулировке клапанного механизма применима не во всех случаях, и для каждого типа двигателя её правомочность должна подтверждаться индивидуально. Различные же амплитуды вершин осциллограммы для разных цилиндров могут свидетельствовать как о разнице давлений сжатия, так и быть следствием неравномерности распределения воздуха по цилиндрам [11, 12].

Необходимо обратить внимание на паразитный виброимпульс (в), представленный на рисунке. Он обнаруживается при разрегулировке зазоров впускных клапанов 4 и 2 цилиндров до величины 1 мм и повторялся как в первом варианте эксперимента, так и при последующих запусках двигателя с указанными зазорами. Данный виброимпульс связан с ударными процессами в клапанном механизме 4-го цилиндра, что позволяет сделать вывод о том, что более информативными для диагностики зазоров являются виброакустические показатели работы двигателя, что также подтверждается в работе [13].

Выводы

Осциллограмма пульсаций абсолютного давления во впускном коллекторе является информативным диагностическим показателем разрегулировки тепловых зазоров клапанного механизма не для всех ДВС; в частности, для дизеля Д-240 её информативность крайне мала. Более оптимальным для данных целей является анализ виброакустических характеристик работы двигателя.

Библиографический список

1. Бабошин А.А., Косарев А.С., Малышев В.С. Оценка технического состояния двигателей внутреннего сгорания по давлению во впускном и выпускном коллекторах // Вестник МГТУ. 2013. Том 16. № 1. С. 23-32.
2. Федотов А.И., Федоров А.Л. Определение начального положения распределительного вала двигателя по изменению давления во впускном коллекторе // Вестник ОГУ. 2011. № 10 (129). С. 146-150.
3. Иванова Н.В., Белов А.Б. Функциональное диагностирование клапанной группы газораспределительного

механизма двигателя // Научные труды Дальрыбвтуза. 2011. Том 23. С. 113-117.

4. Qadeer Ahmed, Aamer Iqbal, Imtiaz Taj, Khubaib Ahmed. Gasoline engine intake manifold leakage diagnosis/prognosis using hidden Markov model. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*. Volum 8. Number 7(A). July 2012. Pp. 4661-4674.

5. Егоров В.В. Область применения бортовой диагностики самоходных транспортных средств // Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 100-летию И.С. Шатилова: Материалы конференции. Москва, 2017. С. 295-297.

6. Хандримайлов А.А., Солодов В.Г. Структура течения воздушного заряда в цилиндре дизеля на такте впуска и сжатия // Двигатели внутреннего сгорания. 2006. № 1. С. 89-93.

7. Кузнецов В.Н., Беляев В.И., Мельников Ф.П. Влияние фаз газораспределения на изменение давления во впускном коллекторе многоцилиндрового двигателя // Вестник АГАУ. 2014. № 12 (122). С. 137-141.

8. Гребенников С.А., Гребенников А.С., Федоров Д.В. Неравномерность технического состояния элементов механизма газораспределения двигателя внутреннего сгорания // Вестник СГТУ. 2011. № 2 (58). С. 24-31.

9. Чечет В.А., Левшин А.Г., Скороходов А.Н., Егоров В.В. Основные положения системной диагностики машин // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2018. № 6 (88). С. 51-55. DOI: 10.34677/1728-7936-2018-6-51-55

10. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Граков Ф.Н. и др. Диагностирование системы впуска автомобильных двигателей внутреннего сгорания методами тестового диагностирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 8. С. 1053-1057.

11. Жолобов Л.А., Суворов Е.А. Аэродинамические исследования впускной системы бензинового двигателя // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 4.

12. Тихонов Р.А. Исследование и оптимизация скорости воздушных потоков в газовых трактах двигателей внутреннего сгорания // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. № 3. С. 194-199.

13. Лавриненко О.В. Определение информативных параметров для системы диагностики газораспределительного механизма ДВС // Вестник НТУ ХПИ. 2014. № 62 (1104). С. 87-94.

References

1. Baboshin A.A., Kosarev A.S., Malyshev V.S. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya dvigateley vnutrennego sgoraniya po davleniyu vo vpusknom i vypusknom kollektorakh [Estimation of the technical condition of internal combustion engines with a pressure in intake and exhaust manifolds]. *Vestnik MGTU*, 2013; 16 (1): 23-32. (In Rus.)

2. Fedotov A.I., Fedorov A.L. Opredeleniye nachal'nogo polozheniya raspredelitel'nogo vala dvigatelya po izmeneniyu davleniya vo vpusknom kollektore [Finding a start position of an engine camshaft by a pressure change in the intake manifold]. *Vestnik OGU*, 2011; 10 (129): 146-150. (In Rus.)

3. Ivanova N.V., Belov A.B. Funktsional'noye diagnostirovaniye klapannoy gruppy gazoraspredeitel'nogo mekhanizma dvigatelya [Functional diagnostics of a valve group of an engine timing gear]. *Nauchnye trudy Dal'rybvтуza*, 2011; 23: 113-117. (In Rus.)

4. Qadeer Ahmed, Aamer Iqbal, Imtiaz Taj, Khubaib Ahmed. Gasoline engine intake manifold leakage diagnosis/prognosis using hidden Markov model. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 2012, no.7(A), vol. 8. Pp. 4661-4674. (In English)

5. Yegorov V.V. Oblast' primeneniya bortovoy diagnostiki samokhodnykh transportnykh sredstv [Application area of the onboard diagnostics of self-propelled vehicles]. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya molodykh uchyonykh i spetsialistov, posvyashchennaya 100-letiyu I.S. Shatilova*. Materialy konferentsii, Moskva, 2017: 295-297. (In Rus.)

6. Khandrimaylov A.A., Solodov V.G. Struktura techeniya vozdushnogo zaryada v tsilindre dizelya na takte vpuska i szhatiya [Structure of an air charge flow in an engine cylinder on intake and compression strokes]. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*, 2006; 1: 89-93. (In Rus.)

7. Kuznetsov V.N., Belyayev V.I., Mel'nikov F.P. Vliyaniye faz gazoraspredeleeniya na izmeneniye davleniya vo vpusknom kollektore mnogotsilindrovogo dvigatelya [Influence of timing phases on the intake manifold pressure in a multi-cylinder engine]. *Vestnik AGAU*, 2014; 12 (122): 137-141. (In Rus.)

8. Grebennikov S.A., Grebennikov A.S., Fedorov D.V. Neravnomernost' tekhnicheskogo sostoyaniya elementov mekhanizma gazoraspredeleeniya dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Technical condition non-uniformity of timing gear elements of an internal combustion engine]. *Vestnik SGTU*, 2011; 2 (58): 24-31. (In Rus.)

9. Chechet V.A., Levshin A.G., Skorokhodov A.N., Yegorov V.V. Osnovnyye polozheniya sistemnoy diagnostiki mashin [Fundamentals of the systematic diagnostics of machines]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2018; 6(88): 51-55. DOI: 10.34677/1728-7936-2018-6-51-55. (In Rus.)

10. Plaksin A.M., Gritsenko A.V., Grakov F.N. et al. Diagnostirovaniye sistemy vpuska avtomobil'nykh dvigateley vnutrennego sgoraniya metodami testovogo diagnostirovaniya [Test diagnostics of the intake system of internal combustion engines used in vehicles]. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2014; 8: 1053-1057. (In Rus.)

11. Zholobov L.A., Suvorov Ye.A. Aerodinamicheskiye issledovaniya vpusknoy sistemy benzinovogo dvigatelya [Aerodynamic tests of a gasoline engine intake system]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013; 3: 4. (In Rus.)

12. Tikhonov R.A. Issledovaniye i optimizatsiya skorosti vozdushnykh potokov v gazovykh traktakh dvigateley vnutrennego sgoraniya [Study and optimization of the air flow speed in gas manifolds of internal combustion engines]. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskkiye nauki*, 2011; 3: 194-199. (In Rus.)

13. Lavrinenko O.V. Opredeleniye informativnykh parametrov dlya sistemy diagnostiki gazoraspredeitel'nogo mekhanizma DVS [Determining informative parameters for a diagnosing system of the ICE timing gear]. *Vestnik NTU KHPI*, 2014; 62(1104): 87-94. (In Rus.)

Критерии авторства

Егоров В.В., Чечет В.А. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Егоров В.В., Чечет В.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 16.04.2019

Опубликована 22.08.2019

Contribution

Yegorov V.V., Chechet V.A. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Yegorov V.V., Chechet V.A. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on April 16, 2019

Published 22.08.2019

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 629.1.04

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-8-13

ИССЛЕДОВАНИЕ БУКСОВАНИЯ, КПД ДИФФЕРЕНЦИАЛА И ДВИЖИТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ ГАЗ-3302

ГОРШКОВ ЮРИЙ GERMANOVICH, докт. техн. наук, профессор¹

E-mail: esch2070@mail.ru

ЗОЛОТЫХ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, канд. техн. наук, доцент²

E-mail: starfruitworks@gmail.com

ЩИГОЛЕВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ³

E-mail: sergeysch127@mail.ru

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет; ул. Гагарина, 13, г. Троицк, 457100, Челябинская область, Российская Федерация

² Частное образовательное учреждение дополнительного образования «Золотерра»; ул. Коммуны, 133, Челябинск, 454080, Российская Федерация

³ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

Проанализированы основные недостатки использования простых шестеренчатых дифференциалов в условиях поверхностей с малой несущей способностью, характерных для транспортной сети сельского хозяйства. Конструктивное несовершенство таких дифференциалов приводит к различным отрицательным явлениям при движении автомобилей в сложных дорожных условиях. На примере грузового автомобиля ГАЗ-3302 рассмотрено влияние величины буксования автомобиля на эффективность его использования с точки зрения коэффициентов полезного действия дифференциала и пневматического колесного движителя. С помощью специального комплекса приборов установлено, что при одинаковых условиях испытания уменьшение вертикальной нагрузки на ось приводит к увеличению коэффициента раздельного буксования. Применение запатентованного механизма автоматической блокировки дифференциала на автомобиле ГАЗ-3302 позволяет снизить значение коэффициента раздельного буксования на различных типах несущих поверхностей в среднем от 15 до 22%. Установлено, что потери коэффициента полезного действия движителя, применительно к автомобилю ГАЗ-3302, составляют 11,6...18,4%, в зависимости от условий эксплуатации по сцеплению и степени загруженности транспортного средства. Анализируя результаты экспериментальных исследований, можно заключить, что потери КПД движителя колесной машины неразрывно связаны с величиной раздельного буксования ведущих колес. Сделан вывод о необходимости дальнейшего совершенствования систем и приборов для исследования буксования и КПД движителя с целью более точного их определения.

Ключевые слова: грузовой автомобиль, дифференциал, буксование, коэффициент полезного действия, блокировка дифференциала, несущая поверхность, тягово-сцепные качества.

Формат цитирования: Горшков Ю.Г., Золотых С.В., ЩигOLEV С.В. Исследование буксования, КПД дифференциала и движителя автомобиля ГАЗ-3302 // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N 4(92). С. 8-13. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-4-8-13.