

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 629.3.083

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_4_84

Исследование причин деформации поверхности плоскости сопряжения блока цилиндров двигателей производства Заволжского моторного завода

Леонид Олегович Круш^{1✉}, Дмитрий Александрович Галин²

^{1, 2}Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

¹leonidsgrants@yandex.ru[✉]

Аннотация. Представлены результаты анализа причин возникновения деформации привалочных плоскостей сопряжения блока цилиндров с головкой блока цилиндров на автотранспортных средствах с двигателями производства Заволжского моторного завода. При проведении технического обслуживания и ремонта двигателей грузовых автотранспортных средств со снятием головки блока цилиндров в первую очередь необходимо диагностировать деформационные явления на поверхности плоскости блока двигателя, при этом принципиальным является выявление причин. Для определения причин возникновения деформации поверхности плоскости блока двигателя были отобраны автомобильные двигатели в количестве 36 единиц. Первичное исследование проводилось в условиях участков технического обслуживания и ремонта на предприятиях агропромышленного комплекса, при котором было выявлено, что в результате эксплуатационных нагрузок на двигателях, изготовленных из сплавов алюминия, возникновение деформации поверхности плоскости сопряжения блока двигателя происходит чаще, чем на двигателях, изготовленных из серого чугуна. При этом также выявлено, что на двигателях из серого чугуна чаще происходит возникновение трещин в блоке двигателя. Для определения причин возникновения деформации поверхности плоскости сопряжения блока двигателя были выбраны 10 двигателей, которые имели деформации на этом участке. Выявлены основные причины возникновения деформации поверхности плоскости сопряжения блока двигателя, к которым относятся: перегрев двигателя (7 случаев из 10), нарушение технологии технического обслуживания (2 случая из 10), разрушение блока двигателя (1 случай из 10). По результатам исследования составлены рекомендации по предотвращению возникновения деформационных явлений поверхности плоскости сопряжения блока цилиндров двигателя автомобилей.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, эксплуатационные нагрузки, Заволжский моторный завод (ЗМЗ), плоскость сопряжения, блок цилиндров

Для цитирования: Круш Л.О., Галин Д.А. Исследование причин деформации поверхности плоскости сопряжения блока цилиндров двигателей производства Заволжского моторного завода // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 15, № 4(75). С. 84–89. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_84–89.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Analysis of causes of deformation of the interface plane surface of engine cylinder block manufactured by Zavolzhye Engine Factory

Leonid O. Krush^{1✉}, Dmitry A. Galin²

^{1, 2}National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

¹leonidsgrants@yandex.ru[✉]

Abstract. The paper is devoted to the study of the causes of deformation of the interface plane surfaces of engine cylinder block with cylinder head group of motor vehicles with engines produced by Zavolzhye Engine Factory. When carrying out maintenance and repair of engines of cargo vehicles with the removal of the cylinder head, it is necessary to diagnose deformation phenomena on the interface plane surfaces of engine cylinder block. The main principle in the maintenance and repair of car engines is to diagnose the causes. To determine the causes of deformation of the interface plane surfaces of engine cylinder block the authors selected different car engines in the amount of 36 units. The initial study was conducted in the conditions of maintenance and repair sites at the enterprises of Agro-Industrial Complex. It was revealed that as a result of operational loads on engines made of aluminum alloys, the occurrence of deformation of the interface plane surface of engine block occurs more often than on engines made of gray cast iron. At the same time, it was also revealed that cracks in engine block occur more often on engines made of gray cast iron. To determine the causes of deformation of the interface plane surfaces of engine cylinder block, 10 engines were selected, on which deformations were detected in this area.

As a result of the investigation, the main causes of deformation were identified, which include: engine overheating (7 cases out of 10), violation of maintenance technology (2 cases out of 10), destruction of engine block (1 case out of 10). Based on the results of the study, recommendations were made to prevent the occurrence of deformation phenomena of the interface plane surfaces of engine cylinder block.

Keywords: internal combustion engine, operational loads, Zavolzhye Engine Factory (ZEF), interface plane, cylinder block

For citation: Krush L.O., Galin D.A. Analysis of causes of deformation of the interface plane surface of engine cylinder block manufactured by Zavolzhye Engine Factory. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(4):84-89. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_84-89.

Введение
Автотранспортные средства в условиях предприятий агропромышленного комплекса испытывают эксплуатационные нагрузки, которые являются причиной возникновения различных неисправностей в двигателях внутреннего сгорания. При диагностировании неисправностей одной из главных задач является выявление причин, которые могут спровоцировать неисправности в двигателях внутреннего сгорания, применяемых на автотранспортных средствах, эксплуатируемых в сложных производственных условиях сельскохозяйственных предприятий.

Целью исследования является выявление основных причин возникновения деформации привалочных плоскостей поверхности сопряжения блока цилиндров с головкой блока цилиндров в результате эксплуатационных нагрузок.

Наиболее эксплуатационно-нагруженными в сезоны сбора урожая на предприятиях агропромышленного комплекса являются:

1) уборочная техника, представленная комбайнами для уборки урожая и авто-тракторными транспортными средствами;

2) транспортные средства, осуществляющие доставку собранного урожая к месту хранения или сдачи;

3) техника, осуществляющая дозаправку топливом в полевых условиях.

Применяемые на данных транспортных средствах и спецтехнике двигатели представлены марками ЯМЗ (Ярославский моторный завод), ММЗ (Минский моторный завод) и ЗМЗ (Заволжский моторный завод).

Методика эксперимента

Для проведения исследования причин возникновения деформаций привалочных плоскостей сопряжения блока цилиндров с головкой блока цилиндров на автотранспортных средствах с двигателями, изготовленными из сплавов алюминия и серого чугуна, были выбраны марки следующих транспортных средств [4–7]:

1) КамАЗ 5511, 5320 с двигателем ЯМЗ-236;

2) МАЗ 5551 с двигателем ЯМЗ-236;

3) ГАЗ 3307, 3309, ГАЗон Next, ГАЗель Next с двигателями ЗМЗ-511, ЗМЗ-523, ММЗ-245, Cummins ISF 3.8, ЯМЗ-530, УМЗ Evotech 2.7.

Исследование проводилось в условиях предприятий агропромышленного комплекса в процессе проведения текущего ремонта, капитального ремонта и технического обслуживания.

Применялись технологии и технологическое оборудование для диагностирования систем двигателя и двигателей автотранспортных средств, к которым относятся измерительные устройства для определения плоскости поверхности блока, устройства для определения наличия трещин по методу ультразвукового диагностирования блока двигателя. Для определения причин возникновения применялось диагностическое оборудование, к которому относятся: устройства для определения негерметичностей в замкнутых системах автомобилей, электронное диагностическое оборудование (мультиметрическое измерительное оборудование, осциллограф, диагностический сканер) [2–4, 7–10].

В таблице 1 представлено количественное соотношение исследуемых транспортных средств.

Таблица 1. Количество исследуемых автомобилей с распределением по применяемым двигателям различных марок

Марка	Двигатель	Количество, ед.
КамАЗ 5320	ЯМЗ-236	5
КамАЗ 5511	ЯМЗ-236	4
МАЗ 5551	ЯМЗ-236	1
ГАЗ 3307	ЗМЗ-511, ЗМЗ-523	15
ГАЗ 3309	ММЗ-245	4
ГАЗон Next	Cummins ISF 3.8, ЯМЗ-530	4
ГАЗель Next	Cummins ISF 2.8, УМЗ Evotech 2.7	3

Результаты и их обсуждение

Проведенное первичное исследование возникновения деформаций поверхности плоскости сопряжения блока цилиндров с головкой блока цилиндров показало, что количество деформаций блоков двигателей, изготовленных из сплава алюминия, больше, чем блоков двигателей, изготовленных из серого чугуна (рис. 1).

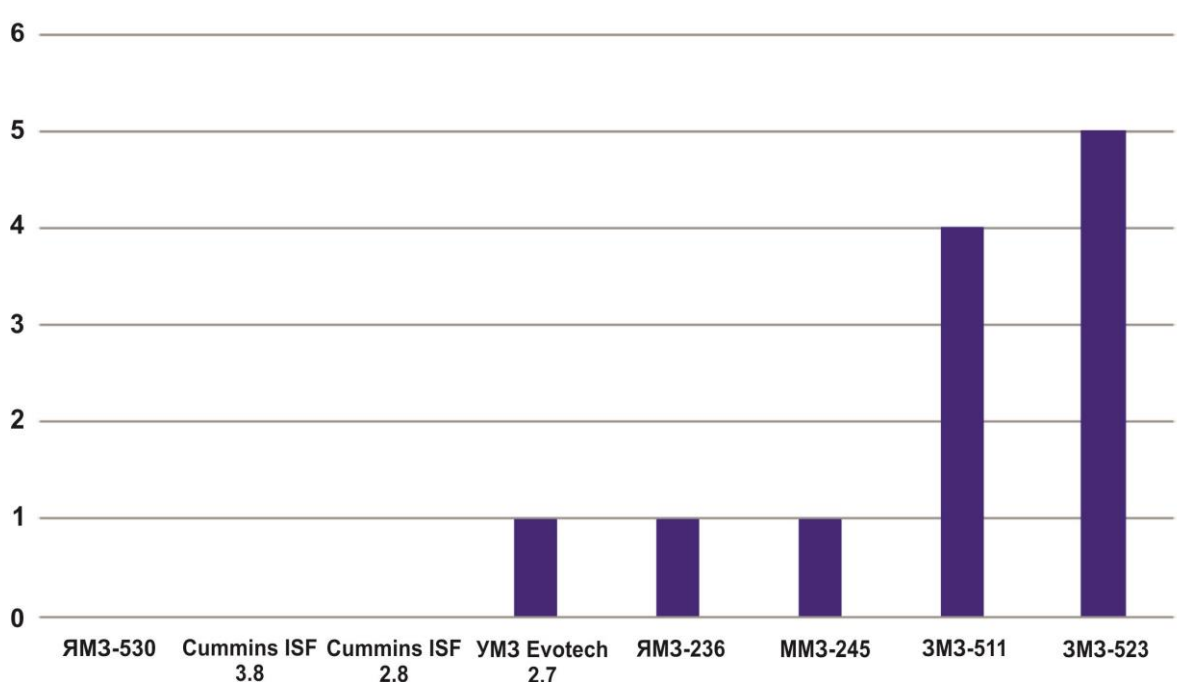


Рис. 1. Диаграмма распределения выявленной деформации блока двигателя

По результатам анализа полученных данных был сделан вывод, что деформации поверхности плоскости сопряжения блока цилиндров с головкой блока цилиндров возникают чаще на автотранспортных средствах, блоки двигателей которых изготовлены из сплава алюминия. Деформации блока цилиндров, изготовленных из серого чугуна, имели место всего в 2 случаях из всех выявленных.

В результате первичного исследования и выявления транспортных средств с вероятностью возникновения деформации блока двигателя были выбраны 9 из 15 грузовых автомобилей марки ГАЗ 3307 с двигателями ЗМЗ-511, ЗМЗ-523 и 1 из 3 грузовых автомобилей марки ГАЗель Next.

На втором этапе исследовали двигатели ЗМЗ-511, ЗМЗ-523, УМЗ Evotech 2.7, применяемые на грузовых автомобилях марок ГАЗ 3307 и ГАЗель Next, эксплуатируемых в сложных производственных условиях сельскохозяйственных предприятий.

Высокие эксплуатационные нагрузки приводят к возникновению деформационных сил в области сопряжения поверхности плоскости блока двигателя с головкой блока цилиндров. Результаты исследования причин возникновения деформации привалочных плоскостей сопряжения блока цилиндров с головкой блока цилиндров на автотранспортных средствах с двигателями производства ЗМЗ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты проведенного исследования

№ опыта	Двигатель (марка, серия)	Причина возникновения деформации поверхности
1	ЗМЗ-523	Перегрев двигателя в результате разгерметизации системы охлаждения двигателя
2	ЗМЗ-523	Перегрев двигателя в результате разрушения термостата системы охлаждения
3	ЗМЗ-511	Нарушение технологии технического обслуживания двигателя при проведении ТО
4	ЗМЗ-511	Деформация в результате многочисленных перегревов двигателя по причине нарушения условий эксплуатации транспортного средства
5	ЗМЗ-523	Перегрев двигателя в результате разгерметизации системы охлаждения двигателя
6	ЗМЗ-523	Нарушение технологии сборки двигателя при ремонте автотранспортного средства
7	ЗМЗ-511	Возникновение микротрещин на привалочной плоскости
8	ЗМЗ-511	Перегрев двигателя в результате нарушения условий эксплуатации
9	УМЗ Evotech 2.7	Перегрев двигателя в результате разрушения пьезоэлемента датчика температуры
10	ЗМЗ-523	Перегрев двигателя в результате разгерметизации системы охлаждения двигателя

По представленным в таблице 2 результатам построена диаграмма распределения по причинам возникновения деформации привалочных плоскостей сопряжения блока цилиндров с головкой блока цилиндров на автотранспортных средствах с двигателями производства Заволжского моторного завода (рис. 2).

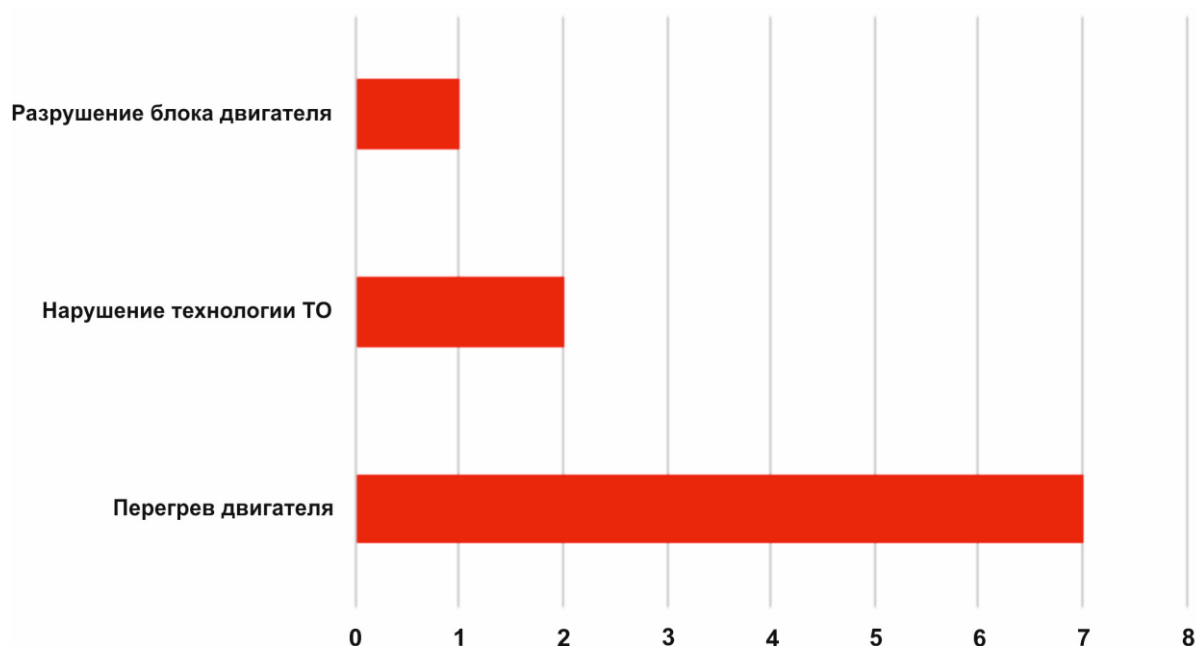


Рис. 2. Диаграмма распределения

В результате анализа полученных данных по таблице 2 и рисунку 2 можно сделать вывод, что чаще возникают деформации привалочных плоскостей сопряжения блока цилиндров с головкой блока цилиндров на автотранспортных средствах с двигателями производства ЗМЗ по причине значительного перегрева двигателя. Наиболее частой причиной перегрева двигателя ЗМЗ-511 и ЗМЗ-523 является нарушение герметичности системы охлаждения.

При этом основной неисправностью, возникающей при критическом перегреве двигателя на дизельных двигателях марок ММЗ (серия – 240), ЯМЗ-236, 238, 240 и Cummins ISF, является возникновение трещин в блоке по причине особенностей структуры серого чугуна, из которого изготавливаются блоки двигателей, работающих на дизельном топливе.

Для предотвращения возникновения перегревов двигателей марки ЗМЗ предлагается проводить техническое обслуживание систем охлаждения, системы питания двигателя, электронной системы управления двигателем, для чего необходимо иметь дополнительное технологическое оборудование для диагностирования неисправностей, контроля технического состояния автомобилей и технического обслуживания при эксплуатации автотранспортных средств в условиях предприятий агропромышленного комплекса [1, 8–10].

Выводы

В результате проведенного исследования был сделан вывод, что деформационные явления возникают чаще всего в двигателях, блоки цилиндров которых изготовлены из алюминиевых сплавов. При этом у блоков двигателей, изготовленных из серого чугуна, явление деформации проявляется в меньшей степени, что говорит о возможности воздействия более высокими эксплуатационными нагрузками на блоки двигателей, изготовленных из серого чугуна.

Наиболее частой причиной возникновения деформации привалочных плоскостей сопряжения блока цилиндров с головкой блока цилиндров на автотранспортных средствах с двигателями ЗМЗ-511 и ЗМЗ-523 является перегрев в результате разгерметизации системы охлаждения двигателя.

Список источников

1. Денисов В.П., Домбровский А.П., Домбровская О.О. Апробация способа устранения перегрева двигателя внутреннего сгорания путем пульсирующего изменения скорости теплоносителя в системе охлаждения // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2014. № 2(36). С. 13–17.
2. Круш Л.О., Галин Д.А. Анализ неисправностей системы топливоподачи автомобилей с электронной системой управления двигателем // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: сборник статей XIV Международной научно-практической конференции (Пенза, 26–27 ноября 2020 г.). Пенза: Пензенский ГАУ, 2020. С. 28–31.
3. Круш Л.О., Галин Д.А. Разработка устройства для поиска неисправностей замкнутых систем автомобиля // XLVIII Огарёвские чтения: материалы научной конференции: в 3 ч. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2020. Ч. 1. Технические науки. С. 369–376.
4. Носов В.В. Диагностика машин и оборудования: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург: Лань, 2012. 384 с.
5. Хендерсон Б., Хейнес Дж.Х. OBD-II и Электронные системы управления двигателем. Руководство по обслуживанию, диагностике и ремонту систем управления двигателем; перевод с англ. Санкт-Петербург: Алфамер Паблишинг, 2011. 245 с.
6. Электронное управление дизельными двигателями: учебное пособие; перевод с немецкого. Москва: Легион-Автодата, 2006. 96 с.
7. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля: учебное пособие. Самара: Самарский государственный технический ун-т, 2009. 122 с.
8. Dadam S.R., Jentz R., Ienzen T., Meissner H. Diagnostic Evaluation of Exhaust Gas Recirculation (EGR) System on Gasoline Electric Hybrid Vehicle // Conference: WCX SAE World Congress Experiences. 2020-April. DOI: 10.4271/2020-01-0902.
9. Kihlas D., Pachner D., Baramov L. et al. Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation // Conference: SAE 2016 World Congress and Exhibition. 2016-April. DOI: 10.4271/2016-01-0611.

10. Mirmohammadsadeghi M., Zhao H., Ito A. Optical study of gasoline substitution ratio and diesel injection strategy effects on dual-fuel combustion // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2019. Vol. 234(4). Pp. 1075–1097. DOI: 10.1177/0954407019864013.

References

1. Denisov V.P., Dombrovskiy A.P., Dombrovskaya O.O. Aprobatsiya sposoba ustraneniya peregreva dvigatelya vnutrennego sgoraniya putem pul'sirujushchego izmeneniya skorosti teplonositeya v sisteme okhlazhdeniya [Approbation of the method of elimination of overheating of the engine of internal combustion by pulsating change the speed of the coolant in the cooling system]. *Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii = The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2014;2(36):13-17. (In Russ.).
2. Krush L.O., Galin D.A. Analiz neispravnostej sistemy toplivopodachi avtomobilej s elektronnoj sistemoj upravlenija dvigatelem [Analysis of failures of fuel supply system of vehicles with an electronic engine control system]. *Perspektivnye napravlenija razvitija avtotransportnogo kompleksa: sbornik statej XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Penza, 26-27 nojabrja 2020 g.)* [Promising directions of development of the motor transport complex: collection of articles of the XIV International Scientific and Practical Conference (Penza, November 26-27, 2020)]. Penza: Penza State Agrarian University Press; 2020:28-31. (In Russ.).
3. Krush L.O., Galin D.A. Razrabotka ustrojstva dlja poiska neispravnostej zamknutykh sistem avtomobilya [Development of the device for fault finding of the closed systems of the car]. *XLVIII Ogarevskie chteniya: materialy nauchnoj konferentsii. V 3 chastyakh. Chast' 1. Tekhnicheskie nauki* [XLVIII Ogarev's Readings: Proceedings of scientific conference: in 3 parts. Part 1. Engineering Sciences]. Saransk: Mordovia State University Press. 2020:369-376. (In Russ.).
4. Nosov V.V. Diagnostika mashin i oborudovaniya: uchebnoe posobie. 2-e izd., ispr. i dop. [Diagnostics of machinery and equipment: textbook. 2nd edition, revised and corrected]. St. Petersburg: Lan'; 2012. 384 p. (In Russ.).
5. Henderson B., Haynes J.H. OBD-II i Elektronnye sistemy upravlenija dvigatelem. Rukovodstvo po obsluzhivaniyu, diagnostike i remontu sistem upravlenija dvigatelem [OBD-II & Electronic Engine Management Systems Manual (The Haynes Automobile Repair Manual for understanding, troubleshooting and repairing engine management system)]. California: Haynes North Americ, Inc.; 2006. 248 p. (In Russ.).
6. Elektronnoe upravlenie dizel'nymi dvigatelyami: uchebnoe posobie; perevod s nemetskogo [Electronic control of diesel engines: textbook; translated from German]. Moscow: Legion-Avtodata; 2006. 96 p. (In Russ.).
7. Yakovlev V.F. Diagnostika elektronnykh sistem avtomobilya: uchebnoe posobie [Diagnostics of electronic systems of the car: textbook]. Samara: Samara State Technical University Press; 2010. 122 p. (In Russ.).
8. Dadam S.R., Jentz R., Ienzen T., Meissner H. Diagnostic Evaluation of Exhaust Gas Recirculation (EGR) System on Gasoline Electric Hybrid Vehicle. Conference: WCX SAE World Congress Experiences. 2020-April. DOI: 10.4271/2020-01-0902.
9. Kihass D., Pachner D., Baramov L. et al. Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation. Conference: SAE 2016 World Congress and Exhibition. 2016-April. DOI: 10.4271/2016-01-0611.
10. Mirmohammadsadeghi M., Zhao H., Ito A. Optical study of gasoline substitution ratio and diesel injection strategy effects on dual-fuel combustion. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2019;234(4):1075-1097. DOI: 10.1177/0954407019864013.

Информация об авторах

Л.О. Круш – аспирант кафедры технического сервиса машин института механики и энергетики ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», leonidsgrants@yandex.ru.

Д.А. Галин – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса машин института механики и энергетики ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», dagalin@yandex.ru.

Information about the authors

L.O. Krush, Postgraduate Student, the Dept. of Technical Service of Machines, Institute of Mechanics and Power Engineering, National Research Ogarev Mordovia State University, leonidsgrants@yandex.ru.

D.A. Galin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Technical Service of Machines, Institute of Mechanics and Power Engineering, National Research Ogarev Mordovia State University, dagalin@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 02.06.2022; одобрена после рецензирования 10.09.2022; принята к публикации 23.09.2022.

The article was submitted 02.06.2022; approved after reviewing 10.09.2022; accepted for publication 23.09.2022.

© Круш Л.О., Галин Д.А., 2022