

Научная статья
УДК 504.064:614.846.6
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.27.97.004

Закономерности распределения и технического состояния эксплуатируемых пожарных автомобилей по показателям конструктивной безопасности силовых установок

Иван Владимирович Сацук

*Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия
Автор ответственный за переписку: Иван Владимирович Сацук, Kviteren@gmail.com*

Аннотация. Проанализированы нормативно-правовые акты в области конструктивной безопасности двигателей пожарных автомобилей и научные работы, посвященные контролю отработавших газов. Рассмотрены тенденции оснащения подразделений пожарной охраны современной пожарной техникой и особенности ее эксплуатации в сравнении с гражданским транспортом. Проведен анализ распределения современных дизельных пожарных автомобилей Красноярского края по экологическим классам, маркам двигателей, отказам топливной аппаратуры и поршневой группы двигателя.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, автомобильный двигатель, конструктивная безопасность, экологическая эффективность

Для цитирования: Сацук И.В. Закономерности распределения и технического состояния эксплуатируемых пожарных автомобилей по показателям конструктивной безопасности силовых установок // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 2 (25). С. 31-38.

Благодарности: автор выражает благодарность научному руководителю доктору технических наук, профессору, профессору кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России» Владимиру Николаевичу Ложкину.

Original article

REGULARITIES OF DISTRIBUTION AND REAL CONDITION OF OPERATED FIRE TRUCKS ACCORDING TO CONTROLLED INDICATORS OF STRUCTURAL SAFETY OF POWER PLANTS

Ivan V. Satsuk

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

Abstract. The normative-legal acts in the field of constructive safety of engines of fire trucks and scientific works devoted to the control of exhaust gases are analyzed. The tendencies of equipping fire departments with modern fire equipment and the features of its operation in comparison with civil transport are considered. The analysis of the distribution of modern diesel fire trucks of the Krasnoyarsk

Territory by environmental classes, engine brands, failures of fuel equipment and engine piston group has been carried out.

Keywords: fire trucks, automobile engine, constructive safety, ecological efficiency

For citation: Satsuk I.V. Regularities of distribution and real condition of operated fire trucks according to controlled indicators of structural safety of power plants // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 2 (25). С. 31-38.

Acknowledgments: the author expresses gratitude to Vladimir Nikolaevich Lozhkin, Scientific advisor, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Fire, Emergency Rescue Equipment and Automotive Industry of the Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

Введение

Пожарные автомобили, как один из видов мобильных средств пожаротушения, являются наиболее часто используемым при тушении пожаров техническим средством. [1] Вывозимое пожарно-техническое вооружение и огнетушащие вещества значительно расширяют возможности пожарных подразделений по спасению людей и ликвидации пожара в кратчайшие сроки, поэтому вопросы исправности, технического состояния, безопасности и продления их жизненного цикла довольно остро стоят перед должностными лицами Государственной противопожарной службы всех уровней [1; 2]. При этом одним из основных направлений развития пожарных автомобилей принято считать ее экологичность [3], что является одним из критериев конструктивной безопасности транспортного средства.

Проблемы экологического воздействия продуктов сгорания моторных топлив, актуальны не только для России, но и для всех стран мира. Так, в статье [4] отмечается, что загрязнение воздуха от автотранспорта составляет 95%, а воздействие на климат 49,5% от общего негативного воздействия всех источников с точки зрения наносимого экологического ущерба.

Состояние проблемы

Анализ научных работ [5; 6; 7; 8; 9], посвященных улучшению рабочих процессов и контролю отработавших газов (далее – ОГ) от автотранспорта, показал большое количество исследований в данной области.

В настоящее время требования к экологическим свойствам и охраны окружающей среды пожарных автомобилей основного и специального назначения изложены в [10], который в свою очередь отсылает к «Техническому регламенту...» (далее – ТР ТС) [11]. Требования ТР ТС распространяются на колесные транспортные средства при их выпуске и эксплуатации на территории Российской Федерации, регламентируя необходимость наличия систем бортовой диагностики, каталитических нейтрализаторов, фильтров частиц, а также соответствие предельным концентрациям токсичных веществ от автомобиля в зависимости от его года выпуска, категории, массы и типа силовой установки (бензиновый, дизельный, газовый).

Усовершенствование конструкции дизельного двигателя в области снижения токсичности выхлопных газов, привело к существенному расширению его применения на автомобильном транспорте (в том числе пожарных автомобилях), что свидетельствует о необходимости организации эффективного мониторинга именно двигателей, работающих по принципу самовоспламенения топлива при сжатии воздуха. [5]

Одним из контролируемых нормативом экологической безопасности автомобиля с дизельным двигателем, являются выбросы загрязняющих веществ с видимыми ОГ, характеризующийся максимальным значением коэффициента поглощения света, то есть дымность ОГ, на режиме свободного ускорения (далее – СУ) без нагрузки. [12]

Режим СУ сравнительно легко воспроизводится в условиях эксплуатации, имитируя кратковременную работу дизеля под нагрузкой в неустановившемся режиме. [6]

Для выхода на режим СУ и измерения концентрации ОГ диагноста путем воздействия оператора на рычаг управления топливоподачей необходимо:

- при работе двигателя в режиме холостого хода равномерно перемещать педаль подачи топлива за 0,5-1,0 сек до упора;
- удерживать педаль 2-3 сек;
- отпустить педаль и через 8...10 сек
- приступить к повторению ранее указанных мероприятий (количество повторений должно быть не менее шести).

Время и ускорение воздействия диагноста на рычаг управления топливоподачей, строго не оговаривается, поэтому, вследствие субъективного представления диагноста о скорости воздействия на рычаг управления топливоподачей, возникают сомнения в надежности воспроизведения режима выхода на «корректируемую ветвь внешней скоростной характеристики» работы двигателя. В результате чего возможны выявление ложные значения выбросов ОГ при их замерах, а так же отсутствие возможности выявления аварийных состояний двигателя [7].

Следует отметить, что в связи с внедрением в конструкцию автомобилей пламегасителей, систем термokatалитической нейтрализации, каталитических регенерируемых сажевых фильтров, направленных на снижение выбросов в атмосферу, повысилась их пожарная опасность [8; 9].

Выполненный анализ проблемы контроля безопасной эксплуатации ПА в эксплуатации показал необходимость проведения научной оценки технического состояния ПА и двигателей на примере Красноярского Края с целью получения новых знаний численного их распределения по экологическим классам силовых установок.

Методика и результаты исследования

Методика предполагала выявить:

- доминирующие принципиальные особенности контроля технических нормативов экологической безопасности и отличий режимов эксплуатации ПА от транспортных средств гражданского назначения;

- закономерности численного распределения ПА Красноярского Края по экологическим классам силовых установок. В качестве аналитического инструмента для выявления закономерностей был выбран метод диаграммной визуализации (представления распределения в форме графических гистограмм).

Из анализа нормативных документов в области экологической безопасности пожарных автомобилей следует вывод об отсутствии каких-либо дополнительных требований к ним в сравнении с гражданским транспортом, однако эксплуатация пожарных автомобилей подразумевает ряд особенностей.

Сбор и выезд автомобиля по тревоге осуществляется в кратчайшие сроки и обычно не превышает 1 минуты, что не позволяет в полной мере прогреть двигатель.

При работе непрогретого двигателя в режиме холостого хода в связи с несовершенством процесса сгорания топлива повышаются значения содержания оксида углерода и углеводородов в ОГ.

Среднее время следования к месту вызова в городах Красноярского края по данным [13] составляет 10,87 мин, что при скорости 40 км/ч соответствует 7,2 км пройденного пути. За это время двигатель прогревается до температуры не более 50 – 60 % от оптимальной [14].

Среднее время тушения пожара в городах Красноярского края составляет 25,12 мин. За это время в большинстве случаев необходима подача огнетушащих веществ на тушение при помощи пожарных насосов с использованием водисточников или без них.

При заборе воды двигатель автомобиля, передавая крутящий момент центробежному насосу, работает на частичных нагрузочных режимах в зависимости от потребляемой мощности

насоса. При незначительных нагрузках происходит ухудшение процессов газообмена, увеличение доли остаточных газов и снижение температуры цикла, что приводит к повышенным выбросам с ОГ оксида углерода и углеводородов [15].

Еще одной особенностью работы ПА, влияющей на концентрацию вредных веществ в ОГ в зависимости от величины нагрузки на двигатель, является его работа в стационарном режиме, при котором возможен нагрев двигателя по причине отсутствия охлаждающего встречного потока воздуха.

Для выявления закономерностей распределения и технического состояния эксплуатируемых пожарных автомобилей по показателям конструктивной безопасности силовых установок Главное управление МЧС России по Красноярскому краю предоставило сведения о пожарных автомобилях основного и специального назначения интенсивного использования.

В представленной информации содержались общие сведения о пожарном автомобиле (марка и модель машины, предприятие изготовитель, модель и тип двигателя, дату ввода в эксплуатацию и т.п.), сведения о работе машины (суммарная наработка по спидометру и количество моточасов стационарной работы двигателя) за 5 лет и с начала эксплуатации, а также мероприятия по ремонту и рекламации.

Анализ сведений (Рис. 1) показал, что за последнее десятилетие ведется плановое обновление образцов пожарной техники на более современные и с улучшенными показателями экологической безопасности, при этом довольно большое количество пожарных автомобилей (60 % от общего числа) не имеют экологического класса. При этом количество поставляемой пожарной техники с дизельными двигателями с 2008 года в 21 раз больше, чем бензиновых, что подтверждает экологическую направленность по использованию двигателей, работающих по принципу самовоспламенения топлива при сжатии воздуха, в пожарной охране.



Рис. 1 Распределение пожарных автомобилей ГУ МЧС России по Красноярскому краю по типу топлива и году выпуска

В исследованиях [3] отмечается, что после достижения 13-15 лет работы дальнейшая эксплуатация ПА считается технически и экономически неоправданной, а от 15 лет – техническое обслуживание и ремонт не рентабельны, поэтому в дальнейшем анализе пожарные автомобили, выпущенные до 2006 года, и автомобили с бензиновыми двигателями по причине их немногочисленности не рассматривались.

Распределение дизельных пожарных автомобилей Красноярского края по экологическим классам (рис.2) по данным, указанным в паспортах транспортных средств и их году выпуска, показало подавляющее большинство автомобилей 4 и 5 экологических классов, что свидетельствует о наличии у них систем бортовой диагностики, каталитических нейтрализаторов и фильтров частиц.

Неисправности этих систем, как уже говорилось ранее, могут привести к возгоранию автомобиля, что необходимо учитывать при эксплуатации и техническом обслуживании мобильных средств пожаротушения.

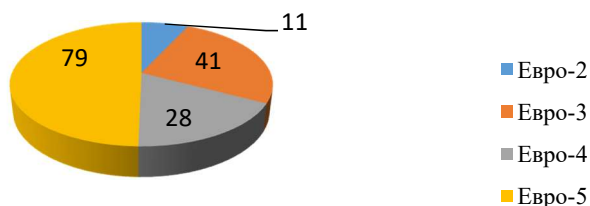


Рис. 2 Распределение дизельных пожарных автомобилей Красноярского края, выпущенных с 2006 года, по экологическим классам

Стоит отметить, что степень загрязнения окружающей среды ОГ, зависит от реального технического состояния автомобиля, времени его эксплуатации с точки зрения его морального старения и эксплуатационного «износа» (например, износа сопрягаемых поверхностей деталей, нарушения регулировок топливной аппаратуры, снижение давления наддува турбокомпрессора, некачественная работа форсунок, неисправности топливного насоса высокого давления) [16].

Согласно [17] отказы двигателей внутреннего сгорания занимают второе место среди всех отказов систем пожарных автомобилей, так доля отказов дизельных двигателей внутреннего сгорания доходит до 50 %. Принимая во внимание работу систем и механизмов рассматриваемых двигателей, отказы делятся следующим образом:

- система питания – до 45%;
- цилиндропоршневая группа – 20%;
- газораспределительный механизм – до 15%;
- системы охлаждения и смазки – до 10%.

Анализ данных по пожарным автомобилям Красноярского края показал, что рассматриваемые автомобили с 2006 года выпуска 12 раз (29 % от общего числа зарегистрированных неисправностей) находились в ремонте по причине неисправности топливного насоса высокого давления и поршневой группы двигателя. Ремонт данных систем усложняется многообразием моделей, эксплуатируемых двигателей (рис. 3).

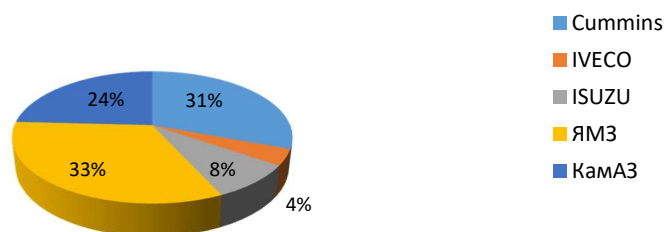


Рис. 3 Распределение двигателей дизельных пожарных автомобилей Красноярского края, выпущенных с 2006 года, по модельному ряду

Двигатели ЯМЗ представлены модификациями ЯМЗ-236НЕ (9% от общего числа) и ЯМЗ-53623 (12 % от общего числа), однако наиболее распространенным двигателем является Cummins ISB6.7E5 250 стандарта Евро-5 (15 % от общего числа).

Заключение

Эксплуатация пожарных автомобилей имеет ряд особенностей в сравнении с работой гражданского транспорта, которые в значительной степени влияют на снижение ресурса двигателей пожарных автомобилей за счет движения автомобиля с непрогретым двигателем, а так же нагревом двигателя во время стационарной работы пожарного автомобиля.

Анализ пожарных автомобилей Красноярского края показал, что планомерная замена пожарных автомобилей старше 15 лет привела к значительному увеличению автомобилей 4 и 5

экологического класса, в конструкцию которых внедрены пламегасители, системы термокаталитической нейтрализации, каталитические регенерируемые сажевые фильтры, направленных на снижение выбросов в атмосферу, что повышает их пожарную опасность.

Дополнительные нагрузки на двигатель способствуют увеличению количества вредных веществ в ОГ, что обуславливает необходимость дополнительного контроля экологической безопасности пожарных автомобилей и оптимизации регулируемых параметров топливной аппаратуры.

Список источников

1. В.И. Веттегренъ, В.Н. Ложкин, М.А. Савин Эффективная эксплуатация основных пожарных автомобилей при низких температурах: монография – 2-е изд., перераб. И доп. – Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России. 2019. 357 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uigps.ru/userfls/ufiles/docs/publikacii/Эффективная%20эксплуатация%20основных%20ПА%20при%20низких%20температурах.pdf>
2. Приказ МЧС России от 01 октября 2020 г. № 737 «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/74772736/>.
3. Логинов, В. И. Концепция развития пожарно-спасательной техники на период до 2030 года / В. И. Логинов, Н. В. Навценя, К. Ю. Яковенко // Пожарная безопасность. – 2019. – № 1. – С. 85-91. – EDN YZZZLN.
4. Канищев, С. С. Экологические проблемы автомобильного транспорта и наиболее перспективные методы их решения / С. С. Канищев, С. В. Пикалов // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2021) : Сборник статей XIII Международной научно-технической конференции, Курск, 20 ноября 2021 года / Отв. редактор Е.В. Агеев. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 133-136. – EDN KUQXXN.
5. Concept and models for evaluation of black and white smoke components in diesel engine exhaust / I. Blyankinshtein, A. Askhabov, E. Voevodin [et al.] // Transport Problems. – 2017. – Vol. 12. – No 3. – P. 83-91. – DOI 10.20858/tp.2017.12.3.8. – EDN YOTGAN.]
6. Сморгы, В. В. Повышение безопасности применения дизельных пожарных автомобилей путем оптимизации регулировок топливной аппаратуры : специальность 05.26.03 "Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сморгы Владимир Валерьевич. – Санкт-Петербург, 2006. – 136 с. – EDN NOAAZH.
7. Ложкин, В. Н. Электромеханический манипулятор для выявления аварийно-опасных режимов эксплуатации дизельных машин в условиях Арктики / В. Н. Ложкин // Экстремальная робототехника. – 2021. – Т. 1. – № 1. – С. 123-130. – EDN IVCRVI.
8. Lozhkin, V.N. Catalytic Converter with Storage Device of Exhaust Gas Heat for City Bus / V. Lozhkin, O. Lozhkina // Transportation Research Procedia. –2017. – V. 20. – P. 412-417. DOI:10.1016/j.trpro.2017.01.067.
9. Ложкин, В. Н. Контроль экологической эффективности и пожарной безопасности топливно-каталитических систем автотранспорта применительно к условиям сервисного обслуживания / В. Н. Ложкин, О. В. Ложкина, Б. В. Гавкалюк // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2014. – № 1(27). – С. 13-17. – EDN RXXDWL.
10. ГОСТ 34350-2017 «Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний»
11. Решение Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 877 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70106658/>

12. ГОСТ 33997-2016. «Межгосударственный стандарт. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71871854/>
13. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: Статистический сборник / П.В. Полехин, М.А. Чебуханов, А.А. Козлов, А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко - М.: ВНИИПО, 2021 – 112 с.: ил.5.
14. Саватеев, А. И. Модификация систем выпуска отработавших газов пожарных автомобилей, разогреваемыми каталитическими конверторами: специальность 05.26.03 "Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. И. Саватеев. – Санкт-Петербург, 2002. – 163 с. – EDN RYBLTT.
15. Рекомендации по предотвращению характерных отказов при эксплуатации пожарно-спасательной техники применяемой в системе МЧС России утвержденные Заместителем Министра МЧС России П.Ф. Барышевым 20.11.2017 №2-4-71-45.
16. Principaux facteurs agissant sur temperature de mise en action des catalyseurs d'echappement / Prigent M., Mabilon G., Dozier R., Durund D.// S.L.A. – 1990. - №89077. –С.65 –70.
17. Аксенов, А. А. Современные подходы к диагностированию дизельных двигателей внутреннего сгорания / А. А. Аксенов, М. В. Худякова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 5-3(16-3). – С. 7-10. – DOI 10.12737/14661. – EDN VDPXRF.

List of sources

1. V.I. Vettegren, V.N. Lozhkin, M.A. Savin Effective operation of basic fire trucks at low temperatures: monograph – 2nd ed., reprint. And additional – Yekaterinburg: UrI GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2019. 357 p. [electronic resource]. – Access mode: <https://uigps.ru/userfls/ufiles/docs/publikacii/Эффективная%20эксплуатация%20основных%20ПА%20при%20низких%20температурах.pdf>
2. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated October 01, 2020 No. 737 "On approval of the Guidelines for the Organization of material and Technical Support of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of consequences of Natural Disasters" [Electronic resource]. – Access mode: <https://base.garant.ru/74772736/>.
3. Loginov, V. I. The concept of development of fire and rescue equipment for the period up to 2030 / V. I. Loginov, N. V. Navtsenya, K. Yu. Yakovenko // Fire safety. – 2019. – No. 1. – pp. 85-91. – EDN YZZZLN.
4. Kanishchev, S. S. Ecological problems of motor transport and the most promising methods of their solution / S. S. Kanishchev, S. V. Pikalov // Modern automotive materials and technologies (SAMIT - 2021) : Collection of articles of the XIII International Scientific and Technical Conference, Kursk, November 20, 2021 / Editor-in-chief E.V. Ageev. – Kursk: Southwest State University, 2021. – pp. 133-136. – EDN KUQXXN.
5. Concept and models for evaluation of black and white smoke components in diesel engine exhaust / I. Blyankinshtein, A. Askhabov, E. Voevodin [et al.] // Transport Problems. – 2017. – Vol. 12. – No 3. – P. 83-91. – DOI 10.20858/tp.2017.12.3.8. – EDN YOTGAH.]
6. Smorygo, V. V. Improving the safety of diesel fire trucks by optimizing fuel equipment adjustments : specialty 05.26.03 "Fire and industrial safety (by industry)" : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Vladimir V. Smorygo. – St. Petersburg, 2006. - 136 p. – EDN NOAAZH.
7. Lozhkin, V. N. Electromechanical manipulator for identification of emergency and dangerous modes of operation of diesel vehicles in the Arctic / V. N. Lozhkin // Extreme robotics. – 2021. – Vol. 1. – No. 1. – pp. 123-130. – EDN IVCRVI.

8. Lozhkin, V.N. Catalytic Converter with Storage Device of Exhaust Gas Heat for City Bus / V. Lozhkin, O. Lozhkina // *Transportation Research Procedia*. -2017. – V. 20. – P. 412-417. DOI:10.1016/j.trpro.2017.01.067.
9. Lozhkin, V. N.. Control of ecological efficiency and fire safety of fuel-catalytic systems of motor transport in relation to service conditions / V. N. Lozhkin, O. V. Lozhkina, B. V. Gavkalyuk // *Technical and technological problems of service*. – 2014. – № 1(27). – Pp. 13-17. – EDN RXXDWL.
10. GOST 34350-2017 "Fire fighting equipment. The main fire trucks. General technical requirements. Test methods"
11. Decision of the Customs Union Commission No. 877 dated December 9, 2011 "On the adoption of the Technical Regulations of the Customs Union "On the safety of wheeled vehicles" [Electronic resource]. – Access mode: <https://base.garant.ru/70106658/>
12. GOST 33997-2016. "Interstate standard. Wheeled vehicles. Operational safety requirements and verification methods" [Electronic resource]. – Access mode: <https://base.garant.ru/71871854/>
13. Fires and fire safety in 2020: Statistical collection / P.V. Polekhin, M.A. Chebukhanov, A.A. Kozlov, A.G. Firsov, V.I. Sibirko, V.S. Goncharenko, T.A. Chechetina. Under the general editorship of D.M. Gordienko - M.: VNIPO, 2021 – 112 p.: il.5.
14. Savateev, A. I. Modification of exhaust gas exhaust systems of fire trucks heated by catalytic converters : specialty 05.26.03 "Fire and industrial safety (by industry)" : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / A. I. Savateev. – St. Petersburg, 2002. – 163 p. – EDN RYBLTT.
15. Recommendations for the prevention of characteristic failures during the operation of fire and rescue equipment used in the EMERCOM system of Russia approved by Deputy Minister of the EMERCOM of Russia P.F. Baryshev 20.11.2017 №2-4-71-45.
16. Principaux facteurs agissant sur temperature de mise en action des catalyseurs d'echappement / Prigent M., Mabilon G., Dozier R., Durund D.// S.L.A. – 1990. - No.89077. –pp.65-70.
17. Aksenov, A. A. Modern approaches to the diagnosis of diesel internal combustion engines / A. A. Aksenov, M. V. Khudyakova // *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. – 2015. – Т. 3. – № 5-3(16-3). – Pp. 7-10. – DOI 10.12737/14661. – EDN VDPXRF.

Статья поступила в редакцию 15.05.2022; одобрена после рецензирования 27.06.2022; принята к публикации 30.06.2022.

The article was submitted 15.05.2022, approved after reviewing 27.06.2022, accepted for publication 30.06.2022.