

УДК 62-97/-98

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-250-8-82-87

Л.О. Круш

L.O. Krush

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВОЗНИКАЮЩИХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ВО ВПУСКНОМ ТРАКТЕ ДВИГАТЕЛЕЙ МАРКИ УМЗ

MALFUNCTION LOCALIZATION IN THE INTAKE OF UMZ ENGINES

Ключевые слова: диагностика, двигатель, впускной тракт, диагностическое оборудование, ГАЗель, автомобильный транспорт.

Приведены результаты исследования 30 автотранспортных средств марки ГАЗ (ГАЗель и ГАЗель Next) с двигателями УМЗ-4216 и УМЗ-А274-60 EvoTech соответственно. При выполнении технического диагностирования выявлено, что у 23 автомобилей обнаружены неисправности непосредственно в системе подачи воздуха в камеру сгорания, приводящие к нарушению состава топливно-воздушной смеси. По результатам исследования определена частота возникновения негерметичностей во впускном тракте данных автомобилей, которая составляет 0,76/1 и 76,6%, при этом данные неисправности были локализованы в более чем 2 местах. Проведено диагностирование с применением специализированного технологического оборудования, по результатам которого определено, что основными участками локализации негерметичностей являются: сопряжение трубопроводов из резинотехнических материалов со штуцерами с частотой возникновения 60,80%; повреждения трубопроводов из резинотехнических материалов с частотой возникновения 65,21%; сопряжение дроссельного узла и ресивера с частотой возникновения 47,82%; сопряжение топливных форсунок и головки блока цилиндров с частотой возникновения 47,82%. Выполнено теоретическое распределение вероятности возникновения данной неисправности при пересчете на 100 усл. ед. автомобилей марки ГАЗ с установленными двигателями УМЗ-4216 и УМЗ-А274-60 EvoTech с применением теоремы Бернулли, которая показывает равенство относительной частоты, определенной теоретически и экспериментально, и вероятности возникновения негерметичности. При пересчете экспериментальных данных на 100 ед. автомобилей с теоретической вероятностью возникновения негерметичности впуск-

ного тракта, при условии выполнения теоремы Бернулли, наблюдается прямая зависимость увеличения количества единиц транспорта.

Keywords: diagnostics, engine, intake tract, diagnostic equipment, GAZelle motor vehicle, automobile transport.

The research findings on 30 GAZ brand motor vehicles (GAZelle and Gazelle Next) with UMZ-4216 and UMZ-A274-60 EvoTech engines, respectively, are discussed. When performing technical diagnostics, it was found that 23 vehicles had malfunctions directly in the air supply system to the combustion chamber leading to a violation of the composition of the fuel-air mixture. According to the findings, the frequency of leaks in the intake tract of these vehicles was determined which is 0.76/1 and 76.6% while these malfunctions were found in more than 2 locations. Diagnostics was carried out using specialized technological equipment, and it was determined that the main areas of leak localization were as following: interfaces of pipelines made of rubber materials with fittings with a frequency of 60.80%; damage to pipelines made of rubber materials with a frequency of 65.21%; coupling of the throttle assembly and receiver with a frequency of 47.82%; coupling of fuel injectors and cylinder head with a frequency of 47.82%. Theoretical distribution of the probability of occurrence of this malfunction was performed in terms of 100 conventional units of GAZ motor vehicles with UMZ-4216 and UMZ-A274-60 EvoTech engines using Bernoulli's theorem which showed the equality of the relative frequency determined theoretically and experimentally and the probability of leakage. When recalculating experimental data for 100 vehicles with a theoretical probability of leakage of the intake tract, provided that Bernoulli's theorem is fulfilled, there is a direct dependence of the increased number of vehicles.

Круш Леонид Олегович, вед. аналитик, аспирант, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Российская Федерация, e-mail: leonidsgrants@yandex.ru.

Krush Leonid Olegovich, leading analyst, post-graduate student, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation, e-mail: leonidsgrants@yandex.ru.

Введение

В процессе эксплуатации автотранспортных средств в условиях предприятий агропромышленного комплекса возникают повышенные нагрузки на все системы автомобиля.

Наиболее уязвимой системой, по результатам проведенных ранее исследований, является система подачи воздуха в камеру сгорания. Неисправности данной системы представлены возникновением негерметичностей, в результате чего происходит поступление дополнительного воздуха и нарушается состав топливно-воздушной смеси.

Данные условия приводят к снижению эксплуатационных характеристик и постепенному уменьшению ресурса цилиндро-поршневой группы, газораспределительного механизма, системы охлаждения и иных систем. Это говорит о важности данной неисправности, которую необходимо устранять при возникновении во впускном тракте двигателя внутреннего сгорания [1, 2].

Цель и задачи исследования: выявление локализации возникающих неисправностей во впусканом тракте, представленных негерметичностями двигателей марки УМЗ, устанавливаемых на автомобили марки ГАЗ.

Материалы и методы

Для определения частоты возникновения негерметичностей в определенных участках системы подачи воздуха, опираясь на результаты проведенных ранее исследований, были отобраны 30 автомобилей марки ГАЗ с двигателями УМЗ-4216 и УМЗ-А274-60 EvoTech, у которых присутствовали недиагностированные неисправности.

Для проведения непосредственной локализации негерметичностей, проводимой на участке диагностирования в условиях технического сервиса, было применено специализированное технологическое оборудование [3-5].

При выполнении диагностирования выявлено, что у 23 автомобилей обнаружены неисправности непосредственно в системе подачи воздуха в камеру сгорания. При этом данные неисправности оказывают влияние на состав топливно-воздушной смеси [6-9].

Для определения относительной частоты возникновения негерметичности во впусканом тракте была применена следующая формула

определения относительной вероятности [10, 11]:

$$Wn(A) = \frac{M(A)}{N(A)},$$

где $M(A)$ – число возникновения негерметичности;

$N(A)$ – число диагностируемых автомобилей.

Частота возникновения составляет 0,76/1 и 76,6%, при этом данные неисправности были локализованы в более чем 2 местах. Для выполнения анализа выполнено определение процентного соотношения выявленных неисправностей в системе подачи воздуха в соответствии с распределением на 23 анализируемых автомобилей.

Для определения теоретической вероятности возникновения данной неисправности при пересчете на 100 условных единиц автомобилей марки ГАЗ была применена теорема Бернулли [11, 12]:

$$\lim P \left\{ \left| \frac{M(A)}{N(A)} - p \right| < e \right\} = 1;$$

$$Wn(A) \rightarrow P(A) = p,$$

которая показывает равенство относительной частоты, определенной теоретически и экспериментально, и вероятности возникновения негерметичности.

Результаты исследований

Результаты распределения процентного соотношения выявленных неисправностей в системе подачи воздуха в соответствии с распределением на 23 анализируемых автомобилей представлены в таблице.

Графическое изображение процентного соотношения частотной выборки локализации негерметичностей двигателей УМЗ-4216 и УМЗ-А274-60 EvoTech представлено на рисунке 1.

На основании полученных результатов исследований было выполнено теоретическое распределение с учетом вероятности возникновения негерметичности. Графическое изображение результата определения теоретической вероятности возникновения неисправности при пересчете на 100 автомобилей представлено на рисунке 2.

Анализируя рисунок 2, можно сделать вывод о том, что при пересчете экспериментальных данных на 100 ед. автомобилей с теоретической вероятностью возникновения негерметичности впусканого тракта, при условии выполнения тео-

ремы Бернулли, наблюдается прямая зависимость увеличения количества единиц транспорта (допускается погрешность, выявленная при наличии крайне низкого количества возникновения неисправности и при превышении 50% воз-

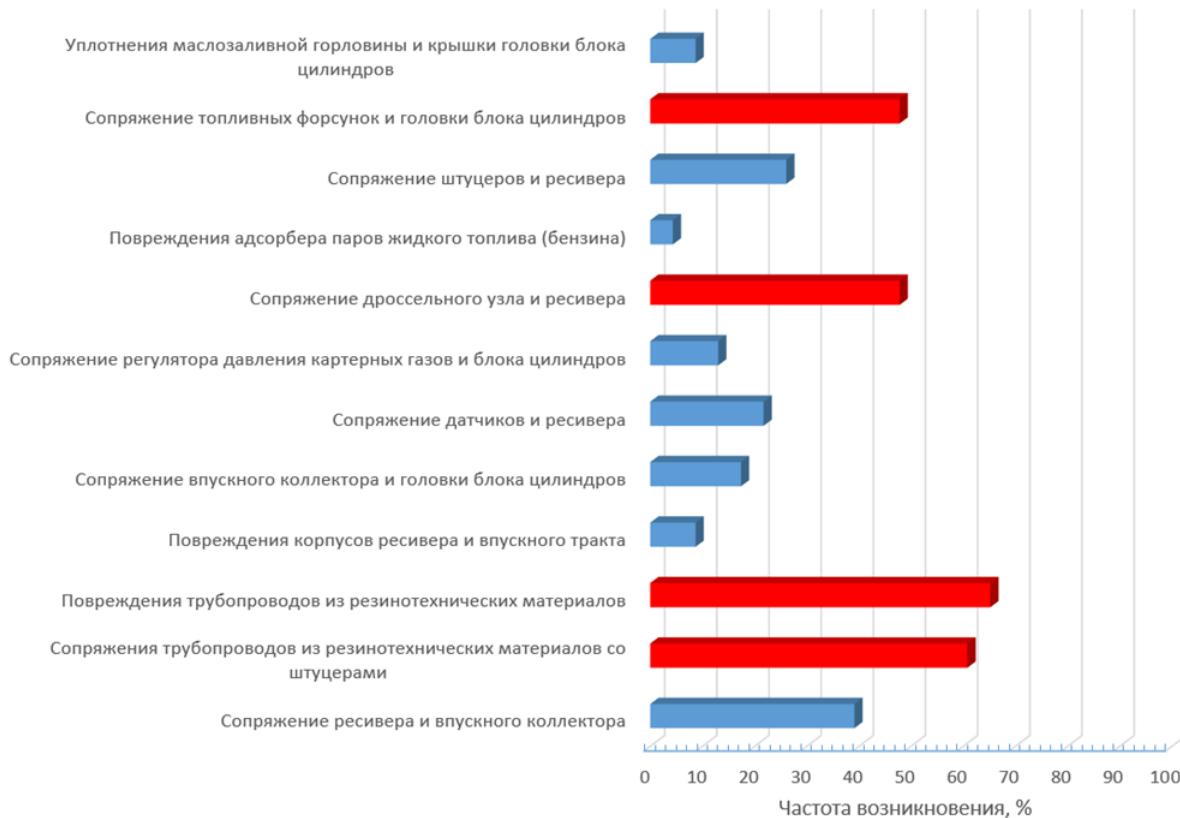
никновения неисправности от анализируемого количества единиц транспорта).

Выявленные участки локализации негерметичностей представлены на рисунке 3.

Таблица

Частотная выборка локализации негерметичностей

Локализация негерметичности	Количество, ед.	Частота возникновения, %
Сопряжение ресивера и впускного коллектора	9	39,13
Сопряжения трубопроводов из резинотехнических материалов со штуцерами	14	60,80
Повреждения трубопроводов из резинотехнических материалов	15	65,21
Повреждения корпусов ресивера и впускного тракта	2	8,69
Сопряжение впускного коллектора и головки блока цилиндров	4	17,39
Сопряжение датчиков и ресивера	5	21,73
Сопряжение регулятора давления картерных газов и блока цилиндров	3	13,04
Сопряжение дроссельного узла и ресивера	11	47,82
Повреждения адсорбера паров жидкого топлива (бензина)	1	4,34
Сопряжение штуцеров и ресивера	6	26,08
Сопряжение топливных форсунок и головки блока цилиндров	11	47,82
Уплотнения маслозаливной горловины и крышки головки блока цилиндров	2	8,69

**Рис. 1. Частотная выборка локализации негерметичностей**

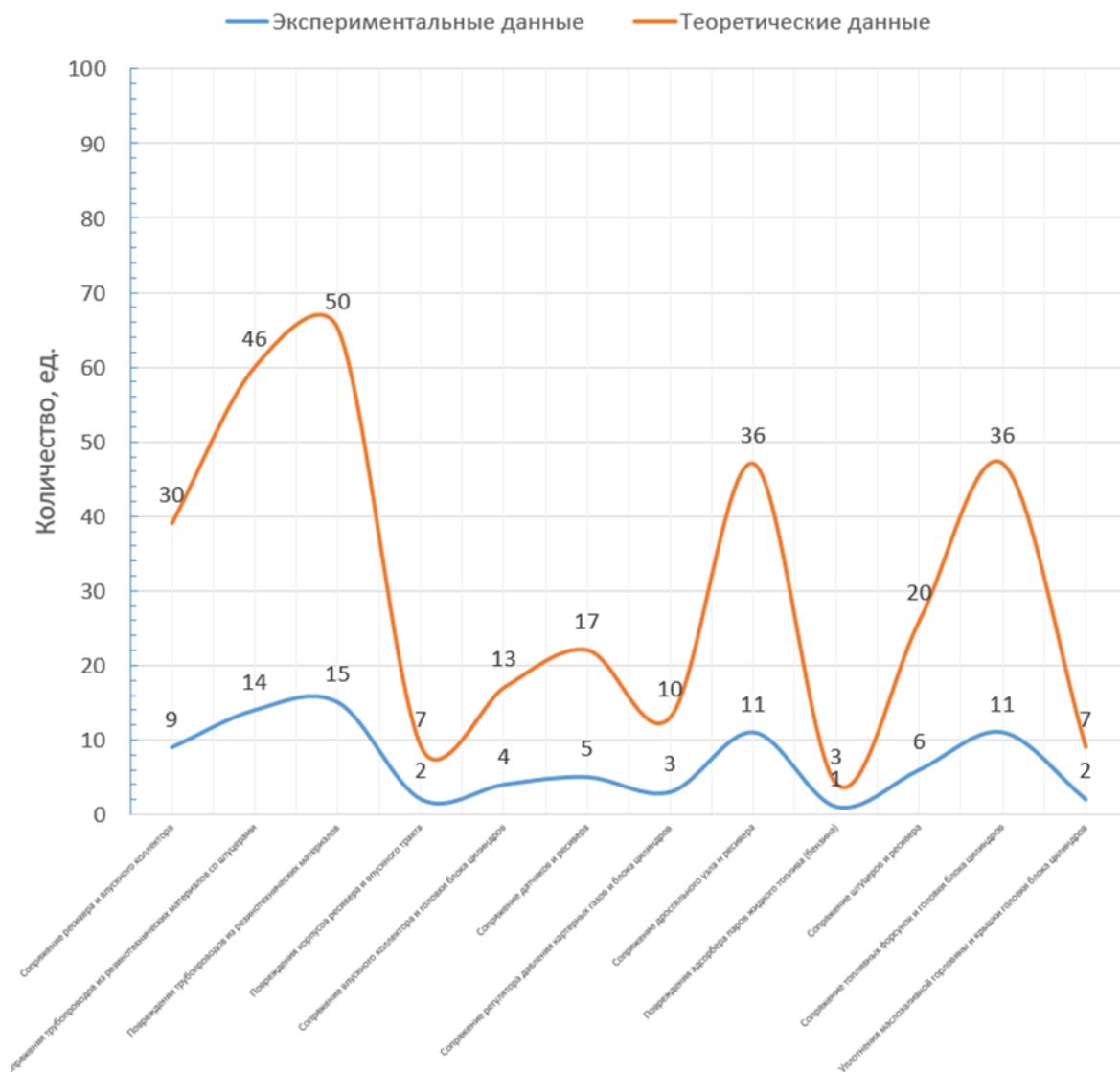


Рис. 2. Определение теоретической вероятности возникновения негерметичности впускного тракта

По результатам анализа данных, а также технического устройства двигателей УМЗ-4216 и УМЗ-А274-60 Evo Tech были сделаны выводы о том, что наибольшее количество возникающих неисправностей во впусканом тракте наблюдается при повреждении трубопроводов из резинотехнических материалов, в локализациях сопряжения трубопроводов из резинотехнических материалов, сопряжениях дроссельного узла и топливных форсунок. При этом основными причинами этого являются нахождение непосредственно рядом с теплонаагруженными элементами выхлопной системы, вибрационные нагрузки, низкое качество материалов, коррозионных воздействий и иных.

Выводы

Выявлено, что частота возникновения составляет 0,76/1 и 76,6 %, при этом данные неисправности были локализованы в более чем 2 местах. Основными участками локализации негерметичностей являются: сопряжения трубопроводов из резинотехнических материалов со штуцерами с частотой возникновения 60,80%; повреждения трубопроводов из резинотехнических материалов с частотой возникновения 65,21%; сопряжение дроссельного узла и ресивера с частотой возникновения 47,82%; сопряжение топливных форсунок и головки блока цилиндров с частотой возникновения 47,82%.

Полученные результаты позволяют обосновать необходимость внедрения дополнительного технологического оборудования для контроля технического состояния впускного тракта.

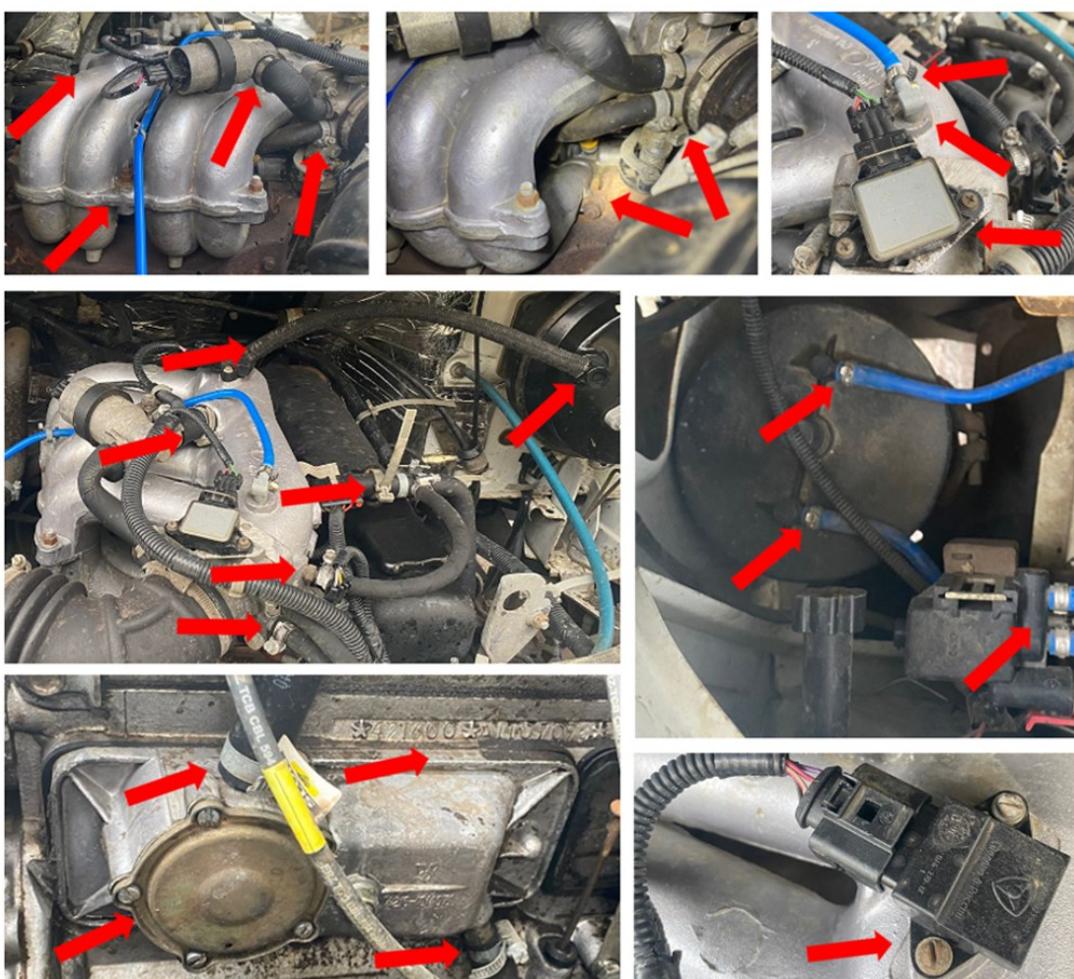


Рис. 3. Участки локализации негерметичностей двигателей марки УМЗ

Библиографический список

1. Экспериментальное исследование влияния характеристик двигателя на эксплуатационные свойства легкового коммерческого автомобиля / П. С. Мошков, Е. И. Торопов, А. С. Вашурин [и др.]. – Текст: непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12 (часть 5). – С. 930-934.
2. Пешков, А. А. Анализ эксплуатационных характеристик электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания / А. А. Пешков, В. Г. Кондратенко. – Текст: непосредственный // Современные технологии, применяемые при обслуживании и ремонте автомобилей: сборник трудов V Национальной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 22 апреля 2021 г. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 41-49.
3. Патент RU 2790340 C1, Российская Федерация, МПК G01M 3/00, G01M 17/00. Установка для определения негерметичностей в замкнутых системах автотранспортных средств / Галин Д. А., Круш Л. О. – № 2022121756; заявл. 10.08.2022; опубл. 16.02.2023. – 10 с. – Текст: непосредственный.
4. Яковлев, В. Ф. Диагностика электронных систем управления автомобильными двигателями: учебное пособие / В. Ф. Яковлев. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010 – 122 с. – Текст: непосредственный.
5. Власов, Ю. А. Оптимизация выбора и эффективность использования диагностического оборудования / Ю. А. Власов, А. Н. Ляпин. – Текст: непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 2. – С. 12-18.

6. Автомобиль ГАЗель NEXT. Руководство по эксплуатации / ООО «Автозавод «ГАЗ». – Нижний Новгород, 2017. – 200 с. – Текст: непосредственный.
7. Hlaing P, Silva M, Marquez ME, et al. (2021). Estimates of the air-fuel ratio at the time of ignition in a pre-chamber using a narrow throat geometry. *International Journal of Engine Research*. 24 (2): 622-638. DOI:10.1177/14680874211059148.
8. Rossi, E., Hummel, S., Cupo, F., Vacca, A. et al. (2021). Experimental and Numerical Investigation for Improved Mixture Formation of an eFuel Compared to Standard Gasoline. *SAE Technical Paper*. 2021-24-0019. <https://doi.org/10.4271/2021-24-0019>.
9. Kihas, D., Pachner, D., Baramov, L., Uchanski, M. et al. (2016). Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation. *SAE Technical Paper*. 2016-01-0611. <https://doi.org/10.4271/2016-01-0611>.
10. Володин, И. Н. Лекции по теории вероятностей и математической статистике / И. Н. Володин, С. В. Симушкин. – Казань: Казан. ун-т, 2019. – 347 с. – Текст: непосредственный.
11. Аксенов, А. П. Математический анализ: в 4 частях. Часть 1: учебник и практикум для вузов / А. П. Аксенов. – Москва: Юрайт, 2024. – 282 с. – Текст: непосредственный.
12. tov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh Sovremennye tekhnologii, primenяemye pri obsluzhivanii i remonte avtomobilei. 2022. S. 41-49.
13. Patent RU 2790340 C1, Rossiiskaia Federatsiia, MPK G01M 3/00, G01M 17/00. Ustanovka dlia opredelenii negermetichnosti v zamknutikh sistemakh avtotransportnykh sredstv / D.A. Galin, L.O. Krush // No. 2022121756; zaiavl. 10.08.2022; opubl. 16.02.2023.
14. Iakovlev V.F. Diagnostika elektronnykh sistem upravlenii avtomobilnymi dvigateliами: ucheb. posob. / V.F. Iakovlev. – Samara: Samar. gos. tekhn. un-t, 2010 – 122 s.
15. Vlasov Iu.A. Optimizatsiia vybora i effektivnost ispolzovaniia diagnosticheskogo oborudovaniia / Vlasov Iu.A., Liapin A.N. // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2012. No. 2. S. 12-18.
16. Avtomobil GAZel NEXT. Rukovodstvo po ekspluatatsii. ООО «Автозавод «ГАЗ», 2017, 200 s.
17. Hlaing P, Silva M, Marquez ME, et al. (2021). Estimates of the air-fuel ratio at the time of ignition in a pre-chamber using a narrow throat geometry. *International Journal of Engine Research*. 24 (2): 622-638. DOI:10.1177/14680874211059148.
18. Rossi, E., Hummel, S., Cupo, F., Vacca, A. et al. (2021). Experimental and Numerical Investigation for Improved Mixture Formation of an eFuel Compared to Standard Gasoline. *SAE Technical Paper*. 2021-24-0019. <https://doi.org/10.4271/2021-24-0019>.
19. Kihas, D., Pachner, D., Baramov, L., Uchanski, M. et al. (2016). Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation. *SAE Technical Paper*. 2016-01-0611. <https://doi.org/10.4271/2016-01-0611>.
20. Lektsii po teorii veroiatnostei i matematicheskoi statistike / Volodin I.N., Simushkin S.V. – Kazan: Kazan. un-t, 2019. – 347 s.
21. Matematicheskii analiz. V 4 chastiakh. Ch. 1: uchebniki praktikum dlia vuzov / A. P. Aksenov. – Moskva: Iurait, 2024. – 282 s.

References

- Moshkov P.S. Eksperimentalnoe issledovanie vliianiia kharakteristik dvigatelia na ekspluatatsionnye svoistva legkovogo kommercheskogo avtomobilia / Moshkov P.S., Toropov E.I., Vashurin A.S., Trusov Iu.P., Tikhomirov A.N. // Fundamentalnye issledovaniia. 2015. No. 12-5. S. 930-934.
- Peshkov A.A. Analiz ekspluatatsionnykh kharakteristik elektromobilia i avtomobilia s dvigatelem vnutrennego sgoraniia / Peshkov A.A., Kondratenko V.G. // Sbornik trudov V Natsionalnoi mezhevuzovskoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii studen-

