

Научная статья
УДК 656.13:614.846.6
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.61.42.025

Методика проведения проверок дымности дизельных пожарных автомобилей с использованием устройства изменения скоростного режима двигателя

Владимир Николаевич Ложкин¹

Иван Владимирович Сацук²

Елена Ивановна Голякова³

¹Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия,
<https://orcid.org/0000-0003-0965-3000>

^{2,3}Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железнодорожск, Россия
Автор ответственный за переписку: Иван Владимирович Сацук, Kviteren@gmail.com

Аннотация. В статье проведен анализ действующей методики проверки экологической безопасности дизельных двигателей, рассмотрены процессы инерционного нагружения двигателя при резком перемещении педали топливоподачи с выходом на внешнюю корректурную ветвь. Представлены особенности регулировки устройства изменения скоростного режима дизеля для достижения заданных параметров времени воздействия на педаль топливоподачи. По результатам проведенных исследований предложено внесение изменений в методику проверки экологической безопасности.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, силовая установка, диагностика, дымность

Для цитирования: Ложкин В.Н., Сацук И.В., Голякова Е.И. Методика проведения проверок дымности дизельных пожарных автомобилей с использованием устройства изменения скоростного режима двигателя // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 3 (34). С. 243-249. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.61.42.025>.

Original article

Methodology for testing smoke emission of diesel fire trucks using a device for changing engine speed

Vladimir N. Lozhkin¹

Ivan V. Satsuk²

Elena I. Golyakova³

¹Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia,
<https://orcid.org/0000-0003-0965-3000>

^{2,3}Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia
Corresponding author: Ivan V. Satsuk, Kviteren@gmail.com

Abstract. The article analyzes the current methodology for testing the environmental safety of diesel engines, considers the processes of inertial loading of the engine with a sharp movement of the fuel pedal with an exit to the external correction branch. Features of adjusting the device for changing the speed mode of the diesel engine to achieve the specified parameters of the time of action on the

fuel pedal are presented. Based on the results of the studies, changes are proposed to the methodology for testing environmental safety.

Keywords: fire trucks, power plant, diagnostics, smokiness

For citation: Lozhkin V.N., Satsuk I.V., Golyakova E.I. Methodology for testing smoke emission of diesel fire trucks using a device for changing engine speed // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2024; 3(34): С. 243-249. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.61.42.025>.

Введение

В современных условиях, из-за высокого уровня зависимости от импорта зарубежных запасных частей и оборудования, организация безотказной эксплуатации пожарных автомобилей столкнулась с ограничениями в возможности сервисного обслуживания и ремонта пожарных автомобилей (ПА), вследствие чего возникла необходимость разработки дополнительных мероприятий по контролю и поддержанию ПА в исправном состоянии.

Состояние проблемы

Проводимые в рамках научной школы кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, исследования [1-5] подтвердили возможность использования параметра дымности, как одного из важных показателей экологической безопасности двигателя, для их диагностики и регулировки топливо-экономических характеристик.

Авторскими исследованиями [6] было выявлено, что действующая стандартизированная методика проверки экологической безопасности дизельных двигателей [7] имеет возможность наличия методической погрешности за счёт субъективности воспроизведения процедуры свободного ускорения человеком, вследствие чего было разработано устройство изменения скоростного режима двигателя [8], которое увеличивало точность замеров дымности за счёт равномерного стандартного перемещения педали топливоподачи. Однако временной параметр 0,5-1 секунда перемещения педали топливоподачи до упора, указанный в государственном стандарте проверки экологической безопасности дизельного двигателя, не в полной мере отражает динамику изменения мощности нагружения двигателя в режиме свободного ускорения, что в свою очередь влияет на концентрацию сажи в отработавших газах.

В соответствии с результатами исследования параметров инерционного нагружения дизельного двигателя Д-240 [9], представленными на Рис.1, было выявлено, что угловое ускорение коленчатого вала зависит от времени перемещения рычага управления топливоподачей, изменяясь пропорционально динамическому моменту нагружения.

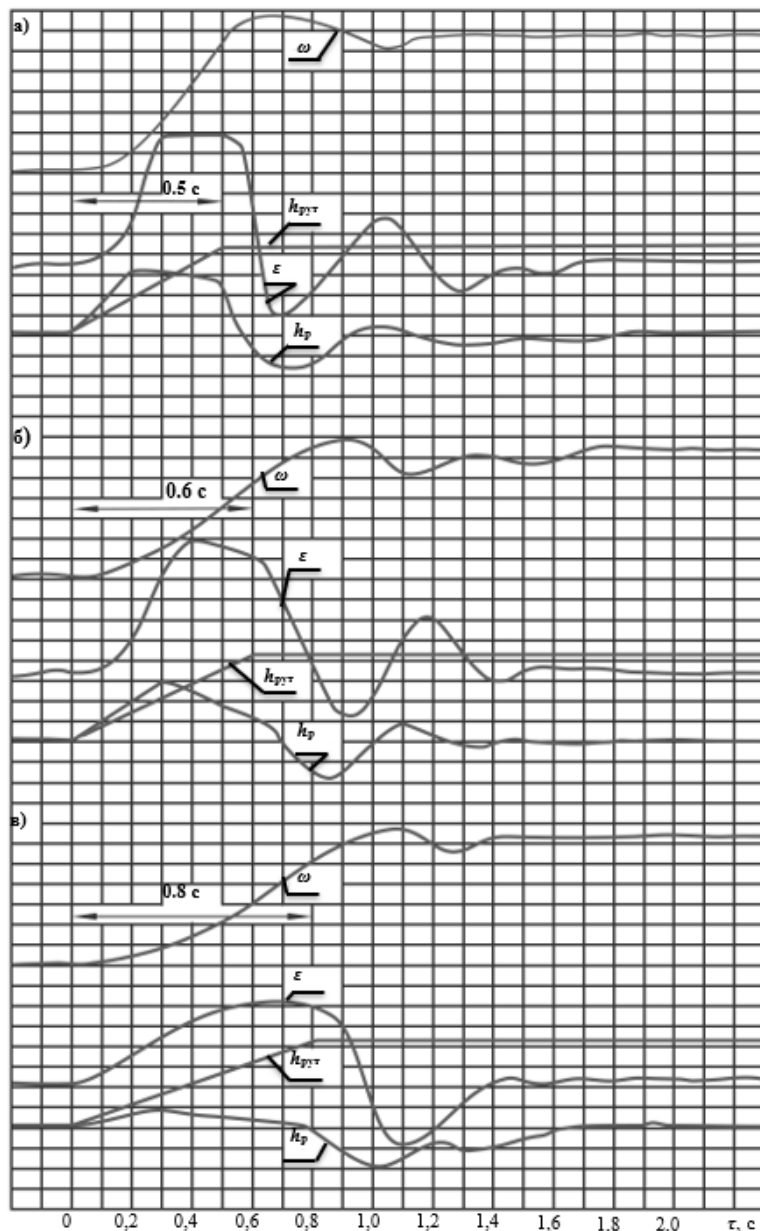


Рис.1. График изменения угловых скоростей и ускорения коленчатого вала дизельного двигателя Д-240 от времени воздействия на педаль топливоподачи

где: ε – угловая скорость коленчатого вала; ω - угловое ускорение коленчатого вала; h_p - ход рейки топливного насоса; $h_{рут}$ – ход рычага управления топливоподачи.

При плавном нажатии на педаль топливоподачи до упора за 0,5 секунд характер изменения динамической нагрузки протекал по внешней корректурной ветви (кривая ε , Рис.1а), при которой обеспечивается возможность минимизации последствий кратковременных перегрузок двигателя за счет дополнительной подачи топлива в цилиндры и характеризуется повышенным содержанием сажи в отработавших газах. При нажатии педали за 0,6 секунд (Рис.1б) двигатель достигал значения внешней корректурной ветви только на время 0,01 секунды, а при воздействии за 0,8 секунд (Рис.1в) двигатель ее не достигал.

Объекты и методика исследования

Методика предполагала:

- выявить закономерности изменения дымности отработавших газов ПА различных экологических классов от времени нажатия на педаль топливоподачи;

- обосновать временные параметры воздействия на педаль топливоподачи в методике проведения проверок дымности дизельных ПА с использованием устройства изменения скоростного режима двигателя.

Для выявления взаимосвязи параметров работы дизельного двигателя при неустановившихся режимах и влияния скорости перемещения педали топливоподачи на дымность ПА проведены испытания АЦ-3,2-40/4 (43265) МОД. 014-МС, АЦ-3,2-40/4 (43253) МОД. 001-МС и АКП-32 (43118) интенсивного использования различных экологических классов.

Испытания проводились с использованием устройства скоростного режима, представленного на Рис.2, в котором микроконтроллер в соответствии с заданной программой [10] формировал командные сигналы на релейный модуль для переключения направления потоков воздуха в электромагнитном клапане. Путем регулировки выходного давления с помощью редуктора компрессора в диапазоне от 0,01, 0,05, 0,1, 0,15 и 0,2 МПа, время нажатия на педаль топливоподачи до упора штоком пневматического цилиндра составило 2,4, 1,4, 0,9, 0,3 и 0,1 секунду соответственно.



а)



б)

*Рис.2. Размещение устройства изменения скоростного режима двигателя
а) вид в кабине ПА; б) вид около кабины ПА*

Проверки дымности ПА проводились с использованием измерителя дымности ОГ «МЕТА-01 МП 0.1» путем равномерного перемещения педали топливоподачи ПА за различные временные интервалы, инициируя создание 6 циклов свободного ускорения коленчатого вала двигателя с замером наибольшей дымности каждого цикла.

Результаты исследования и обработка данных

На панели приборов и выключателей ПА отсутствовала индикация о неисправностях автомобиля, внешний осмотр систем выпуска и нейтрализации отработавших газов недостатков не выявил. Результаты проверки дымности представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты проверки дымности ПА

№ п/п	Наименование параметра и модели ПА	Время перемещения педали топливоподачи, сек.				
		0,1	0,3	0,9	1,4	2,4
1.	Дымность АЦ-3,2-40/4 (43265) МОД. 014-МС с двигателем Cummins ISB6.7E5310 (ЕВРО-5), м ⁻¹	0,3	0,3	0,3	0,31	0,31
2.	Дымность АЦ-3,2-40/4 (43253) МОД. 001-МС с двигателем Cummins 6ISBe210 (ЕВРО-3), м ⁻¹	0,42	0,49	0,45	0,41	0,38
3.	Дымность АКП-32 (43118) с двигателем КАМАЗ 740310 (ЕВРО-0), м ⁻¹	1,34	1,18	0,86	0,21	0,11

Результаты проверки ПА пятого экологического класса показали, что независимо от времени нажатия на педаль топливоподачи дымность отработавших газов практически не изменяется, что может быть связано с работой систем автоматики ПА, за счет предварительного анализа параметров работы электронным блоком управления двигателя протекающих процессов с выдачей регулировочных сигналов на исполнительные устройства с целью минимизации опасных переходных процессов.

Максимальные значения дымности ПА третьего и нулевого экологического класса регистрировались при воздействии на педаль топливоподачи за 0,3 секунды, что свидетельствовало о выходе двигателя на внешнюю корректурную ветвь.

Заключение

Проведенные исследования в рамках разработки методики проведения проверок дымности дизельных пожарных автомобилей с использованием устройства изменения скоростного режима двигателя свидетельствуют о необходимости внесения изменений с стандартизованную методику проверки экологической безопасности дизельных двигателей, уменьшив временные параметры воздействия на педаль топливоподачи с 0,5-1 секунды до 0,3-0,5 секунды, так как именно этот временной промежуток обеспечивает выход двигателя на внешнюю корректурную ветвь, сопровождающуюся повышенным содержанием сажи в отработавших газах.

Список источников

1. 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 / Саватеев А.И. – Санкт-Петербург, 2002. – 163 с.
2. Смoryго 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 / Смoryго Владимир Валерьевич. – Санкт-Петербург, 2006. – 136 с.
3. Филин И.Н. Улучшение экологических показателей автомобилей семейства КамАЗ путем применения рациональных регулировок топливной системы и нейтрализации отработавших газов : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / С.-Петербург. аграрный ун-т.- Санкт-Петербург, 1995.- 18 с.: ил. РГБ ОД, 9 95-4/1885-2.
4. Фомичев А.И. Комплексный метод оперативного контроля топливных и экологических показателей работы тракторных дизелей в условиях эксплуатации: специальность 05.20.03 "Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фомичев А.И. – Ленинград-Пушкин, 1990. – 186 с.
5. Гавкалюк Б.В., Ложкин В.Н., Сацук И.В. Сервис пожарной безопасности по критериям технической готовности машин специального назначения // Проблемы

управления рисками в техносфере. 2024. №. 1. С. 60-66. DOI: <https://doi.org/10.61260/1998-8990-2024-1-60-66>.

6. Сацук И.В. Теоретическая модель диагностирования силовых установок пожарных автомобилей по критериям конструктивной (пожарной) безопасности / Сацук И.В. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2024. – Т. 32, № 1. – С. 160-168. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.66.36.017.

7. 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/>.

8. Патент на полезную модель № 226702 U1 Российская Федерация, МПК F02D 41/10, G01M 15/02. Устройство изменения скоростного режима дизеля при измерении дымности отработавших газов: № 2024103760; заявл. 15.02.2024; опубл. 18.06.2024 / Галайко В.В., Ложкин В.Н., Сацук И.В.

9. Ложкин В.Н. Электромеханический манипулятор для выявления аварийно-опасных режимов эксплуатации дизельных машин в условиях Арктики / Ложкин В.Н. // Экстремальная робототехника. – 2021. – № 1(32). – С. 123-130.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023688413 Российская Федерация. Программа управления робота-манипулятора на базе Arduino для выполнения операций в рамках проверки дизельных пожарных автомобилей на дымность в режиме свободного ускорения: № 2023688453; заявл. 22.12.2023; опубл. 22.12.2023 / Сацук И.В., Ложкин В.Н., заявитель ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

References

1. Savateev A.I. Modification of 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 / Savateev A.I. - St. Petersburg, 2002. - 163 p.

2. Smorygo V.V. Improving the safety of using diesel fire trucks by optimizing the adjustments of fuel equipment: specialty 05.26.03 "Fire and industrial safety (by industry)": dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Smorygo Vladimir Valerievich. - St. Petersburg, 2006. - 136 p.

3. Filin I.N. Improving the environmental performance of KamAZ family vehicles by using rational adjustments to the fuel system and neutralization of exhaust gases: abstract of the dissertation ... candidate of technical sciences: 05.20.03 / St. Petersburg. Agrarian University. - St. Petersburg, 1995 - 18 p.: ill. RSL OD, 9 95-4 / 1885-2.

4. Fomichev A.I. Integrated method for operational monitoring of fuel and environmental performance of tractor diesel engines under operating conditions: specialty 05.20.03 "Technologies and means of maintenance in agriculture": dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Fomichev A.I. - Leningrad-Pushkin, 1990. - 186 p.

5. Gavkalyuk B.V., Lozhkin V.N., Satsuk I.V. Fire safety service based on technical readiness criteria for special-purpose vehicles // Problems of risk management in the technosphere. 2024. №. 1. P. 60-66. DOI: <https://doi.org/10.61260/1998-8990-2024-1-60-66>.

6. Satsuk I.V. Theoretical model for diagnosing power plants of fire trucks based on design (fire) safety criteria / I. V. Satsuk // Siberian fire and rescue bulletin. - 2024. - Vol. 32, №. 1. - P. 160-168. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.66.36.017.

7. GOST 33997-2016. "Interstate standard. Wheeled vehicles. Operational safety requirements and testing methods" [Electronic resource]. – Access mode: <https://base.garant.ru/71871854/>.

8. Patent for utility model №. 226702 U1 Russian Federation, IPC F02D 41/10, G01M 15/02. Device for changing the speed mode of a diesel engine when measuring exhaust smoke: №. 2024103760; declared. 15.02.2024; publ. 18.06.2024 / Galayko V.V., Lozhkin V.N., Satsuk I.V.

9. Lozhkin V.N. Electromechanical manipulator for identifying emergency-hazardous modes of operation of diesel vehicles in Arctic conditions / Lozhkin V.N. // Extreme robotics. - 2021. - №. 1 (32). - P. 123-130.

10. Certificate of state registration of computer program №. 2023688413 Russian Federation. Control program for an Arduino-based robotic manipulator for performing operations as part of checking diesel fire trucks for smoke in free acceleration mode: №. 2023688453: declared. 22.12.2023: publ. 12/22/2023 / Satsuk I.V., Lozhkin V.N.; applicant FGBOU VO Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia.

Информация об авторах

В.Н. Ложкин - доктор технических наук, профессор

Е.И. Голякова - кандидат технических наук

Information about the author

V.N. Lozhkin - Doctor of Technical Sciences, Professor

E.I. Golyakova - PhD in Technical Sciences

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.07.2024, одобрена после рецензирования 26.08.2024, принята к публикации 06.09.2024.

The article was submitted 30.07.2024, approved after reviewing 26.08.2024, accepted for publication 06.09.2024.