

УДК 656.13:614.846.6:621.43.068

© В. Н. Ложкин, д-р техн. наук, профессор  
(Санкт-Петербургский университет государственной  
противопожарной службы МЧС России,  
Санкт-Петербург, Россия)  
E-mail: vnlojkin@yandex.ru  
© И. В. Сацук, исследователь  
(Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС  
МЧС России, Железногорск, Россия)  
E-mail: kviteren@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2024-21-6-95-102

© V. N. Lozhkin, Dr Sci. Tech., Professor  
(St. Petersburg University EMERCOM of Russia,  
St. Petersburg, Russia)  
E-mail: vnlojkin@yandex.ru  
© I. V. Satsuk, researcher  
(Siberian Fire and Rescue Academy  
EMERCOM of Russia,  
Zheleznogorsk, Russia)  
E-mail: kviteren@gmail.com

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД ПРОВЕДЕНИЯ ПРОВЕРОК ДЫМНОСТИ ДИЗЕЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСТРОЙСТВА ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ДВИГАТЕЛЯ

### AN IMPROVED METHOD FOR CONDUCTING SMOKE INSPECTIONS OF DIESEL FIRE TRUCKS USING AN ENGINE SPEED CONTROL DEVICE

С учетом развития технологий пожаротушения и конструкций автомобилей пожарного назначения усовершенствован метод проведения технического диагностирования исправности дизельных двигателей пожарных автомобилей в условиях эксплуатации. Метод основан на использовании устройства изменения скоростного режима двигателя в режиме «свободного ускорения» без внешней нагрузки, управляемого оригинальной программой, и отличается повышением точности воспроизведения временного интервала воздействия на педаль топливоподачи при проведении замеров дымности отработавших газов за счет равномерного и плавного перемещения педали с требуемой интенсивностью. Способ протестирован на двигателе ЯМЗ-53623 АЦ-6,0 40 (5557). Предложены алгоритмы применения методики при проведении диагностирования конструктивной безопасности (исправности) дизельных двигателей пожарных автомобилей в ремонтно-технических центрах МЧС России по дымности и значениям концентраций в отработавших газах вредных (загрязняющих) веществ.

*Ключевые слова:* робот-манипулятор, интеллектуальная система, пожарная машина, диагностика.

Taking into account the development of fire extinguishing technologies and the design of fire-fighting vehicles, there has been improved the method of technical diagnostics of the serviceability of diesel engines of fire-fighting vehicles under operating conditions. The method is based on the use of a device for changing the engine speed mode in the «free acceleration» mode without an external load, controlled by an original program, and is characterized by increasing the accuracy of reproducing the time interval of action on the accelerator pedal when measuring exhaust gas opacity due to uniform and smooth movement of the pedal with the required intensity. The method was tested on the YAMZ-53623 AC-6.0 40 (5557) engine. There have been proposed algorithms for applying the methodology when diagnosing the structural safety (serviceability) of diesel engines of fire trucks in repair and technical centers of the Russian Ministry of Emergency Situations based on smoke levels and concentration values of harmful (pollutant) substances in exhaust gases.

*Keywords:* robot manipulator, intelligent system, fire truck, diagnostics.

## Введение

В реальной эксплуатации пожарных автомобилей в силу разного рода причин, к которым следует отнести прежде всего особые форсированные (при следовании на пожар) и специфические (при работе на центробежный насос) режимы нагружения двигателей, их технические системы и агрегаты, особенно сопрягаемые элементы топливной аппаратуры, подвергаются повышенному износу [1–2]. Это приводит к нарушению установок регулировочных параметров, зазоров, и, как следствие, к повышенному выбросу в окружающую среду с отработавшими газами (ОГ) опасных химических веществ, а также перерасходу топлива [3–8].

Значения дымности непосредственно связаны с качеством процесса смесеобразования, обеспечиваемым работоспособным состоянием агрегатов и устройств системы питания, в частности, в значительной степени сохранением в условиях эксплуатации ее установочных регулировочных настроек. Кроме того, оказывают влияние следующие факторы: степень сжатия рабочего тела, которая в эксплуатации определяется износами в контактных сопряжениях деталей цилиндропоршневой группы; загрязненность воздушного фильтра; отложения нагара в проточных элементах турбоагрегата, распылителей форсунок и деталях системы рециркуляции ОГ. Соответствие качества топлива и моторного масла требованиям предприятия-изготовителя двигателя также оказывает существенное влияние на дымность ОГ в эксплуатации.

С развитием технологий пожаротушения и автомобилестроения пожарные автомобили оснащаются электронными системами управления, работа которых обеспечивается датчиками, блоками управления и исполнительными механизмами, которые повышают безопасность водителя, участников дорожного движения и качество воздушной среды. Требования к экологичности пожарных ав-

томобилей обусловили установку на их двигатели систем бортовой диагностики, рециркуляции, нейтрализации и фильтрации ОГ, от исправности и качества обслуживания которых стала зависеть не только экологическая, но и их пожарная безопасность [2, 9].

Поэтому необходимость разработки методов безразборного технического диагностирования силовых установок пожарных автомобилей по выявлению реального их технического состояния для снижения их пожарной опасности и безотказной работы при тушении пожаров является актуальной и определила цель работы: совершенствование методики проведения проверок дымности дизельных пожарных автомобилей (ПА) с использованием устройства изменения скоростного режима двигателя [10, 11].

## Методы

Научное обоснование предлагаемого метода диагностики технического состояния дизельных двигателей ПА в эксплуатации с использованием устройства изменения его скоростного режима основано на ранее доказанной авторами гипотезе [1, 10] о том, что ниже отмеченные критические неисправности дизеля имеют закономерное проявление в изменении состава ОГ, в частности в росте значений дымности ОГ как продукта незавершенного окисления топлива.

Теоретико-методическим анализом, проведенным в работе [12], было установлено, что на режиме свободного ускорения (СУ) без внешней нагрузки индикаторная мощность, развиваемая в цилиндрах дизеля при интенсивной подаче топлива через педаль акселератора, уравнивается в соответствии с законом сохранения энергии, внутренними силами инерции деталей, совершающих соответственно росту топливоподачи непрерывно ускоряющееся возвратно-поступательное (поршни, шатуны и др.) и вращательное (коленчатый вал, маховик и др.) движение.

Дальнейшими методическими экспериментальными исследованиями [13] было

установлено, что, во-первых, максимальные значения дымности (проявления неисправностей) имеют место при работе двигателя по «корректорной ветви» скоростной характеристики и, во-вторых, стабильность выхода в режиме СУ на эту характеристику в повторяющихся шести циклах нагружения обеспечивалась при времени воздействия на педаль «акселератора» водителем не более чем за 0,5 с.

Видимо, принимая во внимание человеческий фактор, в частности опыт водителя (оператора), в приложении Е к ГОСТ 33997<sup>1</sup> было предусмотрено расширение этого временного интервала до 1 с. Таким образом, оригинальное устройство для проверок дымности ПА (рис. 1) расширило диагностические возможности базового стандартного метода путем стабилизации блоком управления по оригинальной программе необходимого времени открытия клапана подачи воздуха в пневмоцилиндр, обеспечивая тем самым требуемую стабилизацию интервала

<sup>1</sup> ГОСТ 33997–2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки.

ускорения двигателя управляемым воздействием на педаль «акселератора» из кабины пожарного автомобиля.

Для работы устройства диагностику достаточно установить его на полу рабочего места водителя (рис. 2), осуществить его электропитание, подсоединить редуктор к компрессору поста технического обслуживания, находящегося под давлением.

Далее на компьютере в адресной строке ввести IP-адрес устройства и на стартовой веб-странице нажать кнопку запуска устройства (рис. 3).

Отличительной особенностью метода с использованием устройства является стабилизация временного интервала, идентичного времени перемещения педали топливopодачи в рамках создания шести циклов СУ, что позволяет в сравнении с перемещением педали топливopодачи оператором гарантированно выйти на «корректорную ветвь» скоростной характеристики и тем самым обеспечить максимальные методические возможности идентификации по составу и дымности ОГ неисправностей (отказов)

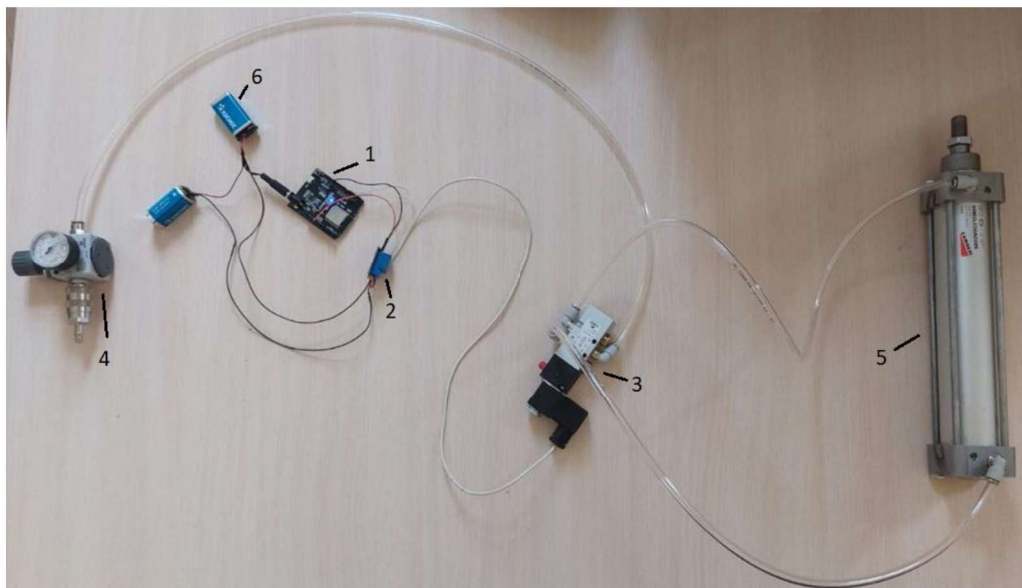


Рис. 1. Основные (в сборе) элементы устройства, реализующие вносимые в базовый стандартный режим СУ (необходимые для диагностики неисправностей) изменения: 1 — плата ESP32 с Wi-Fi / Bluetooth; 2 — модуль с одним реле; 3 — двухпозиционный электромагнитный пневматический клапан; 4 — регулятор давления с манометром; 5 — пневмоцилиндр; 6 — аккумуляторные батареи



Рис. 2. Размещение устройства изменения скоростного режима двигателя:  
а — вид в кабине; б — вид около кабины пожарного автомобиля

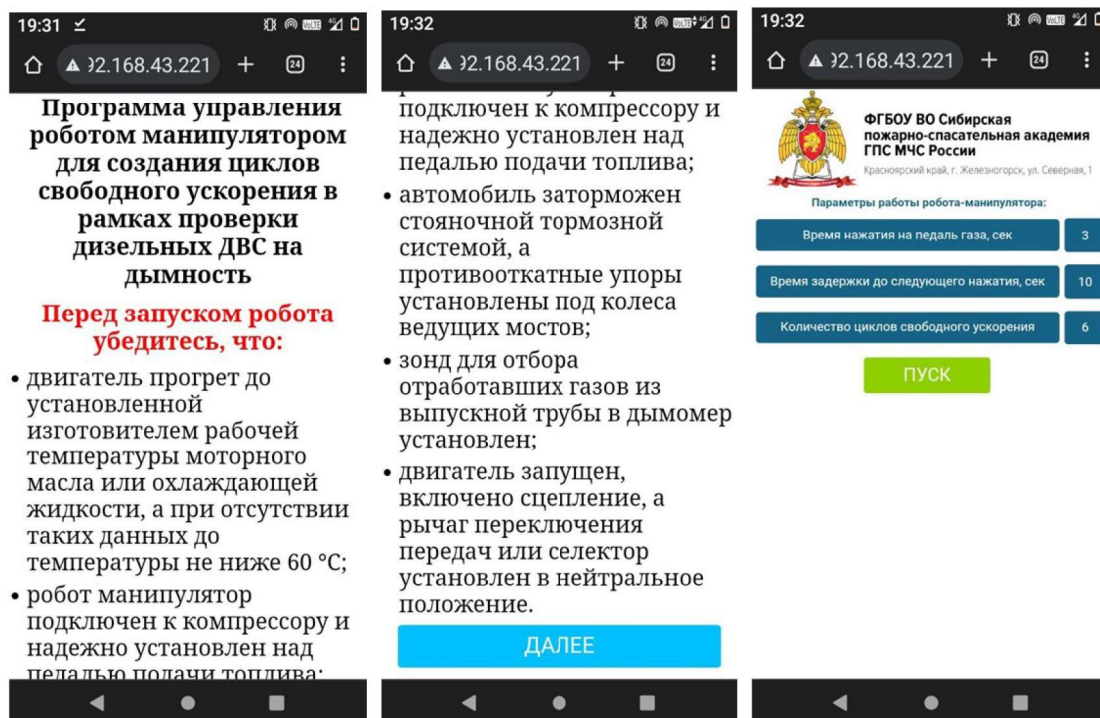


Рис. 3. Интерфейс управления разработанным роботизированным устройством

**Итоговые результаты замеров дымности при проведении эксперимента**

| Порядковый номер испытания, $n$ | $k_{ид}, м^{-1}$ | Результаты вычисления |                       | $k_y, м^{-1}$ | Результаты вычисления |                 |
|---------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|-----------------|
|                                 |                  | $k_{ид} - k_{ид}$     | $(k_{ид} - k_{ид})^2$ |               | $k_y - k_y$           | $(k_y - k_y)^2$ |
| 1                               | 0,41             | 0,127                 | 0,016129              | 0,27          | 0,018                 | 0,000324        |
| 2                               | 0,26             | 0,023                 | 0,000529              | 0,27          | 0,018                 | 0,000324        |
| 3                               | 0,29             | 0,007                 | 0,000049              | 0,31          | 0,022                 | 0,000484        |
| 4                               | 0,3              | 0,017                 | 0,000289              | 0,33          | 0,042                 | 0,001764        |
| 5                               | 0,27             | 0,013                 | 0,000169              | 0,28          | 0,008                 | 0,000064        |
| 6                               | 0,3              | 0,017                 | 0,000289              | 0,28          | 0,008                 | 0,000064        |
| 7                               | 0,28             | 0,003                 | 0,000009              | 0,28          | 0,008                 | 0,000064        |
| 8                               | 0,25             | 0,033                 | 0,001089              | 0,29          | 0,002                 | 0,000004        |
| 9                               | 0,25             | 0,033                 | 0,001089              | 0,27          | 0,018                 | 0,000324        |
| 10                              | 0,22             | 0,063                 | 0,003969              | 0,3           | 0,012                 | 0,000144        |
| Итого                           | 2,83             | 0,336                 | 0,156                 | 2,88          | 0,02361               | 0,00356         |

дизельных двигателей пожарных автомобилей.

#### Результаты сравнительных испытаний

При проведении сравнительных испытаний по оценке цикловой воспроизводимости значений дымности ОГ воздействие на педаль топливоподачи осуществлялось во временном диапазоне, рекомендуемом вышеупомянутым стандартом, — 0,9 с; обороты двигателя измерялись с помощью штатного тахометра с таким же временем воздействия на педаль топливоподачи.

Итоговые результаты замеров дымности представлены в таблице, где  $k_{ид}$  — дымность при воздействии на электронную педаль акселератора испытателем-диагностом,  $м^{-1}$ ;  $k_y$  — дымность при воздействии на электронную педаль акселератора устройством скоростного режима дизеля,  $м^{-1}$ .

По результатам углубленных доводочных испытаний на пожарной автоцистерне, анализа теоретических статистических закономерностей по уравнениям множественной регрессии с использованием устройства скоростного режима удалось снизить коэффициент вариации по среднему квадратическому отклонению на 37,5 %.

Таким образом, были устранены недостатки действующей стандартизированной методики контроля дымности, а именно —

субъективности восприятия водителем-диагностом времени воздействия на педаль топливоподачи транспортного средства и плавности этих воздействий.

#### Обсуждение

Использование предлагаемой методики при диагностике пожарных автомобилей позволит при использовании в ремонтно-технических центрах Красноярского края по значениям концентрации вредных веществ в отработавших газах производить расчеты удельной цикловой подачи топлива с последующим определением часового и удельного эффективного расходов топлива и исправности катализатора [14, 15].

Для диагностики пожарных автомобилей по данным дымности в режиме СУ предлагается использовать алгоритмы для диагностирования исправной работы топливной аппаратуры двигателя, которые позволяют идентифицировать значения основных диагностических параметров исправной работы топливной аппаратуры по комплексу измерений с учетом выявленных формул линейных зависимостей множественной регрессии [16, 17].

Применение методики позволит не только определить неисправности (отказы) распылителей форсунок, каталитических конверторов и топливных насосов высокого давле-

ния, но и целенаправленно оптимизировать установочные значения цикловой подачи, давления и угла опережения впрыска топлива, а также осуществлять подбор форсунок по пропускному сечению их распылителей, что будет способствовать не только снижению пожарной и экологической опасности пожарного автомобиля, но и существенному уменьшению расхода топлива [18].

### Выводы

Методика проведения проверок дымности дизельных колесных транспортных средств, отличающаяся увеличением точности метода за счет использования устройства изменения скоростного режима дизеля, позволяющего осуществлять равномерное стандартное перемещение педали топлива, исключая субъективность восприятия водителя, не нарушая требования стандартизированной методики проверки дизельного двигателя на дымность, значительно увеличивает точность самих замеров.

Разработанная методика применима в ремонтно-технических центрах МЧС России и позволит выявлять неисправности современных пожарных автомобилей до наступления критически опасных превышений параметров их работы с формированием электронным блоком управления сигнала об ошибке, а также позволит с большей точностью выбирать значения регулировочных параметров топливоподачи для снижения расхода топлива, экологической и пожарной опасности ПА.

### Библиографический список

1. Ложкин В. Н., Лакеев Д. А., Ложкина О. В. Особенности диагностирования двигателей пожарных автомобилей // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2011. № 3 (17). С. 6–13.
2. Гавкалюк Б. В., Ложкин В. Н., Смирнов А. С. Теория и практика обеспечения безопасности применения в условиях чрезвычайных ситуаций силовых установок пожарных автомобилей 4–5 поколений // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 2 (66). С. 8–15.
3. Ложкин В. Н., Онищенко И. А., Ложкина О. В. К методологии сервисного диагностирования пожароопасных режимов работы каталитических нейтрализаторов аварийно-спасательных машин в арктических условиях // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика — регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург, 29 сентября 2016 г. / сост. Н. В. Федорова. СПб.: Санкт-Петербургский ун-т гос. противопожарной службы МЧС России, 2016. С. 65–69.
4. Ложкин В. Н., Ложкина О. В., Гавкалюк Б. В. Контроль экологической эффективности и пожарной безопасности топливно-каталитических систем автотранспорта применительно к условиям сервисного обслуживания // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 1 (27). С. 13–17.
5. Ложкин В. Н. Об эффективности применения каталитических нейтрализаторов на автотранспорте // Вопросы охраны атмосферы от загрязнений. Информационный бюллетень. СПб.: НПК «Атмосфера», 1994. С. 21–32.
6. Ложкина О. В. Методология прогнозирования и мониторинга чрезвычайного воздействия транспорта на городскую среду и население: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2018. 379 с.
7. Blyankinshtein I., Askhabov A., Voevodin E., Kashura A., Malchikov S. Concept and models for evaluation of black and white smoke components in diesel engine exhaust // Transport Problems. 2017. Vol. 12 (3). Pp. 83–91. DOI 10.20858/tp.2017.12.3.8.
8. Pandey A., Pandey G., Mishra R. K. An in situ exploratory analysis of diesel cars' emission: way forward on policy evaluation // Environ Sci Pollut Res Int. 2022. Vol. 29 (56). Pp. 84434–84450. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21719-4>.
9. Pérez A., Ramos R., Montero G., Coronado M., García C., Pérez R. Virtual instrument for emissions measurement of internal combustion engines // Journal of Analytical Methods in Chemistry. 2016. No. 4. Pp. 1–13. DOI 10.1155/2016/9459516.
10. Ложкин В. Н. Электромеханический манипулятор для выявления аварийно-опасных режимов эксплуатации дизельных машин в условиях Арктики // Экстремальная робототехника. 2021. № 1 (32). С. 123–130.
11. Крашенинников С. В. Современные подходы к диагностированию дизельных двигателей внутреннего сгорания // Вестник Новосибирского гос. пед. ун-та. 2013. № 2 (12). С. 59–68.
12. Сацук И. В. Теоретическая модель диагностирования силовых установок пожарных автомобилей

по критериям конструктивной (пожарной) безопасности // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 1 (32). С. 160–168.

13. 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. URL: <https://doi.org/10.61260/1998-8990-2024-1-60-66>

14. Осипов Д. В. Методика прогнозирования эффективности и пожарной безопасности нейтрализаторов транспортных средств: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2011. 161 с.

15. Саватеев А. И. Модификация систем выпуска отработавших газов пожарных автомобилей, разогреваемыми каталитическими конверторами: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2002. 164 с.

16. Сморгыо В. В. Повышение безопасности применения дизельных пожарных автомобилей путем оптимизации регулировок топливной аппаратуры: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2006. 136 с.

17. Филин И. Н. Улучшение экологических показателей автомобилей семейства КамАЗ путем применения рациональных регулировок топливной системы и нейтрализации отработавших газов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 1995. 18 с.

18. Фомичев А. И. Комплексный метод оперативного контроля топливных и экологических показателей работы тракторных дизелей в условиях эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук. Л., 1990. 189 с.

## References

1. Lozhkin V. N., Lakeev D. A., Lozhkina O. V. *Osobennosti diagnostirovaniya dvigateley pozharnykh avtomobiley* [Features of diagnosing the engines of fire engines]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa – Techno-technological problems of service*, 2011, no. 3 (17), pp. 6–13.

2. Gavkalyuk B. V., Lozhkin V. N., Smirnov A. S. *Teoriya i praktika obespecheniya bezopasnosti primeneniya v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy silovykh ustanovok pozharnykh avtomobiley 4–5 pokoleniy* [Theory and practice of ensuring the safety of application in emergency situations of power plants of fire engines of 4–5 generations]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere – Problems of risk management in the technosphere*, 2023, no. 2 (66), pp. 8–15.

3. Lozhkin V. N., Onishchenko I. A., Lozhkina O. V. *K metodologii servisnogo diagnostirovaniya pozharoopasnykh rezhimov raboty kataliticheskikh neytralizatorov avariynno-spasatel'nykh mashin v arkticheskikh usloviyakh* [Regarding the methodology of

service diagnostics of fire hazardous modes of operation of catalytic converters of rescue vehicles in arctic conditions]. *Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Arktika — region strategicheskikh interesov: pravovaya politika i sovremennye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti v Arkticheskom regione. Trudy Vseros. nauch.-prakt. konf. Sankt-Peterburg, 29 sentyabrya 2016 g.* [Safety service in Russia: experience, problems, prospects. Arctic as the region of strategic interests: legal policy and modern technologies of security in the Arctic region. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference St. Petersburg, September 29, 2016]. Compiled by Fedorov N. V. St. Petersburg, Sankt-Peterburgskiy un-t gos. protivopozharnoy sluzhby MChS Rossii Publ., 2016, pp. 65–69.

4. Lozhkin V. N., Lozhkina O. V., Gavkalyuk B. V. *Kontrol' ekologicheskoy effektivnosti i pozharnoy bezopasnosti toplivno-kataliticheskikh sistem avtotransporta primenitel'no k usloviyam servisnogo obsluzhivaniya* [Control of ecological efficiency and fire safety of fuel-catalytic systems of motor vehicles in relation to the conditions of service]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa – Techno-technological problems of service*, 2014, no. 1 (27), pp. 13–17.

5. Lozhkin V. N. *Ob effektivnosti primeneniya kataliticheskikh neytralizatorov na avtotransporte* [About the efficiency of catalytic neutralizers application on motor transport]. *Voprosy okhrany atmosfery ot zagryazneniy. Informatsionnyy byulleten' – Issues of atmospheric protection from pollution. Information Bulletin*, St. Petersburg, NPK Atmosfera Publ., 1994, pp. 21–32.

6. Lozhkina O. V. *Metodologiya prognozirovaniya i monitoringa chrezvychaynogo vozdeystviya transporta na gorodskuyu sredu i naselenie. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Methodology of forecasting and monitoring of emergency impact of transportation on urban environment and population. Dr. Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2018, 379 p.

7. Blyankinshtein I., Askhabov A., Voevodin E., Kashura A., Malchikov S. Concept and models for evaluation of black and white smoke components in diesel engine exhaust. *Transport Problems*, 2017, vol. 12 (3), pp. 83–91. DOI 10.20858/tp.2017.12.3.8.

8. Pandey A., Pandey G., Mishra R. K. An in situ exploratory analysis of diesel cars' emission: way forward on policy evaluation. *Environ Sci Pollut Res Int.*, 2022, vol. 29 (56), pp. 84434–84450. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21719-4>.

9. Pérez A., Ramos R., Montero G., Coronado M., García C., Pérez R. Virtual instrument for emissions measurement of internal combustion engines. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2016, no. 4, pp. 1–13. DOI 10.1155/2016/9459516.

10. Lozhkin V. N. *Elektromekhanicheskiy manipulyator dlya vyyavleniya avariynno-opasnykh rezhimov ekspluatatsii dizel'nykh mashin v usloviyakh Arktiki* [Electromechanical manipulator for detection of emergency dangerous modes of operation of diesel machines in the Arctic conditions]. *Ekstremal'naya robototekhnika – Extreme Robotics*, 2021, no. 1 (32), pp. 123–130.
11. Krashenninikov S. V. *Sovremennye podkhody k diagnostirovaniyu dizel'nykh dvigateley vnutrennego sgoraniya* [Modern approaches to diagnostics of diesel engines of internal combustion]. *Vestnik Novosibirskogo gos. ped. un-ta – Bulletin of Novosibirsk State University*, 2013, no. 2 (12), pp. 59–68.
12. Satsuk I. V. *Teoreticheskaya model' diagnostirovaniya silovykh ustanovok pozharnykh avtomobiley po kriteriyam konstruktivnoy (pozharnoy) bezopasnosti* [Theoretical model of diagnostics of power installations of fire trucks by criteria of constructive (fire) safety]. *Sibirskiy pozharno-spasatel'niy vestnik – Siberian Fire-Rescue Bulletin*, 2024, no. 1 (32), pp. 160–168.
13. Gavkalyuk B. V., Lozhkin V. N., Satsuk I. V. *Servis pozharnoy bezopasnosti po kriteriyam tekhnicheskoy gotovnosti mashin spetsial'nogo naznacheniya* [Fire safety service by criteria of technical readiness of special purpose machines]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere – Problems of Risk Management in the Technosphere*, 2024, no. 1, pp. 60–66. Available at: <https://doi.org/10.61260/1998-8990-2024-1-60-66>.
14. Osipov D. V. *Metodika prognozirovaniya effektivnosti i pozharnoy bezopasnosti neytralizatorov transportnykh sredstv*. Diss. kand. tekhn. nauk [Methodology of forecasting of efficiency and fire safety of vehicle neutralizers. PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2011, 161 p.
15. Savateev A. I. *Modifikatsiya sistem vypuska otrabotavshikh gazov pozharnykh avtomobiley, razogrevaemymi kataliticheskimi konvertorami*. Diss. kand. tekhn. nauk [Modification of exhaust gas exhaust systems of fire-fighting vehicles heated by catalytic converters. PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2002, 164 p.
16. Smorygo V. V. *Povyshenie bezopasnosti primeneniya dizel'nykh pozharnykh avtomobiley putem optimizatsii regulirovok toplivnoy apparatury*. Diss. kand. tekhn. nauk [Increasing the safety of application of diesel fire-fighting vehicles by optimization of adjustments of the fuel apparatus. PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2006, 136 p.
17. Filin I. N. *Uluchshenie ekologicheskikh pokazateley avtomobiley semeystva KamAZ putem primeneniya ratsional'nykh regulirovok toplivnoy sistemy i neytralizatsii otrabotavshikh gazov*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Improvement of environmental performance of vehicles of KAMAZ family by using rational adjustments of fuel system and neutralization of exhaust gases. Author's thesis of PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 1995, 18 p.
18. Fomichev A. I. *Kompleksniy metod operativnogo kontrolya toplivnykh i ekologicheskikh pokazateley raboty traktornykh dizeley v usloviyakh ekspluatatsii*. Diss. kand. tekhn. nauk [Complex method of operational control of fuel and ecological indicators of tractor diesel engines in operation conditions]. PhD in Sci. Tech. diss.]. Leningrad, 1990, 189 p.