

Научная статья

УДК 656.13:614.846.6; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-107-113

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРЕГАТОВ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДОСТАВКИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЛИЧНОГО СОСТАВА ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Гавкалюк Богдан Васильевич;

✉ **Ложкин Владимир Николаевич.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ vnlojkin@yandex.ru

Аннотация. Исследуются вопросы сохранения надежности функционирования силовых агрегатов мобильных технических средств, предназначенных для доставки специализированного оборудования и личного состава к местам тушения пожаров. Применительно к умеренно форсированным силовым агрегатам (4Ч11/12.5; 4ЧН11/12.5) для шасси пожарных автомобилей среднетоннажного класса (ЗИЛ-5301; ГАЗ-3403) экспериментальным путем изучены статистические закономерности изменения характеристик их технического состояния в зависимости от наработки в моточасах. Закономерности позволяют с высокой степенью достоверности обосновать взаимосвязь технического состояния силовых агрегатов и их топливной аппаратуры с показателями эффективности применения мобильной пожарной техники: мощности, топливной экономичности и экологической безопасности в процессах длительной их оперативной эксплуатации по основному назначению – тушению пожаров.

Ключевые слова: мобильное средство, силовой агрегат, надежность, эффективность, тушение пожара

Для цитирования: Гавкалюк Б.В., Ложкин В.Н. Повышение эффективности агрегатов мобильных средств доставки специализированного оборудования и личного состава для тушения пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 1 (69). С. 107–113. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-107-113.

Scientific article

INCREASING THE EFFICIENCY OF MOBILE DELIVERY UNITS OF SPECIALIZED EQUIPMENT AND PERSONNEL FOR FIRE FIGHTING

Gavkalyuk Bogdan V.;

✉ **Lozhkin Vladimir N.**

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ vnlojkin@yandex.ru

Abstract. The issues of maintaining the reliability of the functioning of power units of mobile technical equipment designed to deliver specialized equipment and personnel to firefighting sites are being investigated. In relation to moderately boosted power units (4Ch11/12.5; 4ChN11/12.5) for the chassis of medium-duty fire-fighting vehicles (ZIL-5301; GAZ-3403), statistical patterns of changes in the characteristics of their technical condition depending on the operating time in engine hours were studied experimentally. The patterns make it possible, with a high degree of reliability, to substantiate the relationship between the technical condition of power units and their fuel equipment with indicators of the effectiveness of the use of mobile fire fighting equipment: power, fuel efficiency and environmental safety in the processes of their long-term operational operation for their main purpose – fire extinguishing.

Keywords: mobile vehicle, power unit, reliability, efficiency, fire extinguishing

For citation: Gavkalyuk B.V., Lozhkin V.N. Increasing the efficiency of mobile delivery units of specialized equipment and personnel for fire fighting // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 1 (69). P. 107–113. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-107-113.

Введение. Состояние проблемы

Мобильные технические средства, предназначенные для тушения ландшафтных и техногенных (городских) пожаров, должны сегодня адаптироваться к изменяющейся глобальной пожарной активности [1], на которую оказывает влияние множество факторов гетерогенной природы (изменение климата, плотность городской застройки и т.д.). Например, при тушении ландшафтных (лесных, торфяных) пожаров [2], пожарная активность которых связана с изменением климата в результате индустриальной деятельности человека, мобильные технические средства должны наносить минимальный урон растительному покрову, при тушении пожаров в зданиях и сооружениях в условиях плотной городской застройки [3] – должны обладать маневренностью. В обоих приведенных примерах базовые шасси мобильных средств доставки огнетушащих средств, специализированного оборудования и личного состава, к которым относятся пожарные автомобили (ПА), предпочтительно конструировать относительно «легкими» и малогабаритными (Milos Nikolovski. How Much Do Fire Trucks Weigh? A Detailed Comparison // SouthwestJournal. 2023. December 28 (<https://www.southwestjournal.com/general/fire-trucks-weight/>) [4].

Следуя стратегии [3] повышения технических показателей мобильных средств доставки оборудования и пожарно-спасательных подразделений (ПСП) к местам тушения пожаров и принимая во внимание ограниченность индустриально-экономических возможностей для радикального перевооружения пожарной техники до уровня высоких технологических классов [5], парк ПА МЧС России надежно обеспечивает и наращивает функциональную эффективность [6] и безопасность [7] аварийного реагирования на чрезвычайные ситуации (ЧС).

Однако статистический анализ, проведенный в работе [8], показал, что в настоящее время в подразделениях Государственной противопожарной службы МЧС России применяются в подавляющем большинстве ПА тяжелых классов с силовыми агрегатами «КамАЗ», «МАЗ», «MAN» и т.п. Применение таких мобильных средств доставки специализированной техники и личного состава для тушения пожаров в городах и природных лесных ландшафтах, по выше отмеченным причинам, нерационально. Ранее [3] было засвидетельствовано, что привод центробежных насосов на автоцистернах (АЦ) и насосно-рукавных машинах дизелями большой мощности сопряжен с потреблением горючего на единицу полезной мощности в 15–20 раз больше, чем на АЦ базовых шасси ЗИЛ-5301, ГАЗ-3403 с силовыми агрегатами модификаций Д-247 (4ЧН11/12.5 [9]).

В связи с отмеченными убедительными перспективами развития мобильной пожарной техники стали актуальными постановка и исполнение научных экспериментальных исследований по оценкам влияния «накопленной наработки» на закономерности изменения эффективных показателей силовых агрегатов среднего тягового класса в реальных условиях эксплуатации.

Объекты и методика экспериментальных исследований

Исследования были организованы на лабораторной базе ОАО ЦНИТА. Производилась оценка влияния «накопленной наработки» силового агрегата (Д) и топливоподающей аппаратуры (ТА) при реальных условиях эксплуатации на показатели эффективности его работы: развиваемую номинальную мощность ($N_{ен}$), удельный эффективный расход топлива (g_e) и задымленность отработавших газов (на режиме номинальной мощности (K_n) и на режиме максимальных оборотов холостого хода ($K_{max_{ХХ}}$).

Объектами испытаний являлись:

– три силовых агрегата 4Ч11/12.5 с «накопленной наработкой» 700 (Д1), 3 000 (Д2), 5 800 (Д3) моточасов;

– топливоподающая аппаратура (ТА), которая включала:

а) 3 топливоподающих насоса высокого давления УТН-5 с «накопленной наработкой» 0, 3000 и 5 800 моточасов;

б) 2 комплекта инжекторов ФД-22-П с «накопленной наработкой» 0 и 3 000 моточасов.

В ходе подготовки к моторным испытаниям, в соответствии с требованиями ГОСТ 10578–2020, была выполнена техническая экспертиза топливоподающих насосов высокого давления на стенде С-110 («Моторпал») по контрольному комплекту эталонных инжекторов.

Затем была проведена комплектация ТА (табл. 1) и выявлены безмоторным методом характеристики топливоподающих насосов с соответствующими им рабочими комплектами инжекторов. Насосы были настроены на величины степени коррекции топливоподачи относительно номинала, 13...18 %.

Таблица 1

Комплектация опытных ТА

Условное обозначение комплекта ТА	Топливоподающий насос с «накопленной наработкой», моточасы			Форсунки с накопленной «наработкой», моточасы	
	0	3 000	5 800	0	3 000
ТА1					
ТА2	+			+	+
ТА3		+	+		+

Программой экспериментальных исследований для каждого из девяти сочетаний объектов испытаний (девяти трехкратно повторенных опытов), указанных в табл. 2, предполагалось снятие внешней скоростной (регуляторной) характеристики в соответствии с ГОСТ 14846–2020.

Таблица 2

Сочетания экспериментальных объектов испытаний

Силовой агрегат (Д) с «накопленной наработкой», моточасы			Экспериментальный комплект ТА		
700	3 000	5 800	ТА1	ТА2	ТА3
			+	+	+
+			+	+	+
+	+				
+	+	+	+	+	+
		+			
		+			
		+			

Результаты экспериментальных исследований

Испытания производились на трех силовых агрегатах 4Ч11/12.5 [10] в порядке следования опытов и комплектации ТА в соответствии с табл. 2 на дизельном топливе марки ДТ-Л-40-К2 по ГОСТ 305–213.

Сводные результаты экспериментальных исследований, проведенных в соответствии с вышеописанной методикой, показаны на рисунке в графической форме представления закономерных эмпирических зависимостей [11]: $Ne_H = f(TA)$, $g_e = f(TA)$, $K_H = f(TA)$, $K_{max_{XX3}} = f(TA)$. Индекс «3» в показателе $K_{max_{XX}}$ указывает на то, что испытания проводились на силовом агрегате 4Ч11/12.5 с «накопленной наработкой» 5 800 моточасов.

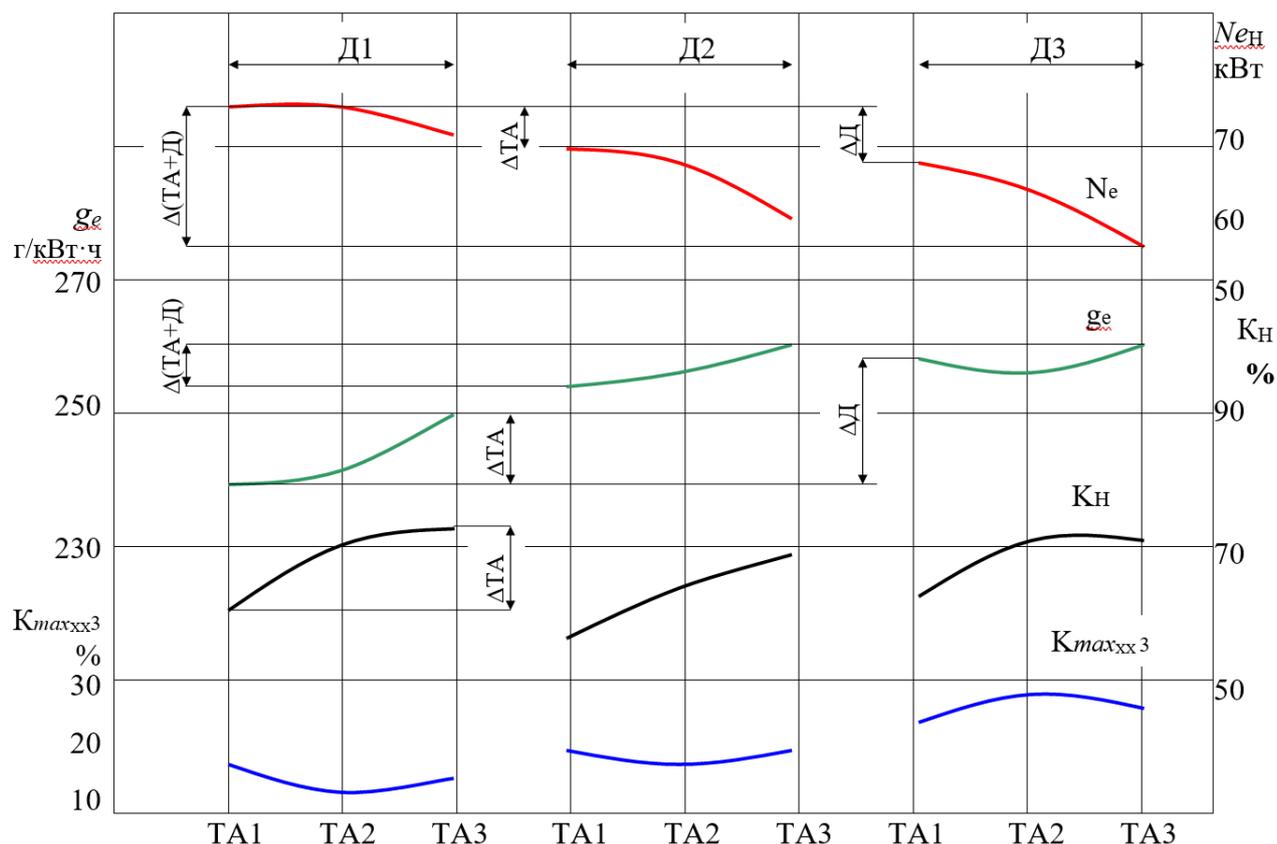


Рис. Влияние «накопленной наработки» Д и ТА на показатели эффективности 4ЧН11/12.5:
 ΔTA – изменение показателей силовых агрегатов от «накопленной наработки» ТА;
 ΔD – изменение показателей силовых агрегатов от «накопленной наработки» 4ЧН11/12.5;
 $\Delta (TA + D)$ – изменение показателей от «накопленной наработки» ТА и 4ЧН11/12.5

Анализ представленных на рисунке сводных результатов экспериментальных исследований эффективности работы агрегатов мобильных средств доставки ПСП и специализированного оборудования для тушения пожаров позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Методы контроля ТА, регламентируемые стандартами на сертификацию силовых агрегатов по показателям Ne_H , g_e , K_H для условий производства, требуют корректировки диагностических подходов к установлению остаточной их надежности и работоспособности в условиях эксплуатации, поскольку не выявляют в достаточной мере объективные нарушения в процессах подачи топлива, которые появляются по мере «накопления наработки ТА» до 5 800 моточасов.

2. Доказательством данного вывода является зарегистрированный факт заметного изменения показателей эффективности работы силовых агрегатов на комплектах ТА

различной «накопленной наработки» топливopодающих насосов высокого давления и инжекторов, хотя перед проведением контрольных испытаний в комплектах ТА (ТА1, ТА2, ТА3) практически восстанавливались исходные установочные регулировки топливopодачи на безмоторном стенде.

3. Изменение «накопленной наработки» ТА способно дать до 50 % общего прироста K_n (по отношению к 100 % общего прироста K_n). Рост g_e на 1 %, как следствия «накопленной наработки» ТА, способно повысить значение K_n до 5 %. При этом не наблюдалось значимое изменение значений $K_{МАХХХ}$.

4. Изменение «накопленной наработки» силового агрегата в исследованных пределах до 5 800 моточасов сопровождалось весьма чувствительным изменением основных показателей эффективности и задымленности отработавших газов на режиме холостого хода $K_{тахххЗ}$, в то же время, не оказывая заметного влияния на значения задымленности отработавших газов K_n при работе силового агрегата на номинальной нагрузке.

Список источников

1. Abatzoglou J.T., Williams A.P., Barbero R. Global emergence of anthropogenic climate change in fire weather indices // *Geophysical Research Letters*. 2019. № 46. P. 326–336. DOI: 10.1029/2018GL080959.

2. Technological employment of fire-fighting adapter to increase the efficiency of extinguishing forest fires / M. Hnilicová [et al.] // *Central European Forestry Journal*. 2022. № 68 (4). P. 471–486. DOI: 10.2478/forj-2022-0009.

3. Гавкалюк Б.В., Ложкин В.Н. Теоретическая концепция контроля топливно-экономических параметров управляемого процесса горения в силовых агрегатах пожарных машин // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2020. № 1 (53). С. 65–71.

4. Математическая модель оптимизации прибытия пожарного подразделения с использованием информационных систем мониторинга транспортной логистики города Воронежа / А.В. Кочегаров [и др.] // *Вестник ВГУИТ*. 2016. № 3. С. 116–122. DOI: 10.20914/2310-1202-2016-3-116-122.

5. Проблемы возрастного состава пожарных автомобилей / А.И. Пичугин [и др.] // *Пожарная безопасность*. 2019. № 4 (97). С. 87–94.

6. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Catalytic Converter with Storage Device of Exhaust Gas Heat for City Bus // *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 20. P. 412–417. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.067.1.

7. Этапы и направления создания и производства пожарных автомобилей в современной России / В.И. Логинов [и др.] // *Пожарная безопасность*. 2022. № 2 (103). С. 51–59. DOI: 10.37657/vniipro.pb.2021.49.96.006.

8. Сацук И.В. Закономерности распределения и технического состояния эксплуатируемых пожарных автомобилей по показателям конструктивной безопасности силовых установок // *Сибирский пожарно-спасательный вестник*. 2022. № 2. С. 31–38. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.27.97.004.

9. Применение интегрированного расчетно-экспериментального комплекса для разработки и доводки рабочих процессов дизеля с аккумуляторной топливной системой / А.Ю. Дунин [и др.] // *Двигателестроение*. 2022. № 1 (287). С. 32–44.

10. Ложкин В.Н. Электромеханический манипулятор для выявления аварийно-опасных режимов эксплуатации дизельных машин в условиях Арктики // *Экстремальная робототехника*. 2021. Т. 1. № 1. С. 123–130. DOI: 10.31776/ConfER.

11. Зейнетдинов Р.А. Энергодинамика поршневых двигателей: монография. СПб.: СПбГАУ, 2018. 272 с.

References

1. Abatzoglou J.T., Williams A.P., Barbero R. Global emergence of anthropogenic climate change in fire weather indices // *Geophysical Research Letters*. 2019. № 46. P. 326–336. DOI: 10.1029/2018GL080959.
2. Technological employment of fire-fighting adapter to increase the efficiency of extinguishing forest fires / M. Hnilicová [et al.] // *Central European Forestry Journal*. 2022. № 68 (4). P. 471–486. DOI: 10.2478/forj-2022-0009.
3. Gavkalyuk B.V., Lozhkin V.N. Teoreticheskaya koncepciya kontrolya toplivno-ekonomicheskikh parametrov upravlyаемого processa goreniya v silovyh agregatah pozharnyh mashin // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2020. № 1 (53). P. 65–71.
4. Matematicheskaya model' optimizacii pribytiya pozharnogo podrazdeleniya s ispol'zovaniem informacionnyh sistem monitoringa transportnoj logistiki goroda Voronezha / A.V. Kochegarov [i dr.] // *Vestnik VGUIT*. 2016. № 3. P. 116–122. DOI: 10.20914/2310-1202-2016-3-116-122.
5. Problemy vozrastnogo sostava pozharnyh avtomobilej / A.I. Pichugin [i dr.] // *Pozharnaya bezopasnost'*. 2019. № 4 (97). P. 87–94.
6. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Catalytic Converter with Storage Device of Exhaust Gas Heat for City Bus // *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 20. P. 412–417. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.067.1.
7. Etapy i napravleniya sozdaniya i proizvodstva pozharnyh avtomobilej v sovremennoj Rossii / V.I. Loginov [i dr.] // *Pozharnaya bezopasnost'*. 2022. № 2 (103). P. 51–59. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2021.49.96.006.
8. Sacuk I.V. Zakonomernosti raspredeleniya i tekhnicheskogo sostoyaniya ekspluatiruemyh pozharnyh avtomobilej po pokazatelyam konstruktivnoj bezopasnosti silovyh ustanovok // *Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik*. 2022. № 2. P. 31–38. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.27.97.004.
9. Primenenie integrirovannogo raschetno-eksperimental'nogo kompleksa dlya razrabotki i dovodki rabochih processov dizelya s akkumulyatornoj toplivnoj sistemoj / A.Yu. Dunin [i dr.] // *Dvigatelistroenie*. 2022. № 1 (287). P. 32–44.
10. Lozhkin V.N. Elektromekhanicheskij manipulyator dlya vyyavleniya avarijno-opasnyh rezhimov ekspluatatsii dizel'nyh mashin v usloviyah Arktiki // *Ekstremal'naya robototekhnika*. 2021. T. 1. № 1. P. 123–130. DOI: 10.31776/ConfER.
11. Zejnetdinov R.A. Energodinamika porshnevnyh dvigatelej: monografiya. SPb.: SPbGAU, 2018. 272 p.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 02.03.2024; одобрена после рецензирования: 20.03.2024;
принята к публикации: 21.03.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 02.03.2024; approved after review: 20.03.2024;
accepted for publication: 21.03.2024

Информация об авторах:

Гавкалюк Богдан Васильевич, начальник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, доцент, e-mail: rector@igps.ru, SPIN-код: 6390-5867

Ложкин Владимир Николаевич, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, профессор, e-mail: vnlojkin@yandex.ru, SPIN-код: 9496-2451

Information about the authors:

Gavkalyuk Bogdan V., supervisor of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, associate professor, e-mail: rector@igps.ru, SPIN: 6390-5867

Lozhkin Vladimir N., professor of the department of fire, rescue equipment and automobile economy of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, professor, e-mail: vnlojkin@yandex.ru, SPIN: 9496-2451