

Научная статья

УДК 614.843

doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.27.45.014

Оценка влияния высоты пожарных автоцистерн на эффективность перекачки воды при тушении пожаров

Сергей Олегович Куртов

Виталий Петрович Малый

Ярослав Владимирович Гребнев

Владимир Михайлович Макаров

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Олегович Куртов, kurtovsergej1983@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме обеспечения бесперебойной подачи огнетушащих веществ при тушении пожаров с применением передвижной пожарной техники. В современных условиях эффективность пожаротушения во многом зависит от правильной организации перекачки воды и минимизации гидравлических потерь в насосно-рукавных системах. Особое внимание в работе уделено исследованию влияния высоты пожарных автоцистерн на общие гидравлические потери напора при транспортировке огнетушащих веществ. В ходе исследования проведены экспериментальные замеры высот различных типов пожарных автомобилей (автоцистерн), используемых в подразделениях МЧС России, а также выполнены расчеты потерь напора в напорных рукавных линиях с учетом различных схем перекачки. На основе полученных данных разработана классификация основных пожарных автомобилей общего применения (автоцистерн) по высоте, что позволяет более точно прогнозировать гидравлические характеристики насосно-рукавных систем. Ключевым результатом исследования стали практические рекомендации по корректировке существующих методик расчета предельных расстояний ступени перекачки с учетом высотных параметров пожарной техники. Предложенные решения направлены на оптимизацию работы пожарных подразделений при организации подачи огнетушащих веществ на значительные расстояния. Результаты работы имеют важное прикладное значение и могут быть использованы с целью повышения тактических возможностей пожарных подразделений при тушении пожаров, а также в учебном процессе образовательных учреждений МЧС России при подготовке специалистов пожарно-спасательного профиля.

Ключевые слова: пожарные рукава, потери напора, гидравлическое сопротивление, высота пожарного автомобиля

Для цитирования: Куртов С.О., Малый В.П., Гребнев Я.В., Макаров В.М. Оценка влияния высоты пожарных автоцистерн на эффективность перекачки воды при тушении пожаров // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 3 (38). С. 150-156. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.27.45.014>.

Original article.

Assessment of the effect of the height of fire trucks on the efficiency of pumping water during fire fighting

Sergey O. Kurtov

Vitaly P. Maly

Yaroslav V. Grebnev

Vladimir M. Makarov

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

Corresponding author: *Sergey O. Kurtov, kurtovsergej1983@yandex.ru*

Abstract. The article is devoted to the urgent problem of ensuring the uninterrupted supply of fire extinguishing agents when extinguishing fires using mobile fire fighting equipment. In modern conditions, the effectiveness of fire extinguishing largely depends on the proper organization of water pumping and minimizing hydraulic losses in pumping and bag systems. Special attention is paid to the study of the effect of the height of fire trucks on the overall hydraulic pressure loss during transportation of extinguishing agents. In the course of the study, experimental height measurements of various types of fire trucks (tanker trucks) used in the units of the Russian Ministry of Emergency Situations were carried out, as well as calculations of pressure losses in pressure hose lines, taking into account various pumping schemes. Based on the data obtained, a classification of the main general-purpose fire trucks (tanker trucks) by height has been developed, which makes it possible to more accurately predict the hydraulic characteristics of pumping and bag systems. The key result of the study was practical recommendations for adjusting existing methods for calculating the maximum pumping stage distances, taking into account the altitude parameters of fire equipment. The proposed solutions are aimed at optimizing the work of fire departments when organizing the supply of extinguishing agents over long distances. The results of the work are of great practical importance and can be used to improve the tactical capabilities of fire departments in extinguishing fires, as well as in the educational process of educational institutions of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the training of fire and rescue specialists.

Keywords: fire hoses, head losses, hydraulic resistance, fire truck height

For citation: Kurtov S.O., Maly V.P., Grebnev Ya.V., Makarov V.M. Assessment of the effect of the height of fire trucks on the efficiency of pumping water during fire fighting // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2025. № 3 (38). С. 150-156. (In Russ.)
<https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.27.45.014>.

Введение

Руководитель тушения пожара, а также начальник тыла (нештатное должностное лицо оперативного штаба) при организации бесперебойной подачи огнетушащих веществ (далее – ОТВ) на месте боевых действий, связанных с тушением пожара и ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций, обязан знать и уметь применять существующие методики расчета необходимого количества сил и средств (в том числе количество автоцистерн для организации подачи воды на тушение пожаров способом перекачки). Анализ научных работ [1-8], посвященных исследованиям в области доставки ОТВ к месту тушения пожаров с применением передвижной пожарной техники, подтверждает высокую актуальность данной темы.

Целью исследования данной работы является – оценка влияния высоты пожарных автоцистерн на общие потери напора в элементах насосно-рукавных систем при организации пожаротушения от передвижной пожарной техники способом перекачки.

В ходе выполнения данной работы авторы применяли такие теоретические и экспериментальные методы, как обобщение, сравнение, дедукция, обработка и анализ экспериментальных данных.

Основная часть

В научной работе [4] проведен анализ существующих способов бесперебойной подачи воды к месту пожара, к которым относятся способ подвоза и способ перекачки. Авторы данной публикации планируют рассмотреть вопрос организации перекачки (перелива, заполнения) ОТВ автоцистерн (далее – АЦ) по следующим схемам «из насоса в цистерну, через люк на крыше» (Рис.1) и «из насоса в цистерну, через сухотруб на крыше» (Рис.2) [4].



Рис.1. Схема для организации перелива (заполнения) воды из АЦ в АЦ
«из насоса в цистерну» при наличии на крыше люка [4]

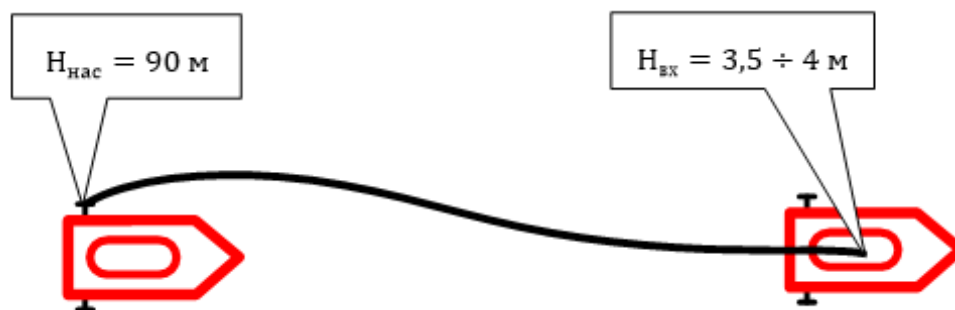


Рис.2. Схема для организации перелива (заполнения) воды из АЦ в АЦ
«из насоса в цистерну» при наличии на крыше сухотруба [4]

На Рис.1 и Рис.2 указано среднее значение напора, создаваемого пожарным насосом ступенью нормального «давления» $H_{\text{нас}}=90 \text{ м}$. При пожарно-тактическом расчете напор в конце магистральной рукавной линии должен составлять не менее $H_{\text{вх}}=3,5\div4,0 \text{ м}$ (данное значение зависит от высоты пожарного автомобиля $H_{\text{ПА}}$ [1;3;5;6;7]). Для определения актуального значения напора на входе в конце магистральной рукавной линии $H_{\text{вх}}$ авторами проведены исследования по определению высоты $H_{\text{ПА}}$ ряда основных типов пожарных автомобилей (без учета высоты закрепленного на крыше автомобилей оборудования), как представлено на (Рис.3).



Рис.3. Методика и схема, использованная авторами для замера геометрической высоты пожарного автомобиля $H_{ПА}$

Полученные в ходе экспериментальных исследований значения высоты основных типов пожарных автомобилей $H_{ПА}$ приведены в таблице.

Таблица. Измеренная высота основных типов пожарных автомобилей

№ п/п	Тип пожарного автомобиля	Шасси	Высота ПА $H_{ПА}$, м
1.	АЦ-40(130)-63Б	ЗиЛ (130)	2,10
2.	АЦ-6,0-40	УРАЛ (43202)	2,10
3.	АПС-1,0-40	ISUZU ELF 7.5	2,20
4.	АЦ-3,0-40/2	УРАЛ (43206)	2,20
5.	АЦ-3,0-40	УРАЛ (4325)	2,25
6.	АЦ-5,5-40	УРАЛ (5557)	2,30
7.	АЦ-2,5-40	ЗиЛ (131)	2,40
8.	АЦ-6,0-40	УРАЛ NEXT (5557)	2,65
9.	АЦ-6,0-40	КамАЗ (43118)	2,65
10.	АЦ-6,0-40	УРАЛ (5557)	2,70
11.	АЦ-3,2-40/4	КамАЗ (43253)	2,73
12.	АЦ-3,2-40/4	КамАЗ (43265)	2,80
13.	АЦ-6,0-50	УРАЛ NEXT (4320)	2,85
14.	АЦ (С)-8,0-70	IVECO AMT	3,55
15.	АЦ-10,0-150	КамАЗ (65225)	3,55

После анализа значений высот пожарных автомобилей, приведенных в таблице авторы предлагают условно поделить АЦ на три категории:

- АЦ на шасси ЗиЛ, УРАЛ, ISUZU (п. 1-7 таблицы) с объемом емкости цистерны для воды до $5,5 \text{ м}^3$ (включительно) принимать при проведении соответствующих расчетов $H_{вх}=H_{ПА}=2,5 \text{ м}$.
- АЦ на шасси УРАЛ (п. 10 таблицы), УРАЛ NEXT (п. 8, 13 таблицы) с объемом емкости цистерны для воды от $6,0 \text{ м}^3$ до $8,0 \text{ м}^3$ (включительно), а также АЦ на шасси КамАЗ (п. 9, 11, 12 таблицы) принимать при проведении соответствующих расчетов $H_{вх}=H_{ПА}=3 \text{ м}$.
- АЦ на шасси IVECO, КамАЗ с объемом емкости цистерны для воды от $8,0 \text{ м}^3$ и более принимать при проведении соответствующих расчетов $H_{вх}=H_{ПА}=3,5 \text{ м}$.

Для облегчения анализа полученных данных высоты основных типов пожарных автомобилей построили гистограмму (Рис.4).

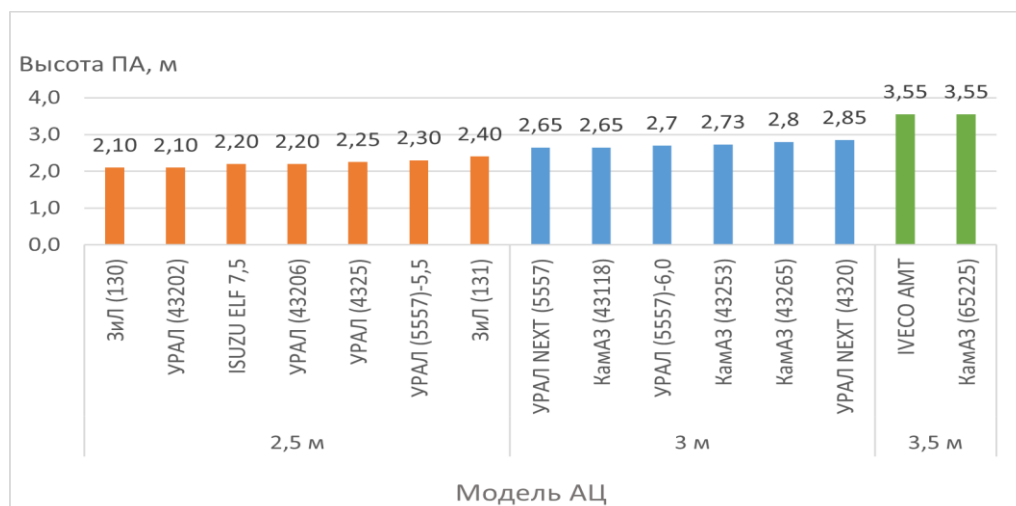


Рис.4. Гистограмма распределения высот $H_{ПА}$ имеющихся в доступе авторов основных пожарных автомобилей

Таким образом установили, что в настоящее время при проведении пожарно-тактических расчетов работоспособности НРС по схемам, представленным на Рис.1 и Рис.2, наблюдается необоснованное завышение значений высоты для ряда АЦ. Это, в свою очередь, приводит к искажению оценки общих возможных потерь напора ступени перекачки способами «из насоса в цистерну».

Далее проведем анализ количественного влияния некорректного выбора значения высоты АЦ. Для выполнения расчета примем модель АЦ-40(130)-63Б, у которой величина $H_{вх} = H_{ПА} = 2,1$ м. Максимальное значение общих возможных потерь напора в магистральных напорных пожарных рукавах с номинальным диаметром DN 80 ($\Delta H_{рук}^{80}$ ступени перекачки способами «из насоса в цистерну») определим по следующей формуле.

$$\Delta H_{рук}^{80} = H_{нас} - H_{вх} = 90 - 2,1 = 87,9 \text{ м.}$$

По формуле определим $\Delta H_{рук}^{80}$ значение общих возможных потерь напора в магистральных напорных пожарных рукавах с номинальным диаметром DN 80, используя максимальные значения $H_{вх} = H_{ПА} = 4$ м:

$$\Delta H_{рук}^{80} = H_{нас} - H_{вх} = 90 - 4 = 86,0 \text{ м.}$$

Для определения расчетного количества магистральных напорных пожарных рукавов, используемых в ступени перекачки при турбулентном режиме течения жидкости при $H_{вх} = H_{ПА} = 2,1$ м, используем формулу [9]:

$$N_{рук} = \frac{\Delta H_{рук}^{80}}{S_{рук} \times Q^2} = \frac{87,9}{0,0088 \times 3,7^2} = 729 \text{ шт.}$$

где, S_p – гидравлическое сопротивление одного латексированного напорного пожарного рукава длиной 20 метров с номинальным диаметром DN 80 [9], $((с/л)^2 \times м)$, определенного при помощи экспериментально-исследовательской установки [10];

Q – объемное количество в единицу времени огнетушащих веществ (расход), проходящих по рассматриваемой рукавной линии в единицу времени (примем расход ствола РС-50), 3,7 л/с.

Определим количество магистральных напорных пожарных рукавов, используемых в ступени перекачки при турбулентном режиме течения жидкости при $H_{вх} = H_{ПА} = 4$ м с учетом тех же параметров:

$$N_{рук} = \frac{\Delta H_{рук}^{80}}{S_{рук} \times Q^2} = \frac{86}{0,0088 \times 3,7^2} = 713 \text{ шт.}$$

Анализ проведенных расчетов показывает, что между данными, получаемыми при использовании действующей методики о длине рабочей линии, и данными, полученными в настоящей работе, существует разница в 16 напорных пожарных рукавов или 266 м (с учетом коэффициента неровности прокладки рукавных линий – 1,2) между АЦ в ступени перекачки. То есть расчеты по действующей методике занижают возможности организаторов пожаротушения (занижают допустимую длину рукавных линий).

Заключение

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для корректировки существующей методики расчета организации бесперебойной подачи ОТВ в практической деятельности подразделений пожарной охраны. Кроме того, полученные данные целесообразно использовать в образовательном процессе при проведении занятий по дисциплине «Пожарная тактика» в пожарно-технических учебных заведениях МЧС России.

Список источников

1. Самохвалов Ю.П., Ермилов А.В. Перекачка. Расчёт параметров // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 4(53). – С. 28–38. – EDN OOOJDDR.
2. Нелюбов В.Н. Критический анализ способов расчета подачи огнетушащих веществ в перекачку на большие расстояния // Пожарная безопасность. – 2024. – № 2(115). – С. 23–30. – DOI 10.37657/vniipr.pb.2024.115.2.002. – EDN SJUPCH.
3. Тарасов С.В., Пигусов Д.Ю., Пустовалова Н.С. Организация подачи (транспортировки) огнетушащих веществ при тушении пожаров способом перекачки // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2024. – № 2. – С. 62–72. – DOI 10.25257/FE.2024.2.62-72. – EDN SRMTJD.
4. Куртов С.О., Трояк А.Ю., Малый В.П. Критический анализ способов бесперебойной подачи воды к месту пожара: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 21 апреля 2023 года // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций. – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – С. 97–101. – EDN PBNWVS.
5. Дупляков Г.С., Малютин О.С., Лаптев Д.А. Критерии рациональной организации перекачки и подвоза воды для нужд пожаротушения // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2020. – № 1. – С. 83–93. – EDN HKCRBS.
6. Малютин О.С., Малый В.П., Дупляков Г.С. Уточнения к методике расчета количества мобильных средств пожаротушения, необходимых для организации доставки воды к месту пожара методом перекачки // Техносферная безопасность. – 2020. – № 3(28). – С. 129–141. – EDN ADHINE.
7. Малютин О.С., Васильев С.А. Проблема гидравлического расчета насосно-рукавных систем в пожарной тактике // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2018. – № 4(11). – С. 67–72. – EDN YRSCPJ.
8. Бараковских С.А., Карама Е.А. Совершенствование способов тушения пожаров в условиях неудовлетворительного противопожарного водоснабжения // Техносферная безопасность. – 2018. – № 4(21). – С. 26–29. – EDN YXLVLN.
9. Куртов С.О., Малый В.П. Метод экспериментального исследования гидравлического сопротивления напорных пожарных рукавов, изготовленных из современных материалов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 4(53). – С. 22–27. – EDN BFKQFL.
10. Обоснование выбора состава экспериментально-исследовательской установки для измерения теплогидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем / В.П. Малый, С.О. Куртов, А.С. Лунев и др. // Южно-Сибирский научный вестник. – 2024. – № 2(54). – С. 60–68. – DOI 10.25699/SSSB.2024.54.2.006. – EDN OZOYAH.

References

1. Samokhvalov Yu.P., Ermilov A.V. Pumping. Calculation of parameters // Modern problems of civil protection. – 2024. – № 4(53). – Pp. 28–38. – EDN OOOJDDR.

2. Nelyubov V.N. Critical analysis of methods for calculating the supply of extinguishing agents for pumping over long distances // Fire safety. – 2024. – № 2(115). – Pp. 23-30. – DOI 10.37657/vniipo.pb.2024.115.2.002. – EDN SJUPCH.
3. Tarasov S.V., Pigusov D.Yu., Pustovalova N.S. Organization of supply (transportation) of extinguishing agents during fire extinguishing by pumping // Fires and emergencies: prevention, elimination. – 2024. – No. 2. – pp. 62-72. – DOI 10.25257/FE.2024.2.62-72. – EDN SRMTJD.
4. Kurtov S.O., Troyak A.Yu., Maly V.P. Critical analysis of methods of uninterrupted water supply to the fire site: Materials of the IV All-Russian Scientific and practical conference, Krasnoyarsk, April 21, 2023 // Actual problems of fire safety and protection from emergency situations. Zheleznogorsk: Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2023. pp. 97-101. – EDN PBNWVS.
5. Duplyakov G.S., Malyutin O.S., Laptev D.A. Criteria for rational organization of pumping and delivery of water for fire extinguishing needs // Scientific and analytical journal "Bulletin of the Saint Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia". – 2020. – No. 1. – pp. 83-93. – EDN HKCRBS.
6. Malyutin O.S., Maly V.P., Duplyakov G.S. Clarifications to the methodology for calculating the number of mobile fire extinguishing equipment needed to organize the delivery of water to the fire site by pumping // Technosphere safety. – 2020. – № 3(28). – Pp. 129-141. – EDN ADHINE.
7. Malyutin O.S., Vasiliev S.A. The problem of hydraulic calculation of pumping and hose systems in fire tactics // Siberian Fire and Rescue Bulletin. – 2018. – № 4(11). – Pp. 67-72. – EDN YRSCPJ.
8. Barakovskikh S.A., Karama E.A. Improvement of fire extinguishing methods in conditions of unsatisfactory fire-fighting water supply // Technosphere safety. – 2018. – № 4(21). – Pp. 26-29. – EDN YXLVLN.
9. Kurtov S.O., Maly V.P. Method of experimental investigation of hydraulic resistance of pressure fire hoses made of modern materials // Modern problems of civil protection. – 2024. – № 4(53). – Pp. 22-27. – EDN BFKQFL.
10. Substantiation of the choice of the composition of an experimental research installation for measuring the thermohydraulic parameters of elements of pumping and sleeve systems / V.P. Maly, S.O. Kurtov, A.S. Lunev et al. // South Siberian Scientific Bulletin. – 2024. – № 2(54). – Pp. 60-68. – DOI 10.25699/SSSB.2024.54.2.006. – EDN OZOYAH.

Информация об авторах

В.П. Малый – доктор физико-математических наук, доцент

Я.В. Гребнев – кандидат технических наук

Information about the author

V.P. Maly – Doctorate (Doctor of Science) in Physico-mathematical Sciences, Docent

Ya.V. Grebnev – Ph.D. of Engineering 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 24.07.2025, одобрена после рецензирования 15.08.2025, принята к публикации 27.08.2025.

The article was submitted 24.07.2025, approved after reviewing 15.08.2025, accepted for publication 27.08.2025.