

Научная статья

УДК 614.843

doi: 10.34987/2712-9233.2025.42.50.007

Эмпирические аспекты существующих методик организации бесперебойной подачи огнетушащих веществ на месте тушения пожара

Куртов Сергей Олегович

Малый Виталий Петрович

Макаров Владимир Михайлович

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

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

Аннотация. На основе ранее проведенных экспериментальных исследований, в которых были учтены новые экспериментально установленные значения гидравлических сопротивлений пожарных напорных рукавов и их максимальной пропускной способности, авторы рассмотрели новые аспекты существующих методик обеспечения бесперебойной подачи огнетушащих веществ на месте тушения пожара. Проанализировав две наиболее распространённые схемы перекачки воды из автоцистерны в автоцистерну с использованием 10 напорных пожарных рукавов номинальным (условным) диаметром DN80: «из насоса в насос» и «из насоса в цистерну через люк», авторы обоснованно показали, что при возможности выбора можно рекомендовать боевым расчетам пожарных подразделений применение способа перекачки «из насоса в емкость цистерны» как более предпочтительного.

Ключевые слова: насосно-рукавная система, напорные пожарные рукава, напор, гидравлическое сопротивление, пропускная способность.

Для цитирования: Куртов С.О., Малый В.П., Макаров В.М. Новые аспекты существующих методик организации бесперебойной подачи огнетушащих веществ на месте тушения пожара, на основе экспериментальных исследований // Актуальные проблемы безопасности в техносфере 2025. № 1 (17). С.50-55. URL:[https://doi.org/ 10.34987/2712-9233.2025.42.50.007](https://doi.org/10.34987/2712-9233.2025.42.50.007)

Empirical aspects of existing techniques for organizing uninterrupted supply of extinguishing agents at the fire-fighting site

Sergey O. Kurtov

Vitaly P. Maly

Vladimir M. Makarov

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

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

Abstract. On the basis of previously conducted experimental studies, in which new experimentally determined values of hydraulic resistance of fire pressure hoses and their maximum capacity were taken into account, the authors considered new aspects of existing techniques to ensure uninterrupted supply of fire extinguishing agents at the scene of fire extinguishing. Having analyzed the two most common schemes of water pumping from a tank truck to a tank truck using 10 pressure fire hoses of nominal (conventional) diameter

DN80: «from pump to pump» and «from pump to tank through the hatch», the authors reasonably showed that if there is a possibility of choice can be recommended to combat firefighting units to use the method of pumping «from pump to tank» as more preferable.

Keywords: pump-hose system, pressure fire hoses, head, hydraulic resistance.

For citation: Kurtov S.O., Maly V.P., Makarov V.M. New aspects of existing techniques for organizing uninterrupted supply of extinguishing agents at the fire fighting site, based on experimental studies // Actual problems of safety in the Technosphere 2025. № 1 (17). p. 50-55. URL:https://doi.org/10.34987/2712-9233.2025.42.50.007.

Анализ экспериментальных исследований научного коллектива ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия» ГПС МЧС России [1-5], связанных с необходимостью уточнения основных гидравлических характеристик (сопротивления и пропускной способности) рукавов пожарных напорных (далее РПН), выполненных из современных материалов, свидетельствует о высокой актуальности исследований, проводимых в данной области. В настоящей статье рассмотрены эмпирические аспекты существующих методик определения работоспособности НРС, с учетом экспериментально установленных новых значений гидравлических сопротивлений рукавов пожарных напорных (далее – РПН) и их максимальной пропускной способности.

Экспериментально полученные фактические значения гидравлических сопротивлений латексированных РПН производства РУСАРСЕНАЛ 20 - метровой длины с номинальными (условными) диаметрами DN80, DN 65, DN 50 приведены в табл. 1 [3].

Табл. 1. Экспериментальные значения гидравлических сопротивлений латексированных РПН 20 - метровой длины с номинальными (условными) диаметрами DN80, DN 65, DN 50, (с/л)² × м

Тип РПН	Значения гидравлических сопротивлений РПН (с/л) ² × м, с номинальными диаметрами		
	DN50	DN65	DN80
Латексированный РПН производства РУСАРСЕНАЛ длиной 20 м	0,096	0,021	0,0088

В табл. 2 приведены полученные авторами экспериментальные значения максимальной пропускной способности (далее – МПС) РПН с номинальными (условными) диаметрами DN 80, DN 65, DN 50[1].

Табл. 2. Экспериментальные значения максимальной пропускной способности латексированных РПН 20 - метровой длины с номинальными (условными) диаметрами DN80, DN 65, DN 50, л/с

Тип РПН	Значения пропускной способности РПН (л/с), с номинальными диаметрами		
	DN50	DN65	DN80
Латексированный РПН производства РУСАРСЕНАЛ длиной 20 м	27,88	44,93	45,40

При анализе экспериментального значения МПС РПН с номинальным (условным) диаметром DN80 ($Q_{DN80}^{МПС} = 45,40$ л/с), указанной в публикации [1], авторы пришли к выводу, что максимальной подачи центробежного пожарного насоса нормального давления НЦПН-40/100 (данный пожарный насос использовался авторами для проведения экспериментального исследования) не достаточно для определения действительного значения МПС РПН с указанным номинальным диаметром.

Представленные выше экспериментальные значения гидравлических характеристик РПН предлагалось [1], использовать в существующей методике расчета предельных расстояний прокладки рукавных линий, как при тушении реальных пожаров, так и при изучении дисциплин «Гидравлика и противопожарное водоснабжение», а также «Пожарная тактика» в учебных заведениях пожарно-технического профиля МЧС России.

Далее предлагается на конкретных примерах оценить влияние полученных табличных значений на потери напора в РПН, применяемых для подачи ОТВ на месте тушения пожара. Расчетные потери напора H_c в рукавных системах при турбулентном режиме течения жидкости определяют по формуле [6]:

$$H_c = n \times S_p \times Q^2, \text{ м} \quad (1)$$

где:

n – количество пожарных рукавов в рассматриваемой линии, шт.;

S_p – гидравлическое сопротивление одного пожарного рукава длиной 20 метров в зависимости от типа и диаметра, $((\text{с/л})^2 \times \text{м})$;

Q – объемное количество огнетушащих веществ, проходящих по рассматриваемой рукавной линии в единицу времени, л/с.

Пример 1.

Используя формулу (1), рассчитаем значения пропускной способности РПН $Q_{\text{расч}}^{80}$ с номинальным (условным) диаметром DN 80 (в количестве $n = 10$ (шт.) [7] стандартной длины) по схеме, представленной на рис.1. Указанная схема широко используется пожарными подразделениями для организации бесперебойной подачи ОТВ способом перекачки [8].

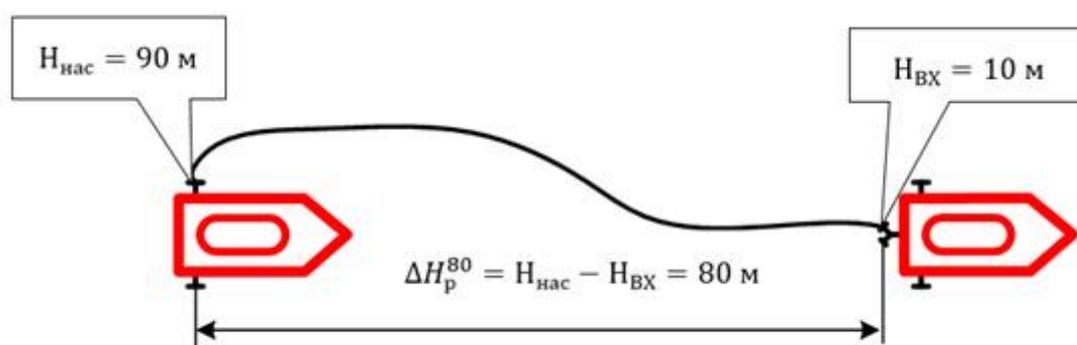


Рис. 1. Схема перекачки воды из АЦ в АЦ способом «из насоса в насос» с использованием $n = 10$ РПН DN80

$$Q_{\text{расч}}^{80} = \sqrt{\frac{\Delta H_p^{80}}{S_{\text{табл}}^{80} \times n}} = \sqrt{\frac{80}{0,0088 \times 10}} = 30,2 \text{ (л/с)}. \quad (2)$$

где:

ΔH_p^{80} – максимально-возможное значение потерь напора в РПН DN 80 (рис.1), м;

$S_{\text{табл}}^{80}$ – табличное значение гидравлического сопротивления одного пожарного рукава длиной 20 метров DN80, $(\text{с/л})^2 \times \text{м}$ (табл. 1);

n – количество РПН с DN80, используемых при прокладке магистральной рукавной линии, с учетом максимального количества пожарных рукавов, предусмотренных Нормами табельной положенности АЦ [7].

Полученное по формуле (2) расчетно-теоретическое значение пропускной способности $Q_{\text{расч}}^{80} = 30,2$ л/с РПН с номинальным (условным) диаметром DN 80, свидетельствует, что подачу пожарного насоса (например НЦПН – 40/100) можно использовать практически при максимальном значении 32 л/с (с учетом коэффициента амортизации насоса 0,8 от заявленной производителями номинальной подачи – 40 л/с). Следует заметить, что с увеличением длины магистральной линии (количества РПН) расчетные значения пропускной способности РПН уменьшаются квадратично (табл.3) по мере увеличения количества РПН.

Табл. 3. Расчетные значения пропускной способности латексированных РПН 20 - метровой длины с номинальным (условным) диаметром DN80, при различном количестве РПН

Количество N латексированных РПН производства РУСАРСЕНАЛ длиной 20 м, шт.	Пропускная способность $Q^{\text{пр.спос.}}$ РПН DN80, л/с
10	30,2
11	28,7
12	27,5
13	26,4
14	25,5
15	24,6
20	21,3

Для наглядности проведения сравнительного анализа и подтверждения правильности расчетов полученные экспериментально-аналитические данные и рассчитанные по формуле соответствующего степенного тренда показаны на совместном графике зависимости пропускной способности латексированных РПН DN80 от их количества (рис.2).

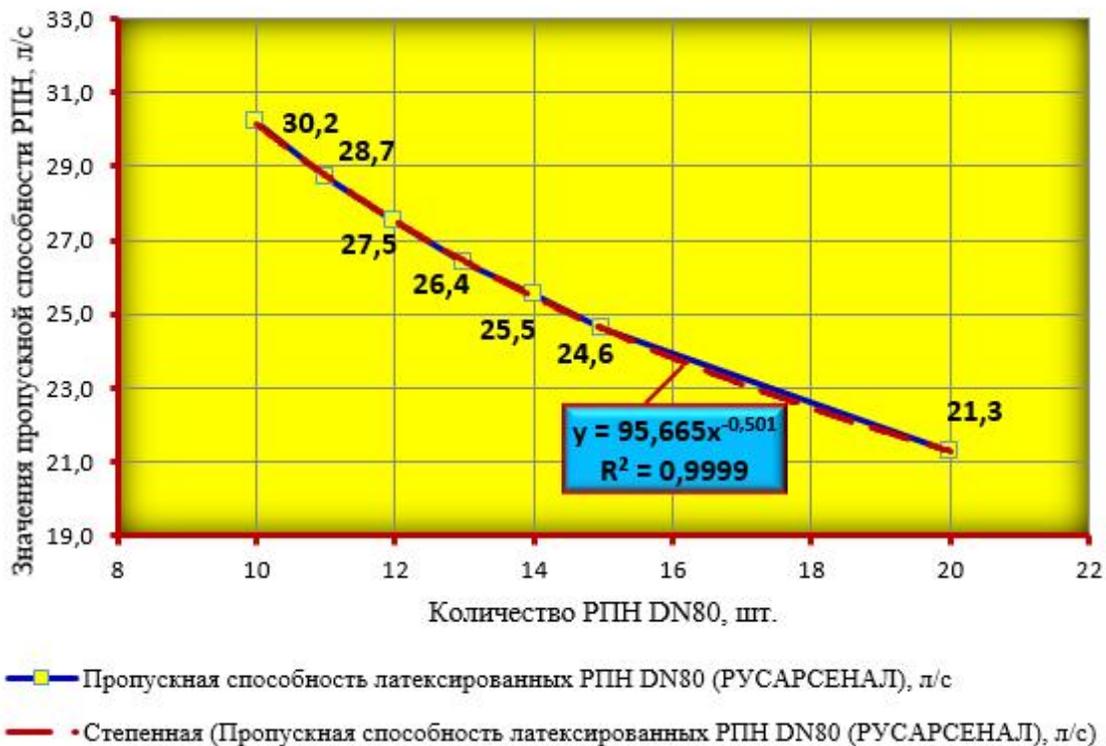


Рис. 2. График зависимости пропускной способности латексированных РПН DN80 от их количества

Из графика видно, что зависимость пропускной способности РПН действительно типа $\sim (n^{-0,5})$ от их количества n , достоверность R^2 близка к единице:

$$Q_{\text{расч}}^{80} = \sqrt{\frac{\Delta H_p^{80}}{S_{\text{табл}}^{80} \times n}} \sim A \times \sqrt{\frac{1}{n}} = A \times n^{-0,5},$$

$$Q^{\text{проп.спос.}} = 95,66 \times n^{-0,50} \cong A \times n^{-0,5}$$

Достоверность $R^2 = 0,999$.

Пример 2.

Используя формулу (2), авторами рассчитаны значения пропускной способности РПН $Q_{\text{расч}}^{80}$ с номинальным (условным) диаметром DN 80 с тем же количеством РПН, что и в примере 1 по схеме, представленной на (рис.3).

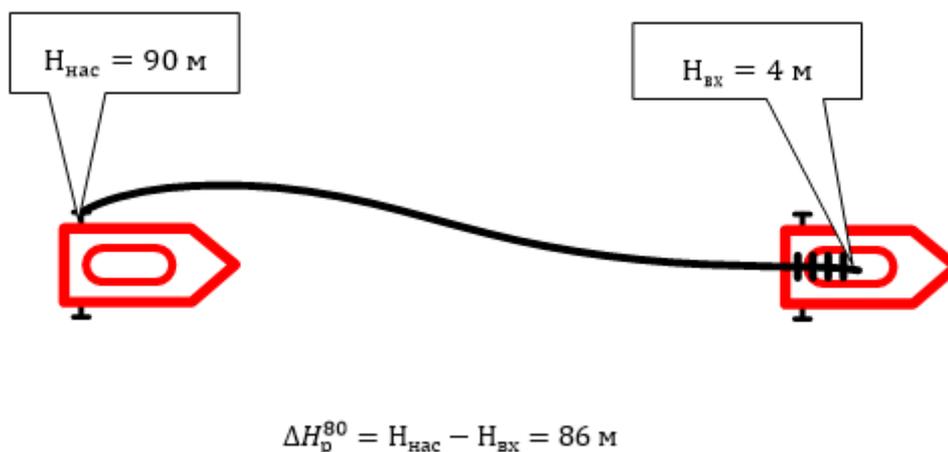


Рис. 3. Схема перекачки воды из АЦ в АЦ «из насоса в цистерну через люк» с использованием РПН DN80

$$Q_{\text{расч}}^{80} = \sqrt{\frac{\Delta H_p^{80}}{S_{\text{табл}}^{80} \times n}} = \sqrt{\frac{86}{0,0088 \times 10}} = 31,3 \text{ (л/с)}.$$

Расчетная схема, представленная на рис.3., используется пожарными подразделениями при организации бесперебойной подачи ОТВ способом перекачки (при наличии на крыше АЦ люка для заполнения ОТВ ее емкости).

Заключение

На основании проведенных авторами расчетов и экспериментальных исследований установлено, что способ перекачки «из насоса в емкость цистерны» предпочтительнее способа перекачки «из насоса в насос», так как позволяет расположить АЦ относительно друг друга на более значительном расстоянии при одном и том же значении подачи насоса. А также позволяет произвести перекачку ОТВ с более существенной характеристикой подачи насос: (31,3 > 30,2) л/с. Это даёт право (при возможности выбора) рекомендовать боевым расчетам пожарных подразделений применение способа перекачки «из насоса в емкость цистерны» как предпочтительный по сравнению со способом перекачки «из насоса в насос».

Список использованных источников:

1. Куртов, С.О. Расчетно-экспериментальное определение фактических значений максимальной пропускной способности напорных пожарных рукавов 20-метровой длины с различными диаметрами условного прохода / С. О. Куртов, В. П. Малый, Ю. Н. Коваль // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2024. – № 3(34). – С. 190-200. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.52.74.019. – EDN CDBDHW.
2. Трояк, А. Ю. Подход к исследованию основных теплогидравлических параметров работы элементов насосно-рукавных систем, используемых при тушении пожаров / А. Ю. Трояк, С. О. Куртов // Актуальные проблемы пожарной безопасности: Материалы XXXVI Международной научно-практической конференции, посвященной 375-й годовщине образования пожарной охраны России, Москва, 31 мая 2024 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС РФ, 2024. – С. 688-696. – EDN RIGQRV.

3. Куртов, С. О. Метод экспериментального исследования гидравлического сопротивления напорных пожарных рукавов, выполненных из современных материалов / С. О. Куртов, В. П. Малый // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 4(53). – С. 22-27. – EDN BFKQFL.

4. Куртов, С. О. Разработка и проверка гипотезы методики получения табличных значений полной пропускной способности напорных пожарных рукавов / С. О. Куртов, В. П. Малый, В. М. Макаров // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Материалы VI всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 19 апреля 2024 года. – Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирская пожарно-спасательная академия" Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий", 2024. – С. 317-321. – EDN FUKCLI.

5. Малый, В.П. О необходимости уточнения гидравлических характеристик, поступающих в подразделения МЧС России новых пожарных рукавов / В.П. Малый, С.О. Куртов, В.Ю. Яровой // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2022. – № 1(24). – С. 54-61. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008. – EDN IUCOPT.

6. Гидравлика: учебник / Абросимов, Ю.Г., Жучков, В.В., Болдырев Е.Н. [и др.] – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2017 – 321с.

7. Приказ МЧС России от 25.07.2006 N 425 (с изм. от 28.03.2014) «Об утверждении Норм табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных и специальных пожарных автомобилей, изготавливаемых с 2006 года» <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70530092/>(дата обращения: 30.01.2025).

8. Куртов, С. О. Критический анализ способов бесперебойной подачи воды к месту пожара / С. О. Куртов, А. Ю. Трояк, В. П. Малый // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 21 апреля 2023 года. – Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирская пожарно-спасательная академия" Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий", 2023. – С. 97-101. – EDN PBNWVS.

Информация об авторах

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

Information about the author

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

Статья поступила в редакцию 12.02.2025; одобрена после рецензирования 10.03.2025; принята к публикации 25.03.2025.

The article was submitted 12.02.2025, approved after reviewing 10.03.2025, accepted for publication 25.03.2025.