

Научная статья

УДК 614.843; DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-153-162

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗНАЧЕНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПАТРУБКОВ ПОЖАРНЫХ ТРЕХХОДОВЫХ РАЗВЕТВЛЕНИЙ

✉ Куртов Сергей Олегович;

Малый Виталий Петрович.

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

г. Железногорск, Россия

✉ [kurtovsergej1983@yandex.ru](mailto:kurtovsergej1983@yandex.ru)

*Аннотация.* Представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на определение значений гидравлических сопротивлений патрубков пожарных трехходовых разветвлений, которые используются в условиях пожара для одновременной подачи огнетушащих веществ из нескольких приборов тушения. Для проведения натурных экспериментов была разработана и смонтирована экспериментально-исследовательская установка, а также методика диагностики, позволяющая получать фактические значения гидравлического сопротивления каждого патрубка пожарного трехходового разветвления. Полученные экспериментальные значения гидравлических сопротивлений патрубков пожарных разветвлений имеют важное значение для проектирования насосно-рукавных систем. Они позволяют создавать более обоснованные и эффективные схемы организации боевых действий на месте тушения пожаров, что, в свою очередь, повысит оперативность и результативность работы пожарных подразделений. Интеграция этих данных в практическую деятельность пожарных служб обеспечит более точные расчеты при планировании и организации водоснабжения, что критически важно для успешного выполнения задач по ликвидации пожаров и защиты населения.

*Ключевые слова:* гидравлическое сопротивление, потери напора, пожарное разветвление

**Для цитирования:** Куртов С.О., Малый В.П. Результаты экспериментальных исследований значений гидравлических сопротивлений патрубков пожарных трехходовых разветвлений // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 2 (74). С. 153–162. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-153-162

Scientific article

## RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF HYDRAULIC RESISTANCE VALUES OF FIRE THREE-WAY BRANCH FIRE SPIGOTS

✉ Kurtov Sergey O.;

Maly Vitaly P.

Siberian rescue and firefighting academy of State fire services EMERCOM of Russia,  
Zheleznogorsk, Russia

✉ [kurtovsergej1983@yandex.ru](mailto:kurtovsergej1983@yandex.ru)

*Abstract.* This paper presents the results of experimental research aimed at determining the values of hydraulic resistance of fire three-way branching branches, which are used in fire conditions for simultaneous supply of extinguishing agents from several extinguishing devices. To conduct full-scale experiments was developed and mounted experimental and research installation, as well as diagnostic technique, which allows to obtain the actual values of hydraulic

resistance of each branch of the fire three-way branching. The obtained experimental values of hydraulic resistance of fire branching branches are of great importance for the design of pumping and hose systems. They will allow to create more reasonable and effective schemes of organization of combat operations at the place of fire extinguishing, which, in turn, will increase the efficiency and effectiveness of fire units. Integration of these data into practical activities of fire departments will provide more accurate calculations in planning and organization of water supply, which is critical for successful performance of tasks on fire suppression and protection of population.

**Keywords:** hydraulic resistance, head losses, fire branching

**For citation:** Kurtov S.O., Maly V.P. Results of experimental studies of the values of hydraulic resistance of fire three-way branch fire spigots // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2025. № 2 (74). P. 153–162. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-2-153-162.

## Введение

При анализе количества произошедших пожаров в зданиях повышенной этажности и высотных зданиях на территории Российской Федерации за последние 10 лет [1, 2] выявлено, что в среднем ежегодно происходит более 4 200 пожаров на подобных объектах рис. 1.

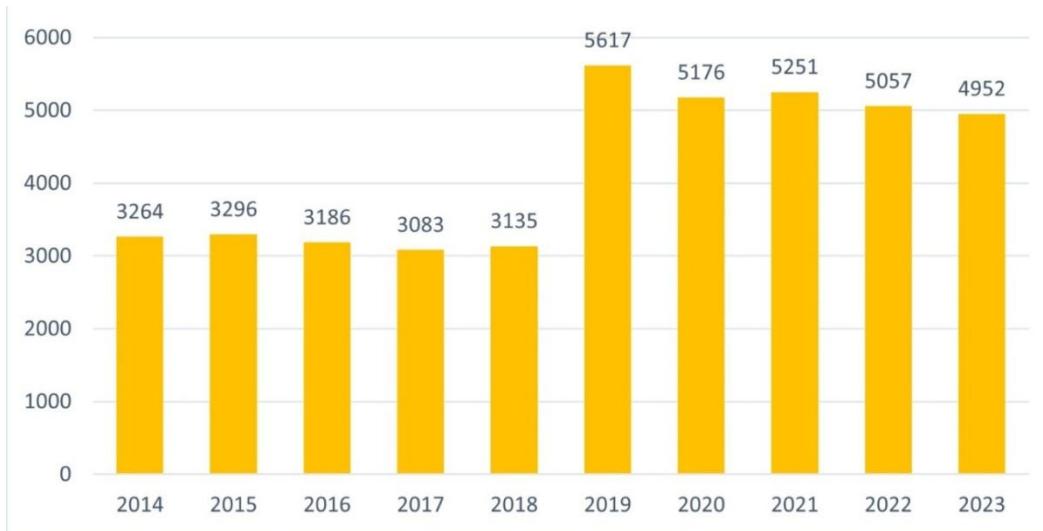


Рис. 1. Сведения о количестве пожаров, произошедших в зданиях повышенной этажности и высотных с 2014 по 2023 г.

Таким образом, совершенствование технических средств и методов подачи огнетушащих веществ (ОТВ) на высоту, а также повышение эффективности выполнения подразделениями МЧС России задач по успешному тушению пожаров является особенно актуальным. Для обоснования технологии применения насосно-рукавных систем (НРС) важным является вопрос определения их основных гидравлических характеристик. На данный момент времени в действующих подразделениях пожарной охраны и учебных заведениях МЧС России для проведения расчетов предельного расстояния установки пожарных автомобилей от места тушения пожара пользуются устаревшими табличными (справочными) данными гидравлических сопротивлений и пропускной способности рукавов пожарных напорных (РПН), которые были определены еще более 20 лет назад [3].

За прошедший период времени в области производства и эксплуатации рукавов произошли значительные изменения. Производители при изготовлении РПН давно используют совершенно новые материалы, которые существенно влияют на их гидравлические

характеристики. Также стоит отметить, что до сих пор отсутствуют справочные данные по гидравлическим характеристикам других элементов НРС, таким как, пожарные трехходовые разветвления (РТ) и переходные соединительные головки (ГП) различных диаметров, используемые при прокладке сложных НРС [4].

Особенно остро встает вопрос фактических значений гидравлических характеристик отдельных элементов НРС в условиях применения современных пожарных стволов с увеличенными значениями расходов, так как в указанных случаях существенно возрастают потери напора в РПН и других элементах НРС [5].

Анализ отечественных и зарубежных научных публикаций [6–11] также свидетельствует об актуальности исследований в данной области. Стоит отметить, что в настоящее время отсутствуют фактические экспериментально полученные значения гидравлических сопротивлений патрубков трехходовых пожарных разветвлений, которые широко применяются для организации подачи ОТВ на месте тушения пожаров пожарными подразделениями.

Целью настоящей работы является экспериментальное определение фактических значений гидравлических сопротивлений каждого патрубка трехходового пожарного разветвления (РТ-80) (рис. 2) для составления более обоснованных и эффективных НРС при тушении пожаров.



Рис. 2. Вид трехходового пожарного разветвления  
([https://prometey-nn.ru/rt-70-\(razvetvlenie-trekhxodovoe\).html](https://prometey-nn.ru/rt-70-(razvetvlenie-trekhxodovoe).html))

Задачи настоящей работы:

- разработать метод для диагностики фактических значений гидравлических сопротивлений каждого патрубка РТ-80 с использованием экспериментально-исследовательской установки (ЭИУ) [12];
- эмпирическим методом определить фактические значения гидравлических сопротивлений каждого патрубка РТ-80;
- разработать рекомендации по порядку применения полученных в ходе экспериментов результатов.

## Материалы и метод исследования

На рис. 3 представлена принципиальная схема, используемая для получения экспериментальных значений гидравлического сопротивления патрубка 77×77 мм РТ-80.

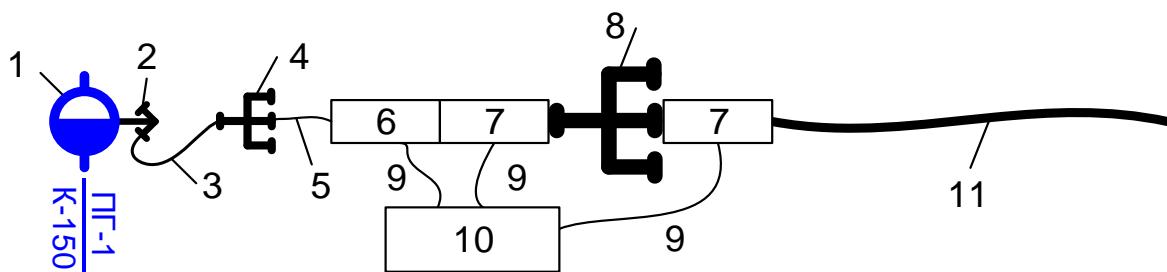


Рис. 3. Принципиальная схема, используемая для получения экспериментальных значений гидравлического сопротивления патрубка 77×77 мм РТ-80:

- 1 – пожарный гидрант;
- 2 – пожарная колонка;
- 3 – напорный пожарный рукав длиной 20 м с номинальным (условным) диаметром DN 80;
- 4 – пожарное трехходовое разветвление;
- 5 – напорный пожарный рукав длиной 4 м с номинальным (условным) диаметром DN 80;
- 6 – измерительная рукавная вставка с номинальным (условным) диаметром DN 80<sup>1</sup>;
- 7 – вставки со штуцерами для подключения манометров с номинальным (условным) диаметром DN 80 [4];
- 8 – исследуемый образец пожарного трехходового разветвления;
- 9 – линии связи от приборов измерения к тепловычислителю СПТ941.20<sup>2</sup>;
- 10 – тепловычислитель СПТ941.20 – приемно-контрольный прибор, предназначенный для регистрации и визуализации параметров (избыточного давления, температуры, расхода) и далее выводы параметров на ЭВМ<sup>3</sup>;
- 11 – напорный пожарный рукав длиной 20 м с номинальным (условным) диаметром DN 80, используемый для удаления воды в процессе эксперимента

На рис. 4 представлена принципиальная схема, используемая для получения экспериментальных значений гидравлического сопротивления патрубка 77×51 мм РТ-80.

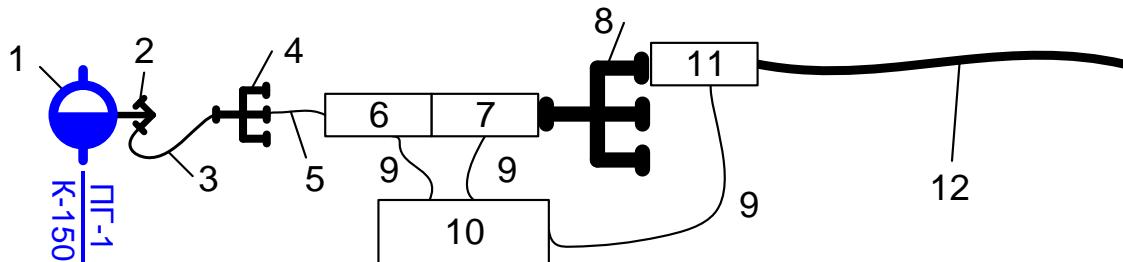


Рис. 4. Принципиальная схема, используемая для получения экспериментальных значений гидравлического сопротивления патрубка 77×51 мм РТ-80

Схема, представленная на рис. 4, отличается от схемы на рис. 3 следующими двумя элементами:

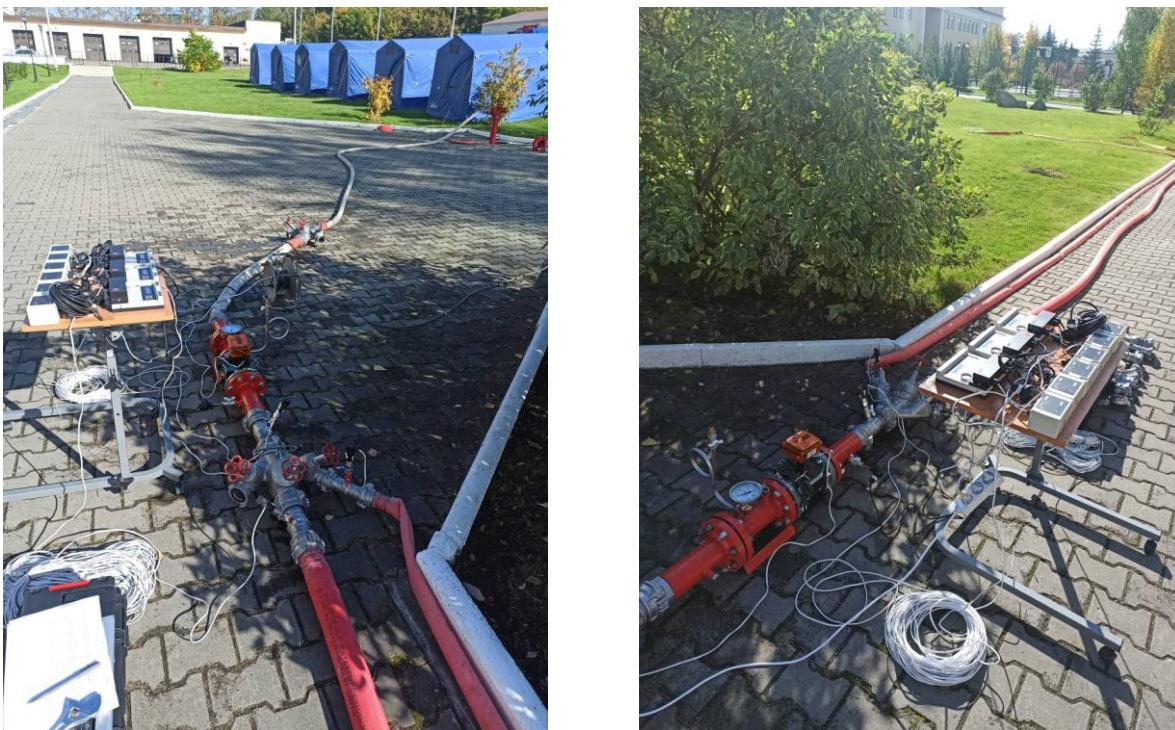
11 – вставка со штуцером для подключения манометров с номинальным (условным) диаметром DN 50 [4]; 12 – напорный пожарный рукав длиной 20 м с номинальным (условным) диаметром DN 50, используемый для удаления воды в процессе эксперимента.

<sup>1</sup> Прометей: трехходовое разветвление – 70. URL: [https://prometey-nn.ru/rt-70-\(razvetylenie-trekhxodovoe\).html](https://prometey-nn.ru/rt-70-(razvetylenie-trekhxodovoe).html) (дата обращения: 16.02.2005)

<sup>2</sup> Там же

<sup>3</sup> Там же.

Общий вид реализованной схемы измерений представлен на рис. 5.



**Рис. 5. Общий вид реализованной схемы, использованной для получения экспериментальных значений гидравлических сопротивлений патрубков РТ-80**

При проведении исследований проводили прямые измерения следующих величин: расход воды в системе  $Q$ , избыточное давление воды  $P_1$  до пожарного разветвления и  $P_2$  после соответствующего патрубка РТ, температура воды в системе.

Для измерения указанных выше значений от пожарного гидранта (1) в систему, представленную на рис. 3, 4, подавали воду, при помощи РТ (4) устанавливали определенный расход воды и регистрировали необходимые значения расхода воды в системе  $Q$ , избыточного давления  $P_1$  и  $P_2$  и температуру  $T$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

Для косвенного определения экспериментальных фактических значений гидравлического сопротивления боковых и центрального патрубков пожарного разветвления РТ-80  $S_{\text{pt}}$  использовали известную формулу для расчета потерь напора в НРС при турбулентном режиме течения жидкости [3]:

$$\Delta H_{\text{pt}} = S_{\text{pt}} \times Q^2 \text{ (м).} \quad (1)$$

$\Delta H_{\text{pt}}$  – потери напора в рассматриваемом патрубке трехходового пожарного разветвления РТ-80, м;  $S_{\text{pt}}$  – гидравлическое сопротивление рассматриваемого патрубка трехходового пожарного разветвления РТ-80,  $(\text{с}/\text{л})^2 \times \text{м}$ ;  $Q$  – объемное количество огнетушащих веществ (расход), проходящих по рассматриваемому патрубку РТ-80 в единицу времени, л/с.

Потери напора в рассматриваемом патрубке трехходового пожарного разветвления РТ-80 определяем по следующей формуле:

$$\Delta H_{\text{пр}} = \frac{\Delta P}{\rho_{9\text{гр}} g_{K_p}} (\text{м}),$$

где  $\Delta P$  – перепад давления воды в Паскалях,  $1 (\text{кгс}/\text{см}^2) = 98\,066,5 \text{ Па}$ ;  $\rho_{9\text{гр}}$  – плотность воды при  $9^\circ\text{C}$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $g_{K_p}$  – значение ускорения свободного падения в г. Красноярске,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

Из формулы (1) получили параметрическое соотношение для косвенного расчета гидравлического сопротивления  $S_{\text{пр}}$  патрубка РТ-80, позволяющее вычислять  $S_{\text{пр}}$  по измеренным значениям потерь напора  $\Delta H_{\text{пр}}$  и объемных расходов  $Q$ :

$$S_{\text{пр}} = \frac{\Delta H_{\text{пр}}}{Q^2}, (\text{с}/\text{л})^2 \times \text{м}.$$

Значения расхода и давления при температуре воды  $9^\circ\text{C}$ , полученные в результате проведенного эксперимента по определению гидравлического сопротивления пожарного разветвления РТ-80 (патрубка  $77 \times 77 \text{ мм}$ ), представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Экспериментально полученные значения гидравлического сопротивления пожарного разветвления РТ-80 (патрубка  $77 \times 77 \text{ мм}$ )**

Расход воды $Q_1$ по патрубку пожарного разветвления, $\text{л}/\text{с}$	Давление перед пожарным разветвлением $P_1, \text{кгс}/\text{см}^2$	Давление после пожарного разветвления $P_2, \text{кгс}/\text{см}^2$	Перепад давления $\Delta P$ между $P_1$ и $P_2$ , $\text{кгс}/\text{см}^2$	Гидравлическое сопротивление (патрубка $77 \times 77 \text{ мм}$ ) пожарного разветвления $S_{\text{пр}}, (\text{с}^2/\text{л}^2) \times \text{м}$
6,84	1,95	1,92	0,03	0,0064
7,86	2,26	2,22	0,04	0,0065
8,32	1,45	1,41	0,04	0,0059
9,03	0,41	0,36	0,05	0,0061
11,83	0,69	0,60	0,09	0,0064
Среднее значение				0,0063

При статистической обработке полученных данных для каждой выборки с использованием критерия согласия Пустыльника проверяли гипотезу о нормальности генеральной совокупности. В случае если эмпирические значения асимметрии и эксцесса экспериментальной выборки (измерений) оказывались меньше критических значений, проводили расчет доверительных интервалов с использованием таблиц поправок Стьюдента.

Составленные соответствующие алгоритмы и компьютерные программы статистической обработки потока измерительных данных с ЭИУ находятся в стадии оформления для подачи на регистрацию в Федеральную службу по интеллектуальной собственности и будут описаны после выдачи свидетельства о государственной регистрации программы ЭВМ.

Значения расхода и давления при температуре воды  $9^\circ\text{C}$ , полученные в результате проведенного эксперимента по определению гидравлического сопротивления пожарного разветвления РТ-80 (патрубка  $77 \times 51 \text{ мм}$ ), представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Экспериментально полученные значения гидравлического сопротивления пожарного разветвления РТ-80 (патрубка 77×51 мм)**

Расход воды $Q_1$ по патрубку пожарного разветвления, л/с	Давление перед пожарным разветвлением $P_1$ , кгс/см <sup>2</sup>	Давление после пожарного разветвления $P_2$ , кгс/см <sup>2</sup>	Перепад давления $\Delta P$ между $P_1$ и $P_2$ кгс/см <sup>2</sup>	Гидравлическое сопротивление (патрубка 77×51 мм) пожарного разветвления $S_{pt}$ , (с <sup>2</sup> /л <sup>2</sup> ) × м
4,34	0,93	0,80	0,13	0,069
5,61	2,14	1,94	0,20	0,064
6,61	2,29	1,99	0,30	0,069
6,72	2,35	2,04	0,31	0,068
7,08	2,31	1,99	0,32	0,064
Среднее значение				0,067

В работе [13] разработана расчетно-теоретическая модель для определения потерь напора в центральном патрубке трехходового пожарного разветвителя РТ-80. Сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных показал, что расхождение значений гидравлического сопротивления не превышает 5 %, что подтверждает высокую достоверность полученных результатов.

В дальнейшем авторы планируют провести детальные (с учетом реальной геометрии конструкций) расчетно-теоретические исследования значений гидросопротивлений боковых патрубков РТ-80, чтобы окончательно убедиться в приемлемом качестве измерений, проведенных с использованием приборов расхода и давления ЭИУ.

### Заключение

1. Показана актуальность темы экспериментального определения значений гидравлических сопротивлений патрубков трехходовых пожарных разветвлений, применяемых для организации подачи ОТВ на месте тушения пожаров пожарными подразделениями.

2. Предложена схема и метод экспериментального получения актуальных значений гидравлических сопротивлений патрубков трехходовых пожарных разветвлений с использованием имеющейся экспериментально-исследовательской установки Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

3. Впервые в России экспериментально получены значения гидравлических сопротивлений каждого патрубка РТ-80 в отдельности:

$$\begin{aligned} \left(\frac{77 \times 77}{77 \times 51}\right) \bar{S}_{pt} &= 0,0063 \text{ (с}^2/\text{л}^2\text{)} \times \text{м;} \\ \frac{77 \times 51}{77 \times 77} \bar{S}_{pt} &= 0,067 \text{ (с}^2/\text{л}^2\text{)} \times \text{м.} \end{aligned}$$

4. Это создает возможность рассчитывать в дальнейшем по известным в гидравлике формулам значения гидравлических сопротивлений РТ для любой комбинации подключения РПН рабочей линии, создаваемой в процессе тактических расчетов конкретных схем пожаротушения.

**Рекомендации:**

1. Продолжить исследования по экспериментальному определению фактических значений гидравлических сопротивлений патрубков РТ-70 по разработанному и представленному авторами методу.

2. После завершения необходимых измерений, связанных с определением гидравлических сопротивлений патрубков рукавных разветвлений (РТ), предлагаем инициировать внесение полученных значений в справочные материалы, предназначенные для руководителей тушения пожаров. Эти фактические данные о гидравлических сопротивлениях патрубков РТ могут стать основой для усовершенствования действующей методики оценки работоспособности НРС.

3. Предложенные значения будут полезны как в условиях реального тушения пожаров, так и в процессе подготовки будущих специалистов в области пожарной безопасности в учебных заведениях МЧС России. Включение этих данных в учебные программы и практические занятия позволит повысить эффективность работы пожарных подразделений, обеспечивая более точные расчеты и улучшая понимание процессов, связанных с подачей ОТВ во время ликвидации пожаров.

4. Таким образом, использование полученных значений не только повысит уровень подготовки будущих руководителей тушения пожаров, но и окажет положительное влияние на оперативные действия в экстренных ситуациях, что в конечном итоге приведет к повышению уровня безопасности населения и снижению ущерба от пожаров.

**Список источников**

1. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году: информ.-аналит. сб. / В.С. Гончаренко [и др.]. Балашиха: ВНИИПО МЧС России, 2024. 110 с. EDN BSONFO.
2. Чечетина Т.А., Гончаренко В.С. Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2018 году // Пожарная безопасность. 2019. № 1. С. 130–148. EDN MPOQXH.
3. Малый В.П., Куртов С.О., Яровой В.Ю. О необходимости уточнения гидравлических характеристик, поступающих в подразделения МЧС России новых пожарных рукавов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 1 (24). С. 54–61. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008. EDN IUCOPT.
4. Куртов С.О., Малый В.П., Макаров В.М. Аналитическое обоснование необходимости экспериментального определения гидравлических сопротивлений пожарных трехходовых разветвлений и переходных соединительных головок различных диаметров // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. 2024. № 1 (13). С. 10–13. DOI: 10.34987/2712-9233.2024.81.31.002. EDN JMVKGJ.
5. О необходимости уточнения основных технических характеристик стоящих на вооружении в подразделениях МЧС России современных пожарных стволов / С.О. Куртов [и др.] // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. Т. 32. № 1. С. 136–142. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.18.22.014. EDN OIKFLQ.
6. 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/vniiipo.pb.2024.115.2.002. EDN SJUPCH.
7. Бубнов В.Б., Ведяскин Ю.А. Исследование гидропотерь в насосно-рукавных системах и совершенствование методик их гидравлического расчета // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сб. материалов X Всерос. науч.-практ. конф. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2023. С. 80–86. EDN QIYSIT.
8. Гидравлическое сопротивление напорных пожарных рукавов / О.Д. Навроцкий [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2022. Т. 6. № 1. С. 74–83. DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.74. EDN SJOMOD.

9. Морозов А.А. Влияние высоты установки ручного пожарного ствола с оптимальными геометрическими параметрами на расход огнетушащего вещества // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларусь. 2022. Т. 6. № 4. С. 429–440. DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-4.429. EDN FUZQUJ.

10. Investigation of Pressure Variations in Hose Pumps under Different Flow Regimes Using Bidirectional Fluid–Structure Interaction / M. Wang [et al.] // Processes. 2023. Т. 11. № 11. P. 3079.

11. Pump-hose systems with universal fire barrels for extinguishing buildings / A. Marozau [et al.] // Magazine of Civil Engineering. 2021. № 3 (103). DOI: 10.34910/MCE.103.5. EDN ALXOEJ.

12. Обоснование выбора состава экспериментально-исследовательской установки для измерения теплогидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем / В.П. Малый [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. 2024. № 2 (54). С. 60–68. DOI: 10.25699/SSSB.2024.54.2.006. EDN OZOYAH.

13. Куртов С.О., Малый В.П. Сравнительный анализ расчетно-теоретических и экспериментальных значений гидравлического сопротивления центрального патрубка пожарного трехходового разветвления // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 1 (54). С. 46–54. EDN TWPGAW.

### References

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2023 godu: inform.-analit. sb. / V.S. Goncharenko [i dr.]. Balashiha: VNIIPo MCHS Rossii, 2024. 110 s. EDN BSONFO.
2. Chechetina T.A., Goncharenko V.S. Obstanovka s pozharami v Rossijskoj Federacii v 2018 godu // Pozharnaya bezopasnost'. 2019. № 1. S. 130–148. EDN MPOQXH.
3. Malyj V.P., Kurtov S.O., Yarovoij V.Yu. O neobhodimosti utochneniya gidravlicheskikh harakteristik, postupayushchih v podrazdeleniya MCHS Rossii novyh pozharnyh rukavov // Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik. 2022. № 1 (24). S. 54–61. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008. EDN IUCOPT.
4. Kurtov S.O., Malyj V.P., Makarov V.M. Analiticheskoe obosnovanie neobhodimosti eksperimental'nogo opredeleniya gidravlicheskikh soprotivlenij pozharnyh trekhkhodovyh razvetvlenij i perekhodnyh soedinitel'nyh golovok razlichnyh diametrov // Aktual'nye problemy bezopasnosti v tekhnosfere. 2024. № 1 (13). S. 10–13. DOI: 10.34987/2712-9233.2024.81.31.002. EDN JMVKGJ.
5. O neobhodimosti utochneniya osnovnyh tekhnicheskikh harakteristik stoyashchih na vooruzhenii v podrazdeleniyah MCHS Rossii sovremennyh pozharnyh stvolov / S.O. Kurtov [i dr.] // Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik. 2024. Т. 32. № 1. S. 136–142. DOI :10.34987/vestnik.sibpsa.2024.18.22.014. EDN OIKFLQ.
6. Nelyubov V.N. Kriticheskij analiz sposobov rascheta podachi ognetushashchih veshchestv v perekachku na bol'shie rasstoyaniya // Pozharnaya bezopasnost'. 2024. № 2 (115). S. 23–30. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2024.115.2.002. EDN SJUPCH.
7. Bubnov V.B., Vedyaskin Yu.A. Issledovanie gidropoter' v nasosno-rukavnnyh sistemah i sovershenstvovanie metodik ih gidravlicheskogo rascheta // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernyh sistem obespecheniya pozharnoj bezopasnosti ob"ektov: sb. materialov X Vseros. nauch.-prakt. konf. Ivanovo: Ivanovskaya pozh.-spas. akad. GPS MCHS Rossii, 2023. S. 80–86. EDN QIYSIT.
8. Gidravlicheskoe soprotivlenie napornyh pozharnyh rukavov / O.D. Navrockij [i dr.] // Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MCHS Belarusi. 2022. Т. 6. № 1. S. 74–83. DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.74. EDN SJOMOD.
9. Morozov A.A. Vliyanie vysoty ustanovki ruchnogo pozharnogo stvola s optimal'nymi geometricheskimi parametrami na raskhod ognetushashchego veshchestva // Vestnik Universiteta

grazhdanskoj zashchity MCHS Belarusi. 2022. T. 6. № 4. S. 429–440. DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-4.429. EDN FUZQUJ.

10. Investigation of Pressure Variations in Hose Pumps under Different Flow Regimes Using Bidirectional Fluid–Structure Interaction / M. Wang [et al.] // Processes. 2023. T. 11. № 11. P. 3079.

11. Pump-hose systems with universal fire barrels for extinguishing buildings / A. Marozau [et al.] // Magazine of Civil Engineering. 2021. № 3 (103). DOI: 10.34910/MCE.103.5. EDN ALXOEJ.

12. Obosnovanie vybora sostava eksperimental'no-issledovatel'skoj ustanovki dlya izmereniya teplogidravlicheskikh parametrov elementov nasosno-rukavnnyh sistem / V.P. Malyj [i dr.] // Yuzhno-Sibirskij nauchnyj vestnik. 2024. № 2 (54). S. 60–68. DOI: 10.25699/SSSB.2024.54.2.006. EDN OZOYAH.

13. Kurtov S.O., Malyj V.P. Sravnitel'nyj analiz raschetno-teoreticheskikh i eksperimental'nyh znachenij gidravlicheskogo soprotivleniya central'nogo patrubka pozharnogo trekhkhodovogo razvetvleniya // Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity. 2025. № 1 (54). S. 46–54. EDN TWPGAW.

#### Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 18.12.2024; одобрена после рецензирования: 17.02.2025; принята к публикации: 18.04.2025

#### The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 18.12.2024; approved after review: 17.02.2025; accepted for publication: 18.04.2025

#### Информация об авторах:

**Куртов Сергей Олегович**, преподаватель кафедры пожарной тактики и аварийно-спасательных работ Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (662972, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1), e-mail: kurtovsergej1983@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-0609-7536>, SPIN-код: 9689-4190

**Малый Виталий Петрович**, профессор кафедры физики, математики и информационных технологий Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (662972, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1), кандидат технических наук, доктор физико-математических наук, e-mail: sietmen@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7043-7379>, SPIN-код: 7174-4994

#### Information about the authors:

**Kurtov Sergey O.**, lecturer of the department of fire tactics and rescue operations of the Siberian fire and rescue academy of the State fire service of EMERCOM of Russia (662972, Zheleznogorsk, Severnaya str., 1), e-mail: kurtovsergej1983@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-0609-7536>, SPIN: 9689-4190

**Maly Vitaly P.**, professor of the department of physics, mathematics and information technologies of the Siberian fire and rescue academy of the State fire service of EMERCOM of Russia (662972, Zheleznogorsk, Severnaya str., 1), candidate of technical sciences, doctor of physico-mathematical sciences, e-mail: sietmen@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-7043-7379>, SPIN: 7174-4994