

Научная статья
УДК 614.842.65
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008

О НЕОБХОДИМОСТИ УТОЧНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОСТУПАЮЩИХ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ МЧС РОССИИ НОВЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

**Виталий Петрович Малый,
Сергей Олегович Куртов,
Вячеслав Юрьевич Яровой**

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия
Автор ответственный за переписку: Виталий Петрович Малый, sietmen@yandex.ru

Аннотация. В статье описаны результаты исследований, связанных с постановкой и поиском путей решения проблемы устранения значительной неопределённости гидравлических характеристик поступающих в подразделения МЧС новых пожарных рукавов. Оценён порядок разбросов справочных данных гидравлических параметров пожарных рукавов, приведённых в официальных источниках. Показано, что отсутствие точных данных не позволяет эффективно использовать разрабатываемые в Академии расчетные модели насосно-рукавных систем. Для выхода из положения предложено создать «Экспериментально-исследовательскую установку для измерения теплогидравлических характеристик элементов тракта подачи огнетушащих веществ к месту пожара».

Ключевые слова: гидравлические характеристики, насосно-рукавные системы, пожарные рукава, расчетные модели

Для цитирования: 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. <https://dx.doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008>.

Original article

ON THE NEED TO CLARIFY THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS COMING TO THE SUBDIVISIONS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA NEW FIRE HOSES

**Vitaly P. Maly,
Sergey O. Kurtov,
Vyacheslav Yu. Yarovoy**

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia
Corresponding author: Vitaly.P. Maly, sietmen@yandex.ru

Abstract. The article describes the results of research related to the formulation and search for ways to solve the problem of eliminating the significant uncertainty of the hydraulic characteristics of new

fire hoses entering the units of the Ministry of Emergency Situations. The order of scattering of reference data of hydraulic parameters of fire hoses given in official sources is estimated. It is shown that the lack of accurate data does not allow to effectively use the calculation models of pump-hose systems developed at the Academy. To get out of the situation, it is proposed to create an "Experimental research installation for measuring the thermohydraulic characteristics of the elements of the water supply path to the fire site".

Key words: hydraulic characteristics, pump-hose systems, fire hoses, calculation models

For citation: Maly V.P., Kurtov S.O., Yarovoy V.Yu. On the need to clarify the hydraulic characteristics coming to the subdivisions of the Ministry of Emergency Situations of Russia new fire hoses // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 1 (24). С. 54-61. <https://dx.doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008>.

Введение

Основной боевой задачей подразделений пожарной охраны на территории Российской Федерации является спасение людей, достижение локализации и ликвидации пожара в кратчайшие сроки [1]. Сложно выделить какой-либо один доминирующий фактор, влияющий на сроки достижения локализации пожара, после того как пожарными подразделениями была предотвращена угроза людям и (или) животным.

Рассмотрим факторы, от которых однозначно и существенно зависит промежуток времени до наступления локализации пожара.

К ним относятся:

- количество личного состава подразделений пожарной охраны;
- оснащение участников боевых действий пожарной техникой, специальной защитной одеждой, средствами защиты органов дыхания и зрения, пожарным оборудованием и инструментом, находящимся на вооружении пожарной охраны, в том числе от их технических характеристик;
- качество профессиональной подготовки (теоретических знаний, практических навыков, слаженности действий) личного состава подразделений пожарной охраны;
- своевременное и эффективное управление имеющимися силами и средствами на пожаре;
- соответствие объекта защиты требованиям пожарной безопасности;
- обстановки на месте пожара;
- правильного выбора способа доставки огнетушащих веществ (далее ОТВ) к месту пожара, в том числе эффективной работы насосно-рукавной системы, обеспечивающей бесперебойную подачу ОТВ.

Довольно часто подразделения пожарной охраны сталкиваются при тушении пожаров с недостаточным количеством ОТВ, вывозимых на основных пожарных автомобилях. В таких случаях руководитель тушения пожара должен сделать выбор в пользу наиболее рационального способа доставки ОТВ к месту пожара. От каких же параметров зависит расстояние и (или) высота, на которое максимально возможно подать ОТВ? Эти параметры следующие:

- гидравлические сопротивления напорных пожарных рукавов (далее НПР);
- максимально возможная пропускная способность НПР;
- количество НПР в рукавной линии.

В процессе анализа различных литературных источников [2;3;4;5;6] были проанализированы методики расчета требуемого количества пожарной техники, оборудования для организации доставки воды, самого распространённого вещества применяемого для целей пожаротушения к месту тушения пожара.

Установлено, что большинство авторов используют значения гидравлических сопротивлений НПР, которые были получены более 20 лет назад, несмотря на то, что производители при изготовлении НПР в качестве внутреннего гидроизоляционного

покрытия начали использовать совершенно новые материалы. Значения гидравлических сопротивлений для прорезиненных и непрорезиненных НПП в различных источниках существенно отличаются друг от друга и приведены в табл. 1.

Таблица 1. Гидравлические сопротивления S_p прорезиненных и непрорезиненных НПП, $((с/л)^2 м)$ различного диаметра (d_y) из различных литературных источников $[n_i]$

d, мм	S_p рукавов прорезиненных, позиция литературного источника $[n_i]$					S_p рукавов непрорезиненных, позиция литературного источника $[n_i]$				
	[2]	[3]	[4]	[5]	[7]	[2]	[3]	[4]	[5]	[7]
51	0,13	0,13	0,15	0,15	0,12	0,24	0,3	0,3	0,3	0,23
66	0,034	0,034	0,035	0,035	0,03	0,077	0,077	0,077	0,077	0,07
77	0,015	0,015	0,015	0,015	0,013	0,03	0,03	0,03	0,03	0,035

Для более наглядного представления и удобства сравнительного анализа различия в числовых значениях гидравлических сопротивлений S_p пожарных рукавов были обобщены справочные данные литературных источников, которые представлены на Рис. 1 и 2.

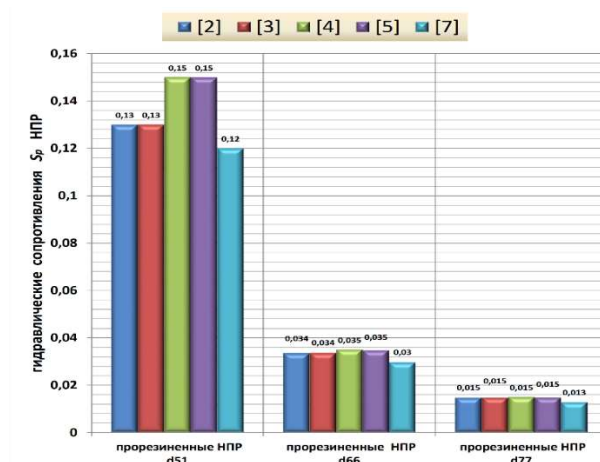


Рис. 1. Значения гидравлических сопротивлений S_p прорезиненных НПП $\varnothing 51$ мм, $\varnothing 66$ мм и $\varnothing 77$ мм, представленные в различных литературных источниках [2], [3], [4], [5] и [7]

Проанализировав данные в диаграмме, представленной на рис.1, выявили следующие факты и особенности.

В литературных источниках, выпущенных в определенных временных рамках, приводят практически одни и те же значения, но в них (источниках) не представлены первичные документы с соответствующими опытно-практическими материалами, показывающие происхождение данных значений.

Данные из источников [2] и [3], приведенные специалистами АГПС МЧС России и датированные 2016-2017 годами, практически совпадают друг с другом.

В то же время, данные, представленные авторами в источниках [4] и [7], имея минимальное расхождение в хронологии их появления, а именно 2000-2002 год, несут существенно различающиеся друг от друга значения S_p .

Учитывая высокий уровень расхождения данных по S_p , можно сделать вывод о недопустимо высокой (критической) разнице справочных данных по гидравлическим сопротивлениям S_p , не позволяющим в настоящее время проводить тактико-технические расчеты НРС с приемлемой для практики точностью.

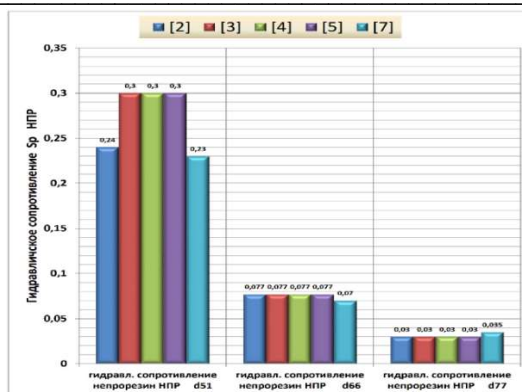


Рис.2. Значения гидравлических сопротивлений S_p непрорезиненных НПР $\varnothing 51$ мм, $\varnothing 66$ мм и $\varnothing 77$ мм, представленные в различных литературных источниках [2], [3], [4], [5] и [7]

На диаграмме, представленной на рис.2 отчетливо видно, что данные гидравлических сопротивлений S_p непрорезиненных НПР, особенно диаметром 51 мм, приведённые в литературных источниках [2;7], существенно отличаются от остальных значений, что подтверждает необходимость проведения работ по уточнению этих параметров.

Следующим параметром, влияющим на подачу необходимого количества воды к месту пожара и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, является максимально возможная пропускная способность $Q_{пр}$ напорных пожарных рукавов. Значения максимальной пропускной способности $Q_{пр}$ НПР разных диаметров в различных источниках приведены в табл.2. Видно, что эти значения также существенно отличаются друг от друга.

Таблица 2. Максимально возможная пропускная способность $Q_{пр}$ напорных пожарных рукавов, л/с

d_y , мм	Пропускная способность напорных пожарных рукавов, л/с согласно позициям литературы				
	[4]	[5]	[6]	[8]	[9]
51	10,2	10,2	10,2	13,9	-
66	17,1	17,1	17,1	22,0	22,2
77	23,3	23,3	23,3	29,0	29,6

Для более удобного проведения сравнительного анализа уровня различий числовых значений пропускной способности $Q_{пр}$ НПР различных диаметров табличные данные представлены на рис.3 в виде диаграммы.

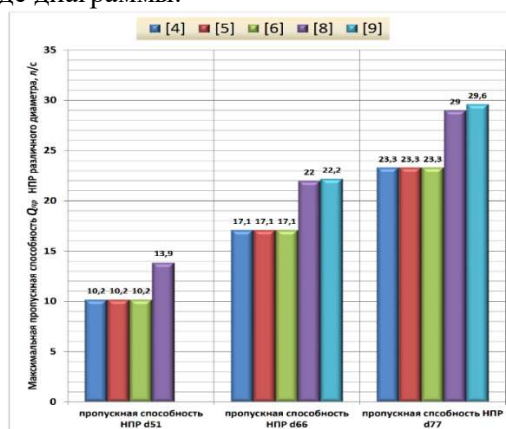


Рис.3 Значения максимально возможной пропускной способности $Q_{пр}$ (л/с) напорных пожарных рукавов различных диаметров, взятые из различных литературных источников [4], [5], [6], [8] и [9]

Из диаграммы, представленной на рис.3 можно сделать вывод, что данные, взятые из литературных источников [4;5;6] полностью совпадают, что вероятно связано с использованием авторами справочников одного и того же исходного источника. Существенные различия в значениях максимальной пропускной способности НПП отмечают (указывают) исследователи в своих диссертационных работах [8;9].

Авторы данной статьи полагают, что данные различия в значениях возникают из-за нескольких основных причин:

- использование исследователями Двоенко О.В., Ольховским И.А. при проведении своих экспериментов измерительного оборудования и инструмента с более высоким классом точности;
- применение при экспериментах в качестве исследуемых объектов пожарных рукавов, произведенных с использованием в качестве внутреннего гидроизоляционного покрытия новых композиционных материалов.

Для того, чтобы наглядно и окончательно убедиться в необходимости проведения новых экспериментальных исследований и уточнения значений вышеперечисленных параметров, рассмотрим следующий пример.

Руководителю тушения пожара необходимо организовать подачу воды на тушение пожара от автоцистерны, используя один пожарный рукав диаметром 51 мм на максимальную пропускную способность, рис.4.

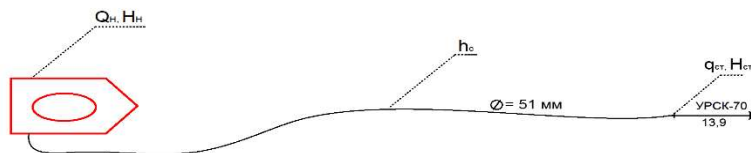


Рис. 4 Схема боевого развертывания отделения на основном пожарном автомобиле с подачей одного пожарного ствола с расходом $q_{ст} = 13,9$ л/с

Q_n – подача пожарного насоса автоцистерны, л/с;

H_n – напор пожарного насоса, м;

h_c – потери напора в рукавной системе при турбулентном режиме течения жидкости, м;

$H_{ст}$ – напор у пожарного ствола, м;

$q_{ст}$ – производительность пожарного ствола (13,9 л/с), л/с.

Потери напора h_c в рукавных системах при турбулентном режиме течения жидкости определяются по формуле [2]:

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

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 таблица 1, $((\text{с/л})^2 \times \text{м})$;

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

Определим потери напора h_c в рабочей прорезиненной рукавной линии, при турбулентном режиме течения жидкости, используя максимальные значения гидравлических сопротивлений $S_p^{макс}$ [4;5] и максимальную пропускную способность $Q_{пр}^{макс}$ [8] одного пожарного рукава диаметром 51 мм, длиной 20 метров:

$$h_c^{макс} = 1 \times 0,15 \times 13,9^2 = 28 \text{ (м)}. \quad (2)$$

После этого определим потери напора h_c в рабочей прорезиненной рукавной линии при турбулентном режиме течения жидкости, используя минимальные значения гидравлических сопротивлений $^{мин}S_p$ [7] и минимальную (полную) пропускную способность $^{мин}Q_{np}$ [4;5;6] одного пожарного рукава диаметром 51 мм длиной 20 метров, рис.5.

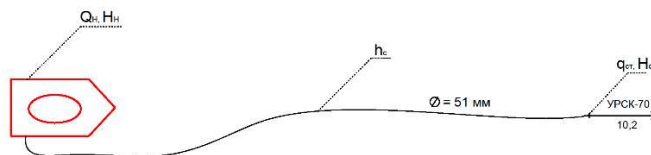


Рис.5 Схема боевого развертывания отделения на основном пожарном автомобиле с подачей одного пожарного ствола с расходом $q_{ст} = 10,2$ л/с

$$^{мин}h_c = 1 \times 0,12 \times 10,2^2 = 12,5 \text{ (м)}. \quad (3)$$

Проведенные авторами расчеты показали, что расхождение расчета значений потерь напора в одном пожарном рукаве диаметром 51 мм, вычисленные по формулам 2 и 3, составляет 15,5 метров (то есть относительное различие γ более чем в 2 раза):

$$\gamma = \frac{^{макс}h_c}{^{мин}h_c} = \frac{28,0 \text{ м.}}{12,5 \text{ м}} = 2,24.$$

Это однозначно доказывает острую необходимость проведения работ по оперативному уточнению табличных значений (исходных данных), требуемых для более корректного расчета параметров собираемых для тушения пожаров насосно-рукавных систем.

В заключение отметим, что научным коллективом ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия (далее – Академия) создан ряд расчетно-теоретических разработок по прогнозированию расходов, давлений и температур подаваемой к месту пожара воды в различных местах насосно-рукавных систем (НРС) любой сложности [10;11].

К сожалению, до настоящего времени у исследователей Академии отсутствует возможность проверить точность (пригодность, работоспособность), создаваемых расчетных моделей (методик), в том числе, получившей уже широкую известность компьютерной модели ГраФис-Тактик-НРС, предназначенной для компьютерного моделирования боевых действий по тушению пожаров любого типа и сложности [11].

Анализ разрабатываемых научно-инженерных тем и содержания публикаций, осуществляемых научными работниками МЧС вообще и Академии, в частности, показывает, что острота необходимости создания и интенсивного использования экспериментально-исследовательской установки для уточнения теплогидравлических параметров НРС из года в год неуклонно возрастает.

По мнению авторов, устранению обозначенной выше проблемы должно способствовать проведение утверждённой в 2021 году Руководством Академии научно-практической работы «Разработка экспериментально-исследовательской установки для измерения гидравлических параметров элементов тракта подачи огнетушащих веществ к месту тушения пожара».

К настоящему времени выполнены такие важные фрагменты научно-практической работы как «Разработка концепции проекта», «Выбор блок-схемы установки», «Выбор типов измерительных приборов» и ряд других.

О результатах реализации вышеуказанной научно-практической работы и связанных с ней НИР авторы предполагают ознакомить научное сообщество в своих дальнейших публикациях.

Заключение

1 Установлено, что расхождение параметров потерь напора в одном пожарном рукаве нередко достигает более чем двукратных значений. Это приводит к формулировке (постановке) проблемы устранения значительной неопределённости гидравлических характеристик поступающих в подразделения МЧС новых пожарных рукавов.

2 Показано, что уточнение значений гидравлических сопротивлений и максимально возможной пропускной способности пожарных рукавов, выполненных по современным технологиям с использованием новых материалов, является актуальной задачей для построения эффективных и работоспособных насосно-рукавных систем, применяемых для организации подачи воды к месту пожара и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

3 Показано, что отсутствие точных данных не позволяет эффективно использовать разрабатываемые в Академии расчетные модели насосно-рукавных систем.

4 Для выхода из сложившегося положения авторами предложено создать «Экспериментально-исследовательскую установку для измерения основных тепло-гидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем, применяемых для подачи огнетушащих веществ и влияющих на ее эффективность».

Список источников

1. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
2. Абросимов, Ю.Г., Жучков, В.В., Болдырев Е.Н. и др. Гидравлика: Учебник – М.: АГПС МЧС России, 2017.
3. Жучков, В.В., Пименов А.А., Карасев Ю.Л. и др. Противопожарное водоснабжение: Учебник – М.: АГПС МЧС России, 2016.
4. Богданов М.И., Архипов Г.Ф., Мясенков Е.И., Справочник по пожарной технике и тактике, Санкт-Петербург, 2002.
5. Иванников В.П., Клюс П.П., Справочник руководителя тушения пожара, Москва, Стройиздат, 1987.
6. Повзик, Я.С. Справочник руководителя тушения пожара / Я.С. Повзик. – Москва, ЗАО «Спецтехника», 2000 – 361с.
7. Яковчук, В.И. Гидравлические сопротивления гибких трубопроводов противопожарного водоснабжения: специальность 05.23.04 "Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Яковчук Виктор Иванович. – Минск, 2000.
8. Ольховский, И. А. Технология применения рукавных систем с пропускной способностью более 100 Л/С для тушения пожаров на объектах энергетики: специальность 05.26.03 "Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ольховский Иван Александрович. – Москва, 2014.
9. Двоенко, О. В. Насосно-рукавные системы пожарных автомобилей, обеспечивающие тушение пожаров и аварийное водоснабжение на объектах энергетики в условиях низких температур: специальность 05.26.03 "Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Двоенко Олег Викторович. – Москва, 2014.

10. Малютин О.С. Компьютерное моделирование сложных насосно-рукавных систем. / Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций». 2018. С. 68-75.
11. Г.С. Дупляков, О.С. Малютин, В.П. Малый. Уточнения к методике расчета количества мобильных средств пожаротушения, необходимых для организации доставки воды к месту пожара методом перекачки. / ТЕХНО-СФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2020 №3
URL:<https://uigps.ru/nauka/tekhnosfernaya-bezopasnost-nauchnyy-elektronnyy-zh/>

Информация об авторах

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

Information about the author

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

Статья поступила в редакция 25.01.2022; одобрена после рецензирования 04.03.2022; принята к публикации 21.03.2022.

The article was submitted 25.01.2022, approved after reviewing 04.03.2022, accepted for publication 21.03.2022.