

Научная статья
УДК 614.843.2
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.52.74.019

Расчетно-экспериментальное определение фактических значений максимальной пропускной способности напорных пожарных рукавов 20-метровой длины с различными диаметрами условного прохода

Сергей Олегович Куртов
Виталий Петрович Малый
Юлия Николаевна Коваль

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия
Автор ответственный за переписку: Сергей Олегович Куртов, kurtovsergej1983@yandex.ru

Аннотация. В настоящей работе приведены материалы, связанные с расчетно-экспериментальным определением максимальной пропускной способности различных рукавов пожарных напорных, используемых для перекачки воды из АЦ, обеспечивающих подвоз воды – в головную АЦ. Полученные результаты предполагается использовать в практической и учебной деятельности для составления работоспособных и эффективных насосно-рукавных систем, в том числе для корректировки (совершенствования) существующей методики расчета необходимого количества пожарных автомобилей для организации бесперебойной подачи воды к месту тушения пожара способом подвоза.

Ключевые слова: пропускная способность напорного пожарного рукава, насосно-рукавные системы, пожарный насос, гидравлическое сопротивление

Для цитирования: Куртов С.О., Малый В.П., Коваль Ю.Н. Расчетно-экспериментальное определение фактических значений максимальной пропускной способности напорных пожарных рукавов 20-метровой длины с различными диаметрами условного прохода // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 3 (34). С. 190-200. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.52.74.019>.

Original article

CALCULATION-EXPERIMENTAL DETERMINATION OF ACTUAL VALUES OF MAXIMUM CAPACITY OF PRESSURE FIRE HOSES OF 20-METER LENGTH WITH DIFFERENT DIAMETERS OF THE CONDITIONAL PASSAGE

Sergey O. Kurtov
Vitaly P. Maly
Yulia N. Koval

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia
Corresponding author: Sergey O. Kurtov, kurtovsergej1983@yandex.ru

Abstract. This paper presents materials related to the design and experimental determination of the maximum capacity of various fire pressure hoses used for pumping water from ACs providing water supply to the head AC. The obtained results are supposed to be used in practical and educational activities for the preparation of workable and effective pumping-hose systems, including the

adjustment (improvement) of the existing methodology for calculating the required number of fire trucks to organize an uninterrupted supply of water to the place of fire extinguishing by means of delivery.

Key words: capacity of pressure fire hose, pump-hose systems, fire pump, hydraulic resistance

For citation: Kurtov S.O., Maly V.P., Koval Yu.N. Calculation-experimental determination of actual values of maximum capacity of pressure fire hoses of 20-meter length with different diameters of the conditional passage // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2024. № 3 (34). С. 190-200. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.52.74.019>.

Введение

Анализ научных публикаций [1-6], связанных с необходимостью уточнения основных гидравлических характеристик (сопротивление и пропускная способность) рукавов пожарных напорных (далее РПН), выполненных из современных материалов, свидетельствует о высокой актуальности исследований, проводимых в данной области.

Для составления работоспособных и эффективных насосно-рукавных систем в практической деятельности требуются актуальные значения следующих параметров:

- Гидравлические сопротивления РПН выполненные из современных материалов;
- Максимальная пропускная способность отдельных РПН с различными диаметрами условного прохода;
- Гидравлические сопротивления отдельных элементов насосно-рукавных систем (рукавные разветвления с различными диаметрами условного прохода, переходные пожарные соединительные головки).

Авторским коллективом ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (далее Академия) разрабатывается проблема бесперебойной подачи воды к месту пожара способом подвоза. В рамках этой многозвенной работы проводится исследование затрат времени на многочисленные фрагменты организации подачи воды этим способом. Одним из актуальных фрагментов рассматриваемого способа организации бесперебойной подачи воды является сведения о фактическом значении максимальной пропускной способности (далее МПС) РПН диаметром 77 мм используемого для перелива воды из автоцистерн (далее АЦ), обеспечивающих подвоз воды – в головную АЦ. Перед авторами стоят два вопроса:

1. Обеспечивает ли поперечное сечение РПН с условным проходом Ду80 проход потока воды подаваемой пожарными насосами с номинальной подачей 40 л/с?
2. Требуется ли личному составу подразделений пожарной охраны тратить время и силы на прокладку дополнительного РПН (со второго напорного патрубка пожарного насоса к головной АЦ) для уменьшения времени на перелив воды из АЦ в АЦ?

Чтобы ответить на поставленные вопросы, авторами сформулирована задача по определению фактических значений максимальной пропускной способности современных РПН 20-метровой длины с различными диаметрами условного прохода на разработанной в Академии экспериментально-исследовательской установке [7].

При анализе нормативной и научной литературы не обнаружено наличие общепринятого определения гидравлического параметра «пропускной способности РПН» (максимальной пропускной способности РПН). Поэтому, исходя из собственного опыта и на основании анализа литературных источников, авторами статьи предложены следующие определения:

Пропускная способность рукава пожарного напорного – объемное количество огнетушащих веществ, проходящее через поперечное сечение РПН в единицу времени при различных значениях напорно-подачных характеристик пожарных насосов конкретных типов (л/с; м³/с; л/мин.; л/ч; м³/мин.; м³/ч).

Максимальная пропускная способность рукава пожарного напорного – максимальное значение объемного количества огнетушащих веществ, проходящих через






поперечное сечение РПН в единицу времени, при максимальных значениях напорно-подачных характеристик пожарных насосов конкретных типов (л/с; м³/с; л/мин.; л/ч; м³/мин.; м³/ч).

При организации на месте пожара бесперебойной подачи воды способом подвоза целесообразно уменьшить время, необходимое, в частности, для переподключения и перелива (заправки) водой головного автомобиля от автоцистерн, участвующих в цикле подвоза. Для этого необходимо использовать РПН с условным проходом Ду80 и пожарные насосы автомобилей при их максимальных значениях напорно-подачных характеристик. На основании вышеизложенного авторами в настоящей работе сформулирована и решена задача по экспериментальному определению фактических значений МПС РПН 20-метровой длины с различными диаметрами условного прохода.

Для проведения экспериментальных исследований использовали следующие материалы и оборудование, представленные в Табл.1.

Табл.1. Оборудование и материалы, используемые для проведения экспериментов

	<p>АЦ-6,0-40(5557), стоящая на вооружении учебной пожарно-спасательной части (далее УПСЧ) Академии с пожарным насосом НЦПН-40/100</p>
	<p>Измерительная рукавная вставка (далее ИРВ) с условным проходом Ду80 с электромагнитным расходомером МФ-80 (5.2.2) класс Б (0,1 м/имп), термопреобразователем ТПТ-1-3-100П-А4-Н-60/8 для измерения температуры огнетушащего вещества непосредственно в потоке – один из структурных элементов экспериментально-исследовательской установки [7] разработанной в Академии</p>
	<p>Вставка с электронным манометром СДВ-И-2,50-1,60-1,00 М(1,6)-4-20МА для измерения давления (далее МИД)</p>
	<p>Устройство (фиксатор свободного конца испытываемого РПН), выполненное авторами из стальной трубы с условным проходом Ду80, обеспечивающее безопасность (за счет исключения явления возбуждения неконтролируемых колебаний свободного конца РПН при истечении из него больших расходов воды) проводимых гидравлических исследований (далее УОБ)</p>

	<p>Тепловычислитель СПТ - 941.20 для вывода сигнала с электронного манометра для измерения давления</p>
	<p>Латексированный РПН с условным проходом Ду50</p>
	<p>Латексированный РПН с условным проходом Ду65</p>
	<p>Латексированный РПН с условным проходом Ду80</p>
	<p>Переходные пожарные соединительные головки (далее ГП) диаметрами «51×77» мм (для проведения гидравлических испытаний РПН диаметром 51 мм) и «66×77» мм (для проведения гидравлических испытаний РПН диаметром 66 мм)</p>

На Рис.1 представлена схема, использованная для определения фактического значения максимальной пропускной способности РПН 20 -метровой длины с условным проходом Ду80.

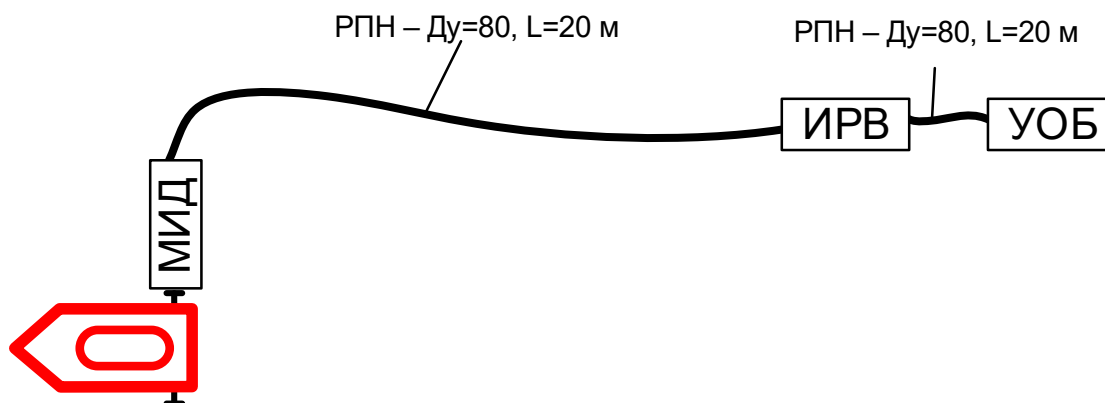


Рис.1. – Схема для определения фактического значения максимальной пропускной способности РПН 20-метровой длины с условным проходом Ду80

На Рис.2 представлена схема, использованная для определения фактического значения максимальной пропускной способности РПН 20-метровой длины с условными проходами Ду50 и Ду65.

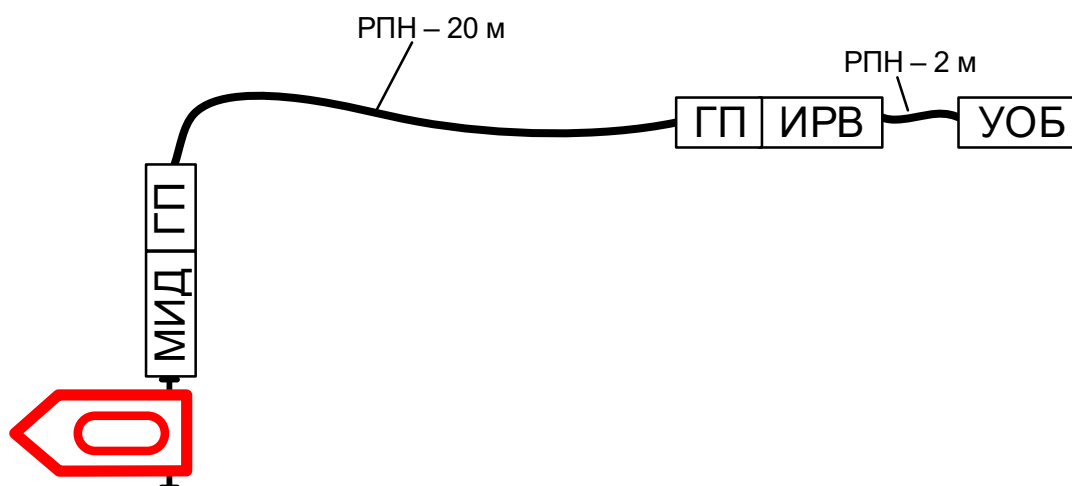


Рис.2. – Схема, для определения фактического значения максимальной пропускной способности РПН 20-метровой длины с условными проходами Ду50 и Ду65

Схема, представленная на Рис.2, отличается от схемы, изображенной на Рис.1, наличием двух ГП диаметрами 51×77 мм (для проведения гидравлических испытаний РПН диаметром 51 мм) и двух ГП 66×77 мм (для проведения гидравлических испытаний РПН диаметром 66 мм).

Основная часть

Испытания проводили при температуре окружающего воздуха +15°C и атмосферном давлении 755 – 768 мм рт. ст. Для проведения эксперимента использовали воду с температурой +12°C из городского водопровода, фиксацию показаний приборов осуществляли при помощи видеозаписи на смартфон с предусмотренной встроенной индикацией текущего времени каждого кадра с точностью до 1 с. В результате проведенных измерительных экспериментов получены фактические значения максимальной пропускной способности (далее МПС) РПН с условными проходами Ду50, 65, 80, которые приведены в Табл.2.

Табл.2. Значения максимальной пропускной способности РПН с условными проходами Ду50, 65, 80

Условный проход РПН Ду	Давление в начале (на входе) РПН, кгс/см ²	Экспериментальные значения расхода воды $Q_{\text{МПСэксп}}^{50,65,80}$ по РПН, м ³ /ч	Экспериментальные значения расхода воды $Q_{\text{МПСэксп}}^{50,65,80}$ по РПН, л/с
50	11,41	100,40	27,88
65	4,61	161,78	44,93
80	3,55	163,43	45,40

При определении расчетных значений МПС $Q_{\text{МПСрасч}}^{50,65,80}$ принимали полученные авторами научной публикации [8] табличные значения гидравлических сопротивлений РПН:

$$(S)_{\text{РПН}}^{50} = 0,12, (S)_{\text{РПН}}^{65} = 0,023, (S)_{\text{РПН}}^{80} = 0,0117.$$

Расчетные потери напора h_c в рукавных системах при турбулентном режиме течения жидкости определяют по формуле [9]:

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

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, $((\text{с/л})^2 \times \text{м})$ [8].

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

По формуле (1) определяем расчетное значение максимальной пропускной способности РПН с условным проходом Ду50 $Q_{\text{МПСрасч}}^{50}$:

$$Q_{\text{МПСрасч}}^{50} = \sqrt{\frac{h_c}{S_{\text{РПН}}^{50}}} = \sqrt{\frac{114,1}{0,12}} = 30,8, \text{ л/с}$$

Рассчитаем $Q_{\text{МПС}}^{65}$ по формуле (1) значения максимальной пропускной способности РПН с условным проходом Ду65:

$$Q_{\text{МПСрасч}}^{65} = \sqrt{\frac{h_c}{S_{\text{РПН}}^{65}}} = \sqrt{\frac{46,1}{0,023}} = 44,7, \text{ л/с}$$

Выражаем $Q_{\text{МПСрасч}}^{80}$ из формулы 1 для получения расчетного значения максимальной пропускной способности РПН с условным проходом 80:

$$Q_{\text{МПС}}^{80} = \sqrt{\frac{h_c}{S_{\text{РПН}}^{80}}} = \sqrt{\frac{35,5}{0,0117}} = 55,1, \text{ л/с}$$

В Табл.3 приведены полученные авторами экспериментальные $Q_{\text{МПСэксп}}^{50,65,80}$ и расчетные $Q_{\text{МПСрасч}}^{50,65,80}$ значения максимальной пропускной способности РПН с условными проходами Ду50, 65, 80 для соответствующих их гидравлических сопротивлений $(S)_{\text{РПН}}^{50,65,80}$, $(\text{с/л})^2 \times \text{м}$.

Табл.3. Экспериментальные и расчетные значения максимальной пропускной способности РПН с условными проходами Ду50, 65, 80

Условный проход РПН, Ду	$(S)_{\text{РПН}}^{50,65,80}$, $(\text{с/л})^2 \times \text{м}$	Экспериментальные значения расхода воды $Q_{\text{МПСэксп}}^{50,65,80}$ по РПН, л/с	Расчетные значения расхода воды $Q_{\text{МПСрасч}}^{50,65,80}$ по РПН, л/с
50	0,1200	27,88	30,80
65	0,0230	44,93	44,70
80	0,0117	45,40	55,10

Для удобства проведения сравнительного анализа построили график зависимостей расчетного $Q_{\text{МПСрасч}}^{50,65,80}$ и экспериментального $Q_{\text{МПСэксп}}^{50,65,80}$ значений МПС от гидравлических сопротивлений $(S)_{\text{РПН}}^{50,65,80} ((\text{с/л})^2 \times \text{м})$ РПН Ду50,65,80 Рис.3.

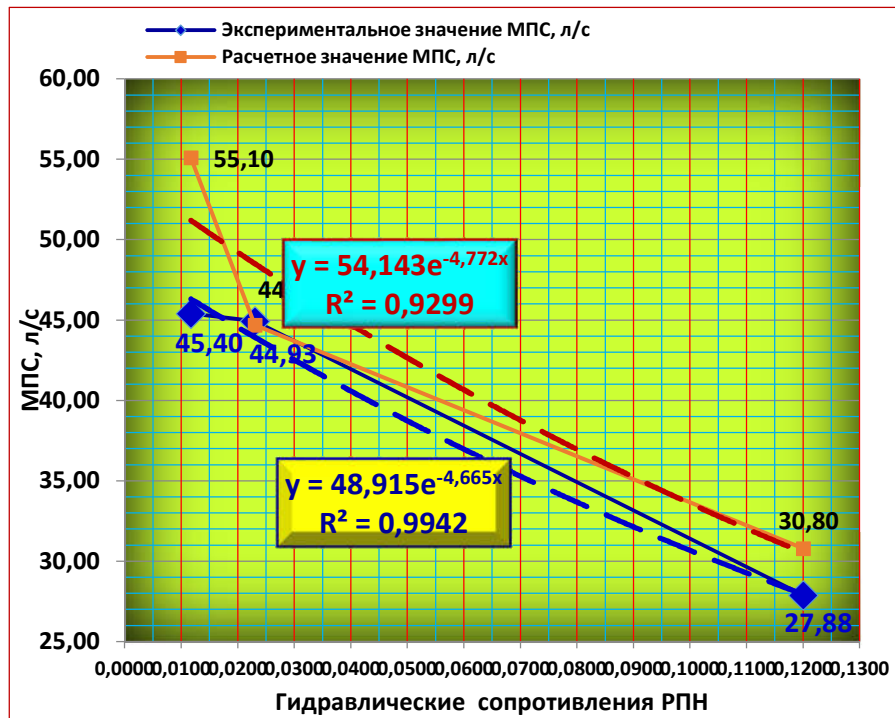


Рис.3. – Экспоненциальные аппроксимации расчетных и экспериментальных данных

Сравнение компьютерных экспоненциальных аппроксимаций экспериментальных и расчетных данных показывает их довольно большую близость по обеим константам А и В (Табл.4):

$$(Q_{\text{МПС}} = A \times (\exp(-B \times S_{\text{РПН}}))$$

Табл.4. Значения экспоненциальных аппроксимаций расчетных и экспериментальных данных

А		В	
Расчет	Эксперимент	Расчет	Эксперимент
54,143	48,915	4,772	4,665

Относительные погрешности аппроксимирующих коэффициентов δA и δB составляют:

$$\delta A = \frac{|54,143 - 48,915|}{\frac{54,143 + 48,915}{2}} \times 100\% = 10,1\%$$

$$\delta B = \frac{|4,772 - 4,665|}{\frac{4,772 + 4,665}{2}} \times 100\% = 2,3\%$$

Степенные аппроксимации расчетных и экспериментальных данных максимальных значений пропускной способности РПН представлены на Рис.4.

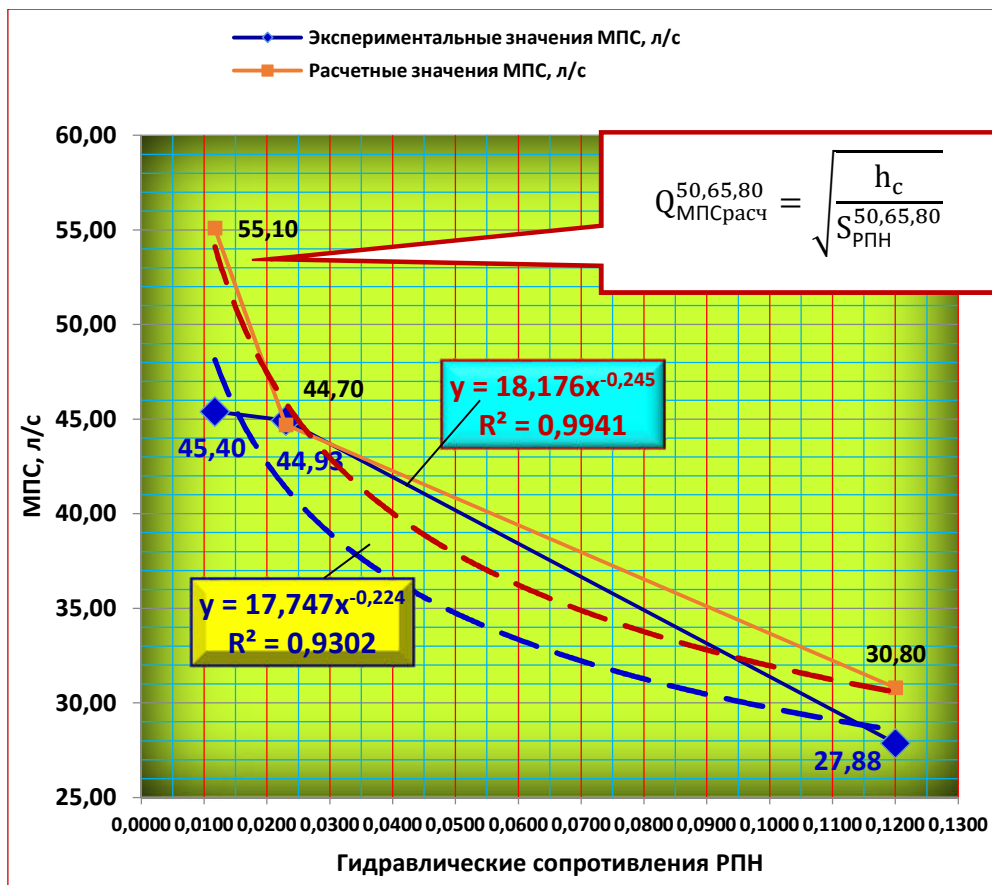


Рис.4. – Степенные аппроксимации расчетных и экспериментальных данных

Сравнение компьютерных степенных аппроксимаций экспериментальных и расчетных данных показывает их довольно большую близость по обеим константам Табл.5.

$$Q_{\text{МПС}} = A \times (S_{\text{РПН}})^{-B}$$

Табл.5. Значения степенных аппроксимаций расчетных и экспериментальных данных

А		В	
Расчет	Эксперимент	Расчет	Эксперимент
18,176	17,747	-0,245	-0,224

Относительные погрешности δA и δB (в процентах) аппроксимирующих коэффициентов А и В составляют:

$$\delta A = \frac{|18,176 - 17,747|}{\frac{18,176 + 17,747}{2}} \times 100\% = 2,4\%$$

$$\delta B = \frac{|0,245 - 0,224|}{\frac{0,245 + 0,224}{2}} \times 100\% = 8,9\%$$

Видно, что формальные «достоверности R» практически одинаковы для обеих функций получения тренда и имеют довольно большие значения 0,93÷0,99. Однако больший физический смысл имеет степенная аппроксимация расчетно-теоретической зависимости:

$$Q_{\text{МПС}}^{\text{расч}} = A \times (S_{\text{РПН}})^{-B}$$

$$Q_{\text{МПС}}^{\text{расч} 50,65,80} = \sqrt{\frac{h_c}{S_{\text{РПН}}^{50,65,80}}} = (h_c)^{0,5} \times (S_{\text{РПН}}^{50,65,80})^{-0,5} \sim A \times (S_{\text{РПН}})^{-B}$$

При сравнении расчетных и экспериментальных значений максимальной пропускной способности РПН с диаметром условного прохода Ду50 ($(S)_{\text{РПН}}^{50} = 0,12$), указанных в таблице, авторы установили, что некоторое несовпадение расчетных (30,80 л/с) и экспериментальных (27,88 л/с) значений МПС может быть объяснено неучетом гидравлических сопротивлений ГП диаметрами 51×77 мм [10], а также отсутствием уточненных значений гидравлических сопротивлений современных используемых РПН. Заметим, что до настоящего времени результатов научных исследований в области определения гидравлических сопротивлений ГП различных диаметров не опубликовано.

При сравнении расчетных и экспериментальных значений максимальной пропускной способности РПН с диаметром условного прохода Ду65, указанных в Табл.3, авторы отметили практически полное совпадение расчетных (44,70 л/с) и экспериментальных (44,93 л/с) значений (максимальная разница составила 0,23 л/с), что может говорить о достоверности полученных в ходе экспериментов результатов.

При сравнении расчетных и экспериментальных значений МПС РПН с диаметром условного прохода Ду80, указанных в Табл.3, авторы пришли к выводу, что максимальной подачи НЦПН-40/100 не достаточно для определения истинного значения МПС РПН с условным проходом Ду80.

Также в ходе анализа полученных при проведении эксперимента значений установлено, что при использовании одного магистрального пожарного рукава с условным проходом Ду80, с целью заправки водой головного автомобиля от другой «заправочной» АЦ через устройства, не имеющие значительных гидравлических сопротивлений [11] (Рис.4), – максимальной пропускной способности РПН достаточно для работы НЦПН-40/100 при близких значениях максимальной его подачи.



Рис.4. – Способы заправки водой головного автомобиля от АЦ по одному магистральному рукаву через устройства, не имеющие значительных гидравлических сопротивлений: а – при наличии крышки (люка), б – при наличии патрубка (сухотруба) с муфтовой пожарной соединительной головкой

Следовательно, при организации бесперебойной подачи воды на месте тушения пожара способом подвоза с использованием пожарных насосов с номинальной подачей 40 л/с прокладывать дополнительную рукавную линию (от второго патрубка пожарного насоса) для перелива воды в головную АЦ не целесообразно. Это позволит авторам предложить в дальнейшем провести корректировку существующих методов расчета необходимого количества пожарных автомобилей для организации бесперебойной подачи огнетушащих

веществ такими способами, как подвоз и перекачка воды на месте пожара, а также использовать напорные пожарные рукава меньшего диаметра для подачи современных пожарных стволов с большими расходами.

Список источников

1. Логинов В.И., Ртищев С.М., Козырев В.Н. Результаты исследований по определению критериев оценки пропускной способности напорных пожарных рукавов [и др.] // Актуальные вопросы пожарной безопасности / Редакционная коллегия: Матюшин А.В., Порошин А.А., Хасанов И.Р., Цариченко С.Г., Копылов С.Н., Логинов В.И. – Москва: Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2014. – С. 313-336. – EDN TRXTMT.
2. 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.
3. Арканов П.В., Степанов О.И., Лемеш В.Л., Савушкин А.Н. Выявление фактической пропускной способности пожарных рукавов эмпирическим методом // Техносферная безопасность. – 2014. – № 2(3). – С. 2-7. – EDN SHCDUJ.
4. Малютин О.С. Проблема гидравлического расчета насосно-рукавных систем в пожарной тактике / Малютин О.С., Васильев С.А. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2018. – № 4(11). – С. 67-72. – EDN YRSCPJ.
5. Малый В.П.О необходимости уточнения гидравлических характеристик, поступающих в подразделения МЧС России новых пожарных рукавов / Малый В.П., Куртов С.О., Яровой В.Ю. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2022. – № 1(24). – С. 54-61. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008. – EDN IUCOPT.
6. Нелюбов В.Н. Критический анализ способов расчета подачи огнетушащих веществ в перекачку на большие расстояния / Нелюбов В.Н. // Пожарная безопасность. – 2024. – № 2(115). – С. 23-30. – DOI 10.37657/vniipro.pb.2024.115.2.002. – EDN SJUPCH.
7. Малый В.П., Куртов С.О., Лунев А.С. Обоснование выбора состава экспериментально-исследовательской установки для измерения теплогидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. – 2024. – № 2(54). – С. 60-68. – DOI 10.25699/SSSB.2024.54.2.006.
8. Навроцкий О.Д., Михалев Р.Н., Грачулин А.В. Гидравлическое сопротивление напорных пожарных рукавов [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. Абросимов Ю.Г., Жучков В.В., Болдырев Е.Н. и др. Гидравлика: Учебник – М.: АГПС МЧС России, 2017.
10. Куртов С.О. Аналитическое обоснование необходимости экспериментального определения гидравлических сопротивлений пожарных трехходовых разветвлений и переходных соединительных головок различных диаметров / Куртов С.О., Малый В.П., Макаров В.М. // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. – 2024. – № 1(13). – С. 10-13. – DOI 10.34987/2712-9233.2024.81.31.002. – EDN JMVKGJ.
11. Куртов С.О. Критический анализ способов бесперебойной подачи воды к месту пожара / Куртов С.О., Трояк А.Ю., Малый В.П. // 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.

References

1. Loginov V.I., Rtishchev S.M., Kozyrev V.N. Results of research on determining criteria for assessing the capacity of pressure fire hoses [et al.] // Current issues of fire safety / Editorial board: Matyushin A.V., Poroshin A.A., Khasanov I.R., Tsarichenko S.G., Kopylov S.N., Loginov V.I. - Moscow: All-Russian Order of the Badge of Honor Research Institute of Fire Defense of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, 2014. - P. 313-336. - EDN TRXTMT.
2. Olkhovsky I.A. Technology of application of hose systems with a capacity of more than 100 l/s for fire extinguishing at power facilities: specialty 05.26.03 "Fire and industrial safety (by branches)": dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Olkhovsky Ivan Alexandrovich. - Moscow, 2014.
3. Arkanov P.V., Stepanov O.I., Lemesh V.L., Savushkin A.N. Identification of the actual throughput capacity of fire hoses by an empirical method // Technosphere safety. - 2014. - № 2 (3). - P. 2-7. - EDN SHCDUJ.
4. Malyutin O.S. The problem of hydraulic calculation of pump-and-sleeve systems in fire tactics / Malyutin O.S., Vasiliev S.A. // Siberian Fire Rescue Bulletin. - 2018. - № 4(11). - C.67-72. - EDN YRSCPJ.
5. Malyi V.P. On the need to clarify the hydraulic characteristics of the new fire hoses coming to the units of the Ministry of Emergency Situations of Russia / Malyi V.P., Kurtov S.O., Yarovoy V.Yu. // Siberian Fire and Rescue Bulletin. - 2022. - № 1(24). - C.54-61. - DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008. - EDN IUCOPT.
6. Nelyubov V.N. Critical analysis of the methods of calculation of the fire extinguishing substances supply to the long-distance pumping / Nelyubov V.N. // Fire safety. - 2024. - № 2(115). - C.23-30. - DOI 10.37657/vniipo.pb.2024.115.2.002. - EDN SJUPCH.
7. Maly V.P., Kurtov S.O., Lunev A.S. Justification of the choice of the composition of the experimental research setup for measuring thermal-hydraulic parameters of elements of pump-hose systems [et al.] // South Siberian Scientific Bulletin. - 2024. - № 2 (54). - P. 60-68. - DOI 10.25699 / SSSB.2024.54.2.006.
8. Navrotsky O.D., Mikhalev R.N., Grachulin A.V. Hydraulic resistance of pressure fire hoses [et al.] // Bulletin of the University of Civil Defense of the Ministry of Emergency Situations of Belarus. - 2022. - Vol. 6, № 1. - P. 74-83. - DOI 10.33408/2519-237X.2022.6-1.74. - EDN SJOMOD.
9. Abrosimov Yu.G., Zhuchkov V.V., Boldyrev E.N. et al. Hydraulics: Textbook - M: AGPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2017.
10. Kurtov S.O. Analytical substantiation of the necessity of the experimental determination of the hydraulic resistance of the fire three-way branching and transition connecting heads of different diameters / Kurtov S.O., Maly V.P., Makarov V.M. // Actual problems of safety in the technosphere. - 2024. - № 1(13). - C.10-13. - DOI 10.34987/2712-9233.2024.81.31.002. - EDN JMVKGJ.
11. Kurtov S.O. Critical analysis of the methods of uninterrupted water supply to the place of fire / Kurtov S.O., Troyak A.Y., Maly V.P. // Actual problems of fire safety and protection from emergency situations: Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, April 21, 2023. - Zheleznogorsk: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian Fire and Rescue Academy" of the State Fire Fighting Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Natural Disasters", 2023. - C.97-101. - EDN PBNWVS.

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 28.07.2024, одобрена после рецензирования 21.08.2024, принята к публикации 31.08.2024.

The article was submitted 28.07.2024, approved after reviewing 21.08.2024, accepted for publication 31.08.2024.