

УДК 614.843.27

ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЖАРНЫХ НАПОРНЫХ РУКАВОВ С ВНУТРЕННИМ ДИАМЕТРОМ 38 ММ

Грачулин А.В.*, Камлюк А.Н.*, к.ф.-м.н., доцент, Корсаков М.С.*,
Навроцкий О.Д.***, к.т.н., Романенко Я.А.***, к.с.-х.н.

*Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

**Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности
и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь

e-mail: Grachulin_A@mail.ru

Авторами предложены экспериментальные установки для исследования гидравлических потерь в рукавной линии и полной пропускной способности пожарного напорного рукава. Описана методика проведения исследований. Экспериментально определены потери давления в рукавной системе с внутренним диаметром 38 мм при течении по ней воды, раствора воды с пенообразователем, пены. Определена полная пропускная способность рукавов с внутренним диаметром 38 мм.

The authors propose the experimental setups for research hydraulic losses in the hose line and the total capacity of fire hoses. Describes technique of research. Experimentally determined pressure loss in the hose line having an inner diameter of 38 mm for the flow of water, solution of water with foaming agent, foam. Determine the total capacity of the hose with an inner diameter of 38 mm.

(Поступила в редакцию 3 декабря 2015 г.)

Введение. Одним из актуальных направлений исследований в области пожарной безопасности является разработка новых средств и способов доставки огнетушащих веществ к очагу возгорания. Все исследования в данной области направлены на достижение максимальной эффективности тушения пожара при затрате минимального количества сил и средств пожарными подразделениями. Самым распространенным средством доставки огнетушащего вещества непосредственно к очагу возгорания являются пожарные напорные рукава [1].

Основным параметром пожарных рукавов является их внутренний диаметр. В соответствии с [2] напорные пожарные рукава могут быть диаметром 25, 38, 51, 66, 77, 89, 150 мм. В зависимости от диаметра, техники, с которой они применяются, и рабочего давления, стандартные рукава должны иметь массу, приведенную в таблице 1.

Таблица 1 – Масса напорных пожарных рукавов длиной 1 м, кг

Диаметр рукава, мм	Рукава для пожарных кранов и переносных мотопомп на рабочее давление 1,0 МПа	Рукава для передвижной пожарной техники на рабочее давление	
		1,6 МПа	3,0 МПа
25	0,17	0,25	0,25
38	0,26	0,34	0,34
51	0,35	0,45	0,45
66	0,45	0,55	0,55
77	–	0,65	–
89	–	0,75	–
150	–	1,20	–

В настоящее время в подразделениях по чрезвычайным ситуациям, как правило, применяются напорные пожарные рукава диаметром 51, 66 и 77 мм. Развертывание рукавных линий, а также дальнейшее изменение их положения, требует от пожарных подразделений затраты большого количества сил и времени. Существенное влияние на это оказывает масса рукавов. Так, заполненные водой пожарные напорные рукава с внутренним диаметром 51, 66 и 77 мм имеют массу 40, 70 и 90 кг. Уменьшить затраты сил и времени можно путем облегчения рукавной линии, в частности использовать пожарные напорные рукава с внутренним диаметром менее 51 мм.

В зарубежной практике используются напорные пожарные рукава из широкого диапазона диаметров [3, 4]. Например, крупный канадский производитель Niedner изготавливает напорные пожарные рукава диаметром от 16 до 304 мм [4]. Производитель представляет следующие характеристики своей продукции (таблица 2):

Таблица 2 – Тактико-технические характеристики пожарных напорных рукавов диаметром менее 51 мм

Диаметр рукава, мм	Длина, м	Удельная масса рукава, кг/м	Рабочее давление, МПа
16	15	0,03	2,1
19	15	0,023-0,27	2,1
	30	0,26	
25	15	0,1-0,73	2,1
	30	0,35-0,66	
38	15	0,1-1,18	2,1
		0,33-0,45	2,8
	30	0,5-1,1	2,1
		0,35-0,44	2,8
45	15	0,4-0,57	2,8
	30	0,37-0,56	

Для изготовления рукавов в основном используются синтетические материалы, обеспечивающие более легкую массу изделия, эластичность, прочность, устойчивость к химическим веществам [5, 6].

В зарубежной практики пожарные рукава с диаметром менее 51 мм широко применяются при тушении лесных пожаров, так как они обеспечивают маневренность при отягочающих факторах естественных природных условий: пересеченная местность, стволы деревьев и др. [7-10].

Учитывая более легкую массу рукавов диаметром менее 51 мм, по сравнению с рукавами большего диаметра, их целесообразно применять при срочных работах, тушении небольших пожаров и других работах, не требующих разворачивания полноценной рукавной системы [4].

Описание экспериментальной установки и методики проведения исследований. Целью настоящих исследований является определение тактико-технических характеристик и области применения пожарных напорных рукавов с внутренним диаметром 38 мм. Вес такого рукава, заполненного водой, составляет порядка 23 кг, что существенно облегчает работу пожарного и предоставляет ему дополнительную возможность для своевременного маневрирования во время тушения пожара. Однако стоит отметить, что в соответствующей справочной литературе отсутствует информация об основных тактико-технических характеристиках данных рукавов (удельное сопротивление, пропускная способность) по таким огнетушащим веществам, как вода, раствор воды с пенообразователем, пена от пеногенерирующей системы со сжатым воздухом, что препятствует их введению в эксплуатацию пожарными аварийно-спасательными подразделениями.

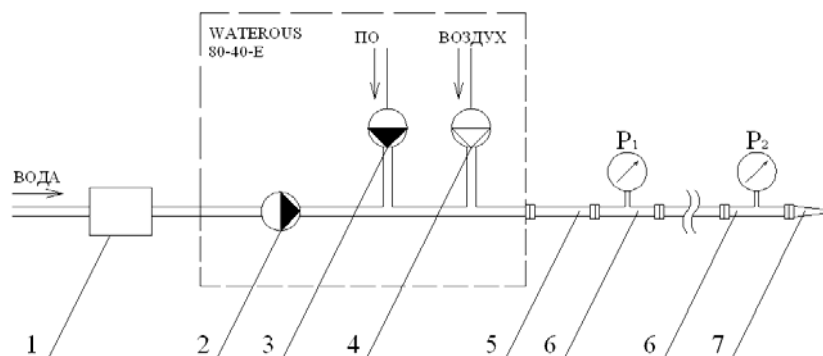
С целью исследования гидравлических потерь в рукавной линии из пожарных напорных рукавов с внутренним диаметром 38 мм предлагается экспериментальная установка (рисунок 1), за основу которой принята схема, приведенная в [11].

Основной целью экспериментальных исследований является определение гидравлических потерь в рукавной системе при движении воды, раствора воды с пенообразователем, пены. С этой целью в состав экспериментальной установки включены пеногенерирующая система со сжатым воздухом (далее – ПССВ), рукавная линия с пожарным стволом, а также средства измерения давления и расхода.

Методика проведения исследований заключается в следующем:

1. Установить ручной пожарный ствол 7 на рукавную линию 5. С помощью рулетки измерить длину рукавной линии 5 между рукавными вставками 6.

2. Запустить ПССВ в соответствии с инструкцией по применению и вывести систему на рабочий режим.



1 – электромагнитный расходомер; 2 – водяной насос; 3 – насос для пенообразователя; 4 – компрессор; 5 – рукавная линия (38 мм); 6 – рукавная вставка с манометром; 7 – ручной пожарный ствол

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для исследования гидравлических потерь в рукавной линии

3. Подать воду (раствор воды с пенообразователем, пену) ПССВ при рабочем давлении $(0,5 \pm 0,1)$ МПа (определяется манометром на приборной доске ПССВ).

4. Зафиксировать показания давления (P_1 и P_2) в рукавной линии, используя манометры, установленные на рукавных вставках 6.

5. С помощью расходомера электромагнитного 1 определить расход воды.

6. Потери давления по длине рукавной линии вычислить по формуле

$$h = P_1 - P_2, \quad (1)$$

где h – потери давления по длине рукавной линии, МПа;

P_1 – давление на входе в рукавную линию, МПа;

P_2 – давление на выходе из рукавной линии, МПа.

7. Удельное сопротивление пожарного рукава рассчитать по формуле

$$A = h / (Q^2 \cdot L), \quad (2)$$

где A – удельное сопротивления пожарного рукава, МПа \cdot с²/л²;

Q – расход воды, протекающей в единицу времени, л/с;

L – длина рукавной линии между рукавными вставками 6, м.

8. Сопротивление одного пожарного рукава длиной 20 м рассчитать по формуле

$$S = A \cdot 20, \quad (3)$$

где S – сопротивления одного пожарного рукава длиной 20 м, МПа \cdot с²/л².

9. За результат измерений принять среднеарифметическое трех определений. Допустимое расхождение между результатами наиболее отличающихся определений с доверительной вероятностью 0,95 должно быть не более 5 % среднего значения.

По результатам апробации данной методики установлено, что получаемые данные достоверны и коррелируют с данными, представленными в литературе [12, 13]. Так, сопротивление латексированного пожарного рукава диаметром 51 мм в соответствии с методикой составляет 0,0012 МПа \cdot с²/л², а прорезиненного согласно литературным данным – 0,0015 МПа \cdot с²/л².

Результаты и обсуждение. В соответствии с разработанной методикой проведены исследования потерь давления в насосно-рукавной системе с применением напорных пожарных рукавов диаметром 38 мм. Определены потери давления в рукавной системе и рассчитаны сопротивления одного пожарного рукава длиной 20 м при течении по нему различных огнетушащих. Полученные данные сведены в таблицу 3.

В результате проведенных исследований установлено, что сопротивление напорных пожарных рукавов диаметром 38 мм при подаче воды в 4,5 раза больше соответствующего показателя рукавов диаметром 51 мм. Следует отметить, что с увеличением диаметра рукавов указанная разница существенно возрастает (рисунок 2).

Таблица 3 – Гидравлические показатели насосно-рукавной системы (диаметр рукава – 38 мм, длина рукавной линии – 100,63 м)

Расход воды, л/с	Давление, МПа		Потери давления, МПа	Сопротивление пожарного рукава, МПа·с ² /л ²
	на входе в рукавную линию	на выходе из рукавной линии		
Течение воды				
Насадок – 1,27 см				
1,25	0,11	0,07	0,04	0,0051
1,71	0,20	0,12	0,08	0,0054
2,07	0,29	0,17	0,12	0,0056
2,41	0,38	0,23	0,15	0,0051
Насадок – 2,38 см				
2,06	0,17	0,05	0,12	0,0056
2,65	0,29	0,10	0,19	0,0054
3,07	0,36	0,11	0,25	0,0053
Насадок – 3,8 см				
2,23	0,18	0,04	0,14	0,0056
2,88	0,28	0,06	0,22	0,0053
Течение раствора воды с пенообразователем (φ _{опс} =6%)				
Насадок – 1,27 см				
1,42	0,14	0,08	0,06	0,0060
2,08	0,29	0,17	0,12	0,0055
2,39	0,38	0,22	0,16	0,0056
Насадок – 2,38 см				
2,27	0,20	0,05	0,15	0,0058
3,12	0,37	0,12	0,25	0,0051
Насадок – 3,8 см				
2,85	0,38	0,16	0,22	0,0054
Течение пены (φ _{опс} =2%, Q _{возд} =20 л/с)				
Насадок – 1,27 см				
1,34	0,48	0,31	0,17	0,0188
1,92	0,62	0,45	0,17	0,0092
2,40	0,66	0,48	0,18	0,0062
Насадок – 2,38 см				
1,67	0,42	0,07	0,35	0,0249
2,58	0,54	0,11	0,43	0,0128
3,48	0,59	0,11	0,48	0,0079
Насадок – 3,8 см				
2,94	0,57	0,02	0,55	0,0126
3,52	0,65	0,03	0,62	0,0099

Примечание. Полученные значения сопротивления пожарного напорного рукава диаметром 38 мм при подаче пены не могут быть использованы при практических расчетах. Это связано с тем, что движение пены (газожидкостной смеси) отлично от движения воды, и помимо расхода воды на сопротивление рукава влияние оказывает расход воздуха, их соотношение между собой (газосодержание). Данные вопросы будут рассмотрены авторами в следующих публикациях.

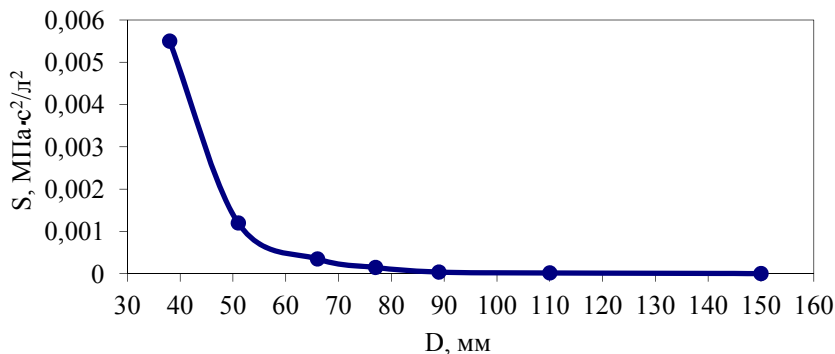


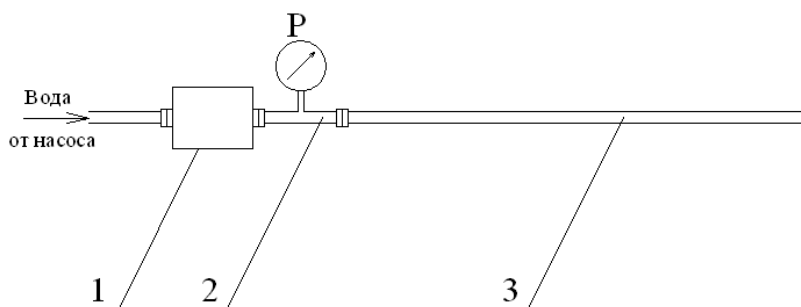
Рисунок 2 – Зависимость сопротивления одного пожарного рукава длиной 20 м от его диаметра при подаче воды

На основании полученных результатов считаем целесообразно дополнить справочную литературу [12, 13] полученными результатами и представить в следующем виде (таблица 4):

Таблица 4 – Сопротивление напорных пожарных рукавов, МПа·с²/л²

Тип рукава	Диаметр рукава, мм						
	38	51	66	77	89	110	150
Латексированные	0,0054	0,0012	–	–	–	–	–
Прорезиненные	–	0,0015	0,00035	0,00015	0,00004	0,00002	0,0000046
Непрорезиненные	–	0,003	0,077	0,03	–	–	–

Для определения полной пропускной способности рукавов проведены экспериментальные исследования (рисунок 3), в ходе которых установлен расход воды в рукавах диаметром 38 и 51 мм при различном давлении на входе в рукав (таблица 5):



1 – электромагнитный расходомер; 2 – рукавная вставка с манометром; 3 – пожарный напорный рукав
Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки для исследования полной пропускной способности пожарного напорного рукава

Таблица 5 – Расход воды в напорных пожарных рукавах

Диаметр рукава, мм	51					38			
	0,3	0,4	0,6	0,76	0,85	0,4	0,6	0,65	1,0
Давление, МПа	0,3	0,4	0,6	0,76	0,85	0,4	0,6	0,65	1,0
Расход воды, л/с	16,2	18,2	23,2	25,1	26,3	7,0	8,6	8,9	11,2

Установлено, что определенная экспериментально пропускная способность пожарного напорного рукава с внутренним диаметром 51 мм при давлении на входе в рукав 0,4 МПа, не соответствует значению, приведенному в справочной литературе – 10,2 л/с. Это связано с тем, что в справочной литературе полная пропускная способность рукавов приведена с учетом предотвращения гидравлического удара – внезапного изменения давления в трубопроводе при резком изменении скорости движения жидкости [12]. В напорных пожарных рукавах для предотвращения гидравлического удара скорость движения воды принимается не более 5 м/с [14].

С учетом вышесказанного определяем, что полная (расчетная) пропускная способность рукава с внутренним диаметром 38 мм при скорости движения воды 5,0 м/с составляет 5,7 л/с. Используя полученное значение, рассчитываем потери напора в одном рукаве с внутренним диаметром 38 мм – 0,1754 МПа.

На основании полученных результатов считаем целесообразно дополнить справочную литературу [12, 13] полученными результатами и представить в следующем виде (таблица 6):

Таблица 6 – Потери напора в одном рукаве при полной пропускной способности рукава

Диаметр рукава, мм	Полная пропускная способность, л/с	Потери напора в одном рукаве, МПа	
		латексированный	прорезиненный
38	5,7	0,1754	–
51	10,2	0,1248	0,1561
66	17,1	–	0,1023
77	23,3	–	0,0814
150	88,5	–	0,0360

Заключение. В соответствии с полученными результатами установлено, что рукава пожарные напорные диаметром 38 мм целесообразно использовать при ликвидации пожаров, где необходима маневренность и малый расход воды. Следовательно, перспективной областью применения рукавов пожарных напорных диаметром 38 мм в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям являются:

- тушение пожаров в высотных зданиях;
- тушение лесных пожаров, возгораний сухой травы;
- тушение неразвившихся пожаров на предприятиях с дорогостоящим оборудованием, на торговых объектах или складах товарно-материальных ценностей, на историко-культурных объектах (музеи, архивохранилища, библиотеки, выставки и др.);
- использование в пожарных кранах;
- использование в пеногенерирующих системах со сжатым воздухом.

В связи с возможностью быстрого промерзания не рекомендуется использовать пожарные напорные рукава диаметром 38 мм при температуре воздуха ниже 0 °С.

Так как потери напора в рукавных линиях возрастают при уменьшении их диаметра, не рекомендуется использовать рукава диаметром 38 мм для прокладки линий протяженностью более 60 метров. В связи с этим, при прокладывании рукавной линии целесообразно использовать не более 2-3 рукавов диаметром 38 мм (длиной 20 м каждый). Совместно с рукавами диаметром 38 мм следует применять стволы с расходом не более 5,7 л/с.

Малая масса рукавов диаметром 38 мм позволяет использовать указанные рукава увеличенной до 40 м длиной, что позволит более оперативно разворачивать рукавную линию. В тоже время, при увеличении длины рукавов, их просушка и ремонт усложнятся.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника. Термины и определения: ГОСТ 12.2.047-86. – Введ. 30.06.1986. – Гос. комитет СССР по стандартам: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 24 с.
2. Система стандартов пожарной безопасности. Рукава пожарные напорные. Общие технические условия: СТБ 11.13.17-2010. – Введ. 12.03.2010. – Госстандарт Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 18 с.
3. NFPA 1961: Standard on Fire Hose. – National Fire Protection Association, 1997.
4. Niedner [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.niedner.com/en/fire-fighting-hoses.aspx> – Дата доступа: 16.03.2015.
5. Методическое руководство по организации и порядку эксплуатации пожарных рукавов: утв. МЧС России 14.11.2007. – М.: ВНИИПО, 2008. – 55 с.
6. Инновационные виды пожарных рукавов и оборудование для их эксплуатации / Pojarunet – аналитический портал рынка безопасности [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://pojarunet.ru/stati/pozharno-tehnicheskoe-vooruzhenie/innovatsionnye-vidy-pozharnyh-rukavov-i-oborudovanie-dlya-ih-ekspluatatsii>. – Дата доступа: 16.03.2015.
7. Fire hose [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.madehow.com/Volume-4/Fire-Hose.html> – Дата доступа: 10.01.2015.
8. Slideshare [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.slideshare.net/esashaikh/fire-fighting-and-solution-for-globus-shopping-mall-bandra> – Дата доступа: 20.01.2015.
9. Fire Hose Direct [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.firehosedirect.com/booster-fire-hose> – Дата доступа: 20.01.2015.
10. Fundamentals of fire fighter skills: second edition / Jones and Bartlett publishers. – Sudbury, Massachusetts. – 2009. – p. 466-468.
11. Хоанг Зань Бинь Экспериментальная установка для исследования гидравлического сопротивления напорных пожарных рукавов / Хоанг Зань Бинь // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» – 2009. – № 5. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>. – Дата доступа: 21.01.2015.
12. Коханский, В.Н. Справочник руководителя тушения пожара / В.Н. Коханский [и др.]; под общ. ред. В.Н. Коханского. – Минск: Полымя, 1978. – 116 с.
13. Терещев, В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В.В. Терещев. – М.: Пожкнига, 2004 г. – 256 с.
14. Тарасов-Агалаков, Н.А. Практическая гидравлика в пожарном деле / Н.А. Тарасов-Агалаков. – М.: Министерство коммунального хозяйства РСФСР, 1959 г. – 264 с.