

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ ПОЖАРНОГО РУКАВА ДИАМЕТРОМ 77 ММ

А.Н. Ларин, профессор, д.т.н.

Г.А. Чернобай, доцент, к.т.н.

С.Ю. Назаренко, адъюнкт

**Национальный университет гражданской защиты Украины,
г. Харьков**

Напорные пожарные рукава являются гибкими трубопроводами, которые используются для подачи на расстояние под давлением воды и водных растворов огнетушащих веществ, в частности пенообразователей.

Значительная стоимость пожарных рукавов определяет соответствующие амортизационные расходы по эксплуатации рукавного хозяйства, которые в большинстве случаев превышают расходы на другие виды пожарного оборудования.

Таким образом меры, направленные на определение остаточного ресурса пожарных рукавов, возможности их ремонта, надежности и безопасности дальнейшей эксплуатации, в значительной степени способствуют повышению боеспособности государственных пожарно-спасательных частей, а также экономической эффективности их функционирования.

Конструкция пожарных рукавов, их типоразмеры и характеристики, области применения, условия эксплуатации и методы испытаний приведены в соответствующих нормативных документах [1-2].

Анализ литературных источников посвященных методам расчетов напорных пожарных рукавов показал, что они в основном сводятся к расчету потерь давления в сети [3-8].

Результаты теоретических и экспериментальных исследований прочности силовых элементов напорных пожарных рукавов, а именно армирующего каркаса, полностью воспринимает усилия, обусловленные наличием гидравлического действия внутреннего давления жидкости внутри рукава приведены в работах [9-10].

Некоторые особенности работы пожарных рукавов в условиях реальной эксплуатации, которые существенно влияют на их надежность, особенно при длительных сроках использования, определили необходимость разработки научно обоснованного метода, позволяющего установить остаточный ресурс пожарного рукава, возможность и целесообразность его ремонта и дальнейшего применения.

При проведении предварительных теоретических и экспериментальных работ по расчету остаточного ресурса пожарных рукавов возникла необходимость определения их механических свойств, в частности продольной жесткости в условиях статической нагрузки.

Для проведения соответствующих работ было использовано опытную установку ДМ - 30 М (рис. 1), которая установлена в лаборатории кафедры прикладной механики Национального университета гражданской защиты Украины.



Рис. 1. Опытная машина ДМ-30М с установленным образцом рукава



Рис. 2. Опытная машина с тарировочным устройством

Проведение тарировки штатного динамометра опытной установки (рис. 2) проводилось путем последовательного нагружки с использованием образцового динамометра и последующим построением соответствующих характеристик и определения необходимых коэффициентов.

Опытный образец пожарного рукава типа «К» с внутренним диаметром 66мм и испытательной длиной $l = 110\text{мм}$, было закреплено соответствующими устройствами на опытной машине и проведен цикл испытаний с его нагружки.

Нагружка проводилось с постоянным шагом удлинение образца (1 мм) с фиксацией соответствующего усилия (кН).

Начальный (1) режим нагружки проводился с недеформируемым фрагментом пожарного рукава с испытательной длиной 110 мм. Максимальная величина деформации составляла $\Delta l_1^{\max} = 10 \cdot 10^{-3}\text{ м}$, при нагружке $F_1^{\max} = 7,08\text{ кН}$. После разгружки остаточная деформация фрагмента составляла $\Delta l_1^{\text{зал}} = 4 \cdot 10^{-3}\text{ м}$.

При повторной нагрузке (2), которая проводилась через две минуты после первого, максимальная величина деформации составляла $\Delta l_2^{\max} = 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, при нагрузке $F_2^{\max} = 9,84 \text{ кН}$. После разгрузки остаточная деформация фрагмента составляла $\Delta l_2^{\text{зал}} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Числовые параметры следующих режимов нагрузки (3-5), которые были проведены с аналогичными двухминутными интервалами, практически не отличаются друг от друга. Их максимальная величина деформации составляла $\Delta l_{3-5}^{\max} = 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, при нагрузке $F_{3-5}^{\max} = 12,31 \text{ кН}$.

Остаточная деформация фрагмента после разгрузки составляла $\Delta l_{3-5}^{\text{зал}} = 3 \text{ мм}$.

Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица

Деформация, мм	Нагрузка, кН				
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4	Режим 5
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,340	0,672	1,160	1,200	1,240
2	0,816	1,680	2,310	2,280	2,240
3	1,410	2,760	3,520	3,480	3,430
4	1,968	4,080	5,160	5,160	5,160
5	2,660	5,520	6,700	6,720	6,730
6	3,540	6,600	8,300	8,280	8,250
7	4,320	7,560	9,680	9,720	9,750
8	5,232	8,400	10,72	10,68	10,65
9	6,120	9,240	11,52	11,51	11,52
10	7,080	9,840	12,30	12,30	12,33

Диаграммы, соответствующие результатам испытаний приведены на рисунке 5:

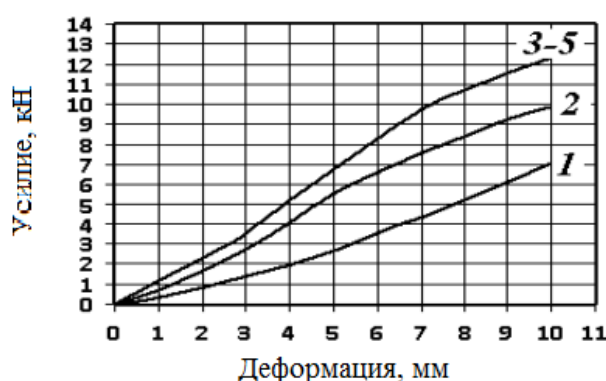


Рис. 5. Диаграммы нагрузок испытательного образца пожарного рукава внутренним диаметром 66 мм.

- график 1 соответствует начальному режиму нагрузки недеформированного фрагмента пожарного рукава;
- график 2 - режима повторной нагрузки, которая проведена через две минуты после первого;

- график 3-5 отвечает следующим трем режимам нагрузки, проведенных с аналогичными временными интервалами и практически не отличается друг от друга по числовым параметрам.

Почти линейная зависимость между нагрузкой и деформацией фрагмента пожарного рукава позволяет установить усредненную жесткость, которая составляет:

- режим 1 $C_1 = \frac{F_1^{\max}}{\Delta l_1^{\max}} = \frac{7,08}{10 \cdot 10^{-3}} = 708 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$
- режим 2 $C_2 = \frac{F_2^{\max}}{\Delta l_2^{\max}} = \frac{9,84}{10 \cdot 10^{-3}} = 984 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$
- режимы 3-5 $C_{3-5} = \frac{F_{3-5}^{\max}}{\Delta l_{3-5}^{\max}} = \frac{12,31}{10 \cdot 10^{-3}} = 1231 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$

Для дальнейших исследований целесообразно определить жесткость (к) пожарного рукава приведенную к единице его длины (L=1000 мм):

- режим 1 $k_1 = \frac{C_1 \cdot \ell}{L} = \frac{708 \cdot 110}{1000} = 77,88 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$
- режим 2 $k_2 = \frac{C_2 \cdot \ell}{L} = \frac{984 \cdot 110}{1000} = 108,24 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$
- режимы 3-5 $k_{3-5} = \frac{C_{3-5} \cdot \ell}{L} = \frac{1231 \cdot 110}{1000} = 135,41 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$

При регламентированном стандартом [1] рабочем давлении, продольная составляющая силы давления воды в пожарном рукаве с внутренним диаметром 66 мм составляет

$$F_{\text{роб}} = P_{\text{роб}} \frac{\pi d^2}{4} = 1,6 \cdot 10^6 \frac{\pi (77 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 7,45 \text{ кН},$$

что вызывает относительную продольную деформацию:

- режим 1 $\varepsilon_1 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_1 \ell} 100\% = \frac{7,45 \cdot 10^3}{708 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 10^{-3}} 100\% = 9,56 \%;$
- режим 2 $\varepsilon_2 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_2 \ell} 100\% = \frac{7,45 \cdot 10^3}{984 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 10^{-3}} 100\% = 6,88 \%;$
- режимы 3-5 $\varepsilon_{3-5} = \frac{F_{\text{роб}}}{C_{3-5} \ell} 100\% = \frac{7,42 \cdot 10^3}{1231 \cdot 10^3 \cdot 110 \cdot 10^{-3}} 100\% = 5,5 \%.$

Для следующих теоретических и экспериментальных работ по расчету остаточного ресурса пожарных рукавов проведено определение механических свойств, в частности продольной жесткости пожарного рукава типа «К» с внутренним диаметром 77 мм в условиях статической нагрузки.

При начальной нагрузке приведена к единице длины (1 м) жесткость пожарного рукава типа «Т» с внутренним диаметром 66 мм составляет 77,88 кН/м, а при повторной нагрузке - 108,24 кН/м.

Три следующих нагрузки определили почти одинаковые жесткости, усредненное значение которых составляет 135,41 кН/м.

Экспериментально определены относительные продольные деформации пожарного рукава типа «К» с внутренним диаметром 77 мм составляют при начальной нагрузке 9,56%, что не превышает нормативные требования (10%), при повторном - 6,88%. На следующих трех нагрузках относительные деформации почти одинаковы и составляют в среднем 5,5%, то есть соответствуют нормативным требованиям [1].

Список использованной литературы

1. ДСТУ 3810-98. Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови.
2. ГОСТ 51049-97. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытания.
3. Безбородько М.Д. Пожарная техника / М.Д. Безбородько, П.П. Алексеев, Б.А. Максимов, Г.И. Новиков – М., 1979. – 435 с.
4. Иванов Е.Н. Противопожарное водоснабжение / Е.Н. Иванов – М., 1986. – 315с.
5. Качалов А.А. Противопожарное водоснабжение /А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов – М., 1985. – 286 с.
6. Добровольский А.А. Пожарная техника / А.А. Добровольский, Ф.Ф. Переслыцких – Киев, 1981. – 239 с.
7. Щербина Я.Я. Основы противопожарной техники / Я.Я. Щербина – Киев, 1977. – 234 с.
8. Светлицкий В.А. Механика трубопроводов и шлангов В.А. Светлицкий. – М.: Машиностроение, 1982. – 280 с.
9. Моторин Л.В. Математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии /Л.В. Моторин, О.С. Степанов, Е.В. Братолобова // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2010. – №8 – С. 103-109.
10. Моторин Л.В. Упрощенная математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии / Л.В. Моторин, О.С. Степанов, Е.В. Братолобова // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2011. –№. 1– С. 126-133.