

*О.М. Ларін, д.т.н., професор, НУЦЗУ,
Г.О. Чернобай, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
С.Ю. Назаренко, ад'юнкт, НУЦЗУ,
В.Б. Коханенко, к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ ЖОРСТКОСТІ ПОЖЕЖНОГО РУКАВА ТИПУ «Т» З ВНУТРІШНІМ ДІАМЕТРОМ 51 ММ

Розглядається експериментальне визначення деяких механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості напірних пожежних рукавів типу «Т» з внутрішнім діаметром 51 мм.

Ключові слова: напірний пожежний рукав, робочий тиск, випробування, жорсткість, відносна деформація, залишковий ресурс.

Постановка проблеми. Напірні рукава, разом з іншим пожежним устаткуванням, є одним із основних видів пожежного озброєння і від їх справного стану багато в чому залежить успішне гасіння пожеж.

Заходи, що спрямовані на визначення залишкового ресурсу пожежних рукавів, можливості їх ремонту, надійності і безпечності подальшої експлуатації, в значній мірі сприяють підвищенню боєздатності підрозділів ДСНС, а також економічній ефективності їх функціонування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Конструкція пожежних рукавів, їх типорозміри і характеристики, галузі застосування, умови експлуатації та методи випробувань наведені у відповідних нормативних документах [1].

Аналіз літературних джерел присвячених методам розрахунків напірних пожежних рукавів показав, що вони здебільшого зводяться до розрахунку втрат тиску в мережі [1 – 6].

В роботах [7– 9] наведені результати теоретичних і експериментальних досліджень міцності силових елементів напірних пожежних рукавів, котрі обумовлені наявністю гідравлічної дії внутрішнього тиску рідини усередині рукава.

З аналізу літературних джерел встановлено відсутність робіт, присвячених визначенню остаточного ресурсу пожежних напірних рукавів, що підкреслює актуальність проблеми.

Постановка задачі та її вирішення. Особливості роботи пожежних рукавів при тривалих термінах використання суттєво впливають на їх надійність. Це визначає необхідність розробки методу визначення остаточного ресурсу пожежних рукавів для з'ясування доцільності їх ремонту і подальшого застосування.

При проведенні попередніх теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів виникла

необхідність визначення їх механічних властивостей, зокрема позовжньої жорсткості в умовах статичного навантаження.

Для визначення позовжньої жорсткості пожежного рукава типу «Т» з внутрішнім діаметром 51 мм було використано дослідну установку, схема якої наведено на рис. 1. Установка була змонтована в лабораторії кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки Національного університету цивільного захисту України.



Рис. 1. Дослідна установка із встановленим фрагментом пожежного рукава типу «Т» з внутрішнім діаметром 51 мм

Дослідний фрагмент пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 51 мм і випробувальною довжиною $L_0 = 2,270$ м, було закріплено у вертикальному положенні відповідними пристроями і проведено цикл випробувань з його навантаження.

Навантаження проводилось згідно даних табл. 1.

Табл. 1. Зосереджені маси для навантаження рукава

№ з/п	Маса вантажу, кг	Вага, Н	Примітка
1	25,82	253,3	Початкова довжина фрагменту пожежного рукава $L_0 = 2,270$ м. Інтервал між навантаженнями склав дві хвилини.
2	24,26	238,0	
3	21,68	212,7	
4	22,76	223,2	
5	22,22	218,0	

Після кожного навантаження проводилась обов'язкова фіксація відповідного подовження зразка (Δl).

Початковий (1) режим навантаження проводився з недеформованим фрагментом пожежного рукава довжиною $L_0 = 2,270$ м. Максимальна величина деформації становила $\Delta L_1^{\max} = 103 \cdot 10^{-3}$ м, при наван-

таженні $F^{\max} = 1,1452 \text{ кН}$, тобто максимальна відносна деформація становила

$$\varepsilon_1^{\max} = \frac{\Delta L_1^{\max}}{L_0} 100\% = \frac{103 \cdot 10^{-3}}{2,270} 100\% = 4,54 \%. \quad (1)$$

Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta L_1^{\text{зал}} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Відповідно при повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві хвилини після першого, фрагмент мав випробувальну довжину $2,292 \text{ м}$, максимальна величина деформації становила $\Delta L_2^{\max} = 84,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, при навантаженні $F^{\max} = 1,1452 \text{ кН}$, тобто максимальна відносна деформація становила

$$\varepsilon_2^{\max} = \frac{\Delta L_2^{\max}}{L_0} 100\% = \frac{84 \cdot 10^{-3}}{2,270} 100\% = 3,7 \%. \quad (2)$$

Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta L_2^{\text{зал}} = 13,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Відповідно при третьому навантаженні (3), яке було проведено через дві хвилини після другого, фрагмент мав випробувальну довжину $2,305 \text{ м}$, максимальна величина деформації становила $\Delta L_3^{\max} = 71,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, при навантаженні $F^{\max} = 1,1452 \text{ кН}$, тобто максимальна відносна деформація становила

$$\varepsilon_3^{\max} = \frac{\Delta L_3^{\max}}{L_0} 100\% = \frac{71 \cdot 10^{-3}}{2,270} 100\% = 3,13 \%. \quad (3)$$

Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta L_3^{\text{зал}} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Числові параметри наступних режимів навантаження (4–7), які було проведено з аналогічними двохвилинними інтервалами, практично не відрізняються один від одного. Їх максимальна величина деформації становила $\Delta L_{4-7}^{\max} = 69,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, при навантаженні $F^{\max} = 1,1452 \text{ кН}$, тобто максимальна відносна деформація становила

$$\varepsilon_{4-7}^{\max} = \frac{\Delta L_{4-7}^{\max}}{L_0} 100\% = \frac{67 \cdot 10^{-3}}{2,270} 100\% = 2,95 \%. \quad (4)$$

Залишкова деформація фрагменту після розвантаження становила $\Delta L_{4-7}^{зал} = (1 \div 3) \cdot 10^{-3}$ м.

Таким чином, діапазон відносних деформацій при випробуваннях фрагменту пожежного рукава становив від 0 до 4,54%.

Результати випробувань наведені в табл. 2.

Табл. 2. Результати випробувань рукава

Навантаження, кН	Деформація, м						
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4	Режим 5	Режим 6	Режим 7
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2533	0,032	0,028	0,024	0,022	0,022	0,022	0,023
0,4913	0,052	0,045	0,038	0,037	0,035	0,034	0,035
0,7040	0,072	0,061	0,051	0,049	0,049	0,047	0,047
0,9272	0,085	0,070	0,059	0,057	0,056	0,054	0,055
1,1452	0,0103	0,084	0,071	0,069	0,068	0,065	0,066

Діаграми результатів випробувань наведені на рис. 2.

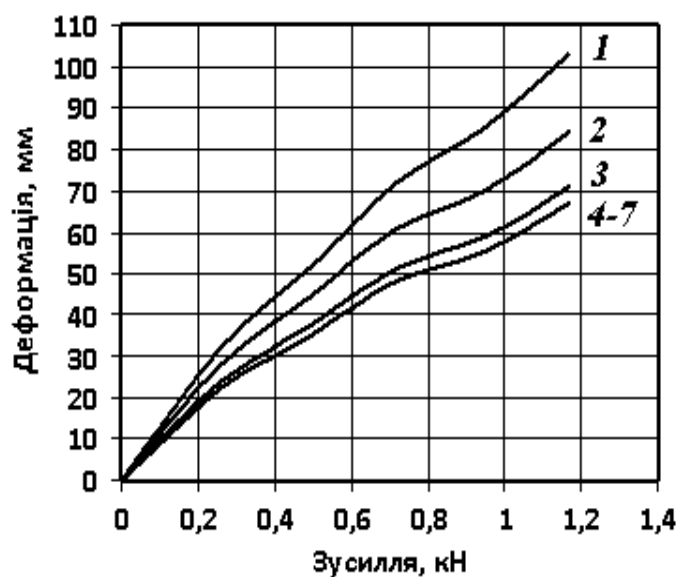


Рис. 2. Діаграми навантажень випробувального зразка пожежного рукава: 1 – початковий режим навантажень; 2 – режим повторного навантаження; 3 – режим третього навантаження; 4-7 – режим наступних чотирьох навантажень з усередненими значеннями

Якщо прийняти у першому наближенні залежність між навантаженням та деформацією фрагменту пожежного рукава лінійною можна визначити його усереднену жорсткість:

$$\text{– режим 1} \quad C_1 = \frac{F^{\max}}{\Delta L_1^{\max}} = \frac{1,1452}{103 \cdot 10^{-3}} = 11,12 \frac{\text{кН}}{\text{м}}; \quad (5)$$

$$\text{– режим 2} \quad C_2 = \frac{F^{\max}}{\Delta L_2^{\max}} = \frac{1,1452}{84 \cdot 10^{-3}} = 13,63 \frac{\kappa H}{\text{м}}; \quad (6)$$

$$\text{– режим 3} \quad C_3 = \frac{F^{\max}}{\Delta L_3^{\max}} = \frac{1,1452}{71 \cdot 10^{-3}} = 16,13 \frac{\kappa H}{\text{м}}; \quad (7)$$

$$\text{– режими 4-7} \quad C_{4-7} = \frac{F^{\max}}{\Delta L_{4-7}^{\max}} = \frac{1,1452}{67 \cdot 10^{-3}} = 17,09 \frac{\kappa H}{\text{м}}. \quad (8)$$

Для подальших досліджень доцільно визначити жорсткість (k) напірного пожежного рукава приведену до деякої одиниці його довжини ($L=1,000$ м):

$$\text{– режим 1} \quad k_1 = \frac{C_1 \cdot L_0}{L} = \frac{11,12 \cdot 2,270}{1,000} = 25,24 \frac{\kappa H}{\text{м}}; \quad (9)$$

$$\text{– режим 2} \quad k_2 = \frac{C_2 \cdot L_0}{L} = \frac{13,63 \cdot 2,270}{1,000} = 30,94 \frac{\kappa H}{\text{м}}; \quad (10)$$

$$\text{– режим 3} \quad k_3 = \frac{C_3 \cdot L_0}{L} = \frac{16,13 \cdot 2,270}{1,000} = 36,62 \frac{\kappa H}{\text{м}}; \quad (11)$$

$$\text{– режими 4-7} \quad k_{4-7} = \frac{C_{4-7} \cdot L_0}{L} = \frac{17,09 \cdot 2,270}{1,000} = 38,79 \frac{\kappa H}{\text{м}}. \quad (12)$$

При регламентованому стандартом [1] робочому тиску $P_{\text{роб}} = 1,6$ МПа, поздовжня складова сили гідравлічного тиску в пожежному рукаві із внутрішнім діаметром 51 мм становить

$$F_{\text{роб}} = P_{\text{роб}} \frac{\pi d^2}{4} = 1,6 \cdot 10^6 \frac{\pi (51 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 3,27 \kappa H,$$

що спричиняє відносну поздовжню деформацію:

$$\text{– режим 1} \quad \varepsilon_1 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_1 L_0} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{11,12 \cdot 10^3 \cdot 2,270} 100\% = 12,95 \%; \quad (13)$$

$$\text{– режим 2} \quad \varepsilon_2 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_2 L_0} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{13,63 \cdot 10^3 \cdot 2,270} 100\% = 10,57 \%; \quad (14)$$

$$\text{– режим 3} \quad \varepsilon_3 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_3 L_0} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{16,13 \cdot 10^3 \cdot 2,270} 100\% = 8,93 \%; \quad (15)$$

$$\text{– режими 4-7} \quad \varepsilon_{4-7} = \frac{F_{\text{роб}}}{C_{4-7} L_0} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{17,09 \cdot 10^3 \cdot 2,270} 100\% = 8,43 \%. \quad (16)$$

Наведене свідчить про збільшення приведеної поздовжньої жорсткості (k) пожежного рукава внаслідок деякої кількості навантажень також підтверджується зменшенням величини залишкових деформацій, які становлять:

- режим 1 $\Delta L_1^{зал} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ м};$
- режим 2 $\Delta L_2^{зал} = 13 \cdot 10^{-3} \text{ м};$
- режим 3 $\Delta L_3^{зал} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м};$
- режимами 4-7 $\Delta L_{4-7}^{зал} = (1 \div 3) \cdot 10^{-3} \text{ м}.$

Висновки. Для наступних теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів проведено визначення поздовжньої жорсткості пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 51 мм в умовах статичного навантаження.

Випробування фрагменту рукава довжиною $L_0 = 2,270 \text{ м}$ проведено в діапазоні відносних деформацій від 0 до 4,34 %.

При початковому навантаженні приведена до одиниці довжини (1 м) жорсткість пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 51 мм становить 25,24 кН/м, при повторному – 30,94 кН/м, при третьому – 36,62 кН/м. Три наступних навантаження визначили майже однакові жорсткості, усереднене значення яких становить 38,79 кН/м.

Експериментально визначені відносні поздовжні деформації пожежного рукава, які на першому режимі становлять 12,95 % і, таким чином, перевищують нормативні (8%) вимоги [1] на наступних режимах поступово зменшуються до 8,43 %.

Вказане свідчить про збільшення приведеної поздовжньої жорсткості пожежного рукава внаслідок деякої кількості навантажень.

Це підтверджується і зменшенням величини залишкових деформацій на вказаних режимах дослідження від $\Delta L_1^{зал} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ до $\Delta L_{4-7}^{зал} = (1 \div 3) \cdot 10^{-3} \text{ м}.$

ЛІТЕРАТУРА

1. Настанова з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС України затверджено наказ Державної служби України з надзвичайних ситуацій №432 від 27.06.2013 року.

2. Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови. ДСТУ 3810–98. [Чинний від 2005-05-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1998. – XII, 32 с. – (Національний стандарт України).

3. Пожарная техника / [Безбородько М.Д., Алексеев П.П., Максимов Б.А., Новиков Г.И.] – Академия ГПС МЧС России, 1979. – 435 с.
4. Качалов А.А. Противопожарное водоснабжение / А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов – М., 1985. – 286 с.
5. Щербина Я.Я. Основы противопожарной техники / Я.Я. Щербина – Киев, 1977. – 234 с.
6. Бидерман В.Л. Механика тонкостенных конструкций. Статика / В.Л. Бидерман. – М. «Машиностроение», 1977. – 488с.
7. Светлицкий В.А. Механика трубопроводов и шлангов В.А. Светлицкий. – М.: Машиностроение, 1982. – 280 с.
8. 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.
9. 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.

А.Н. Ларин, Г.А. Чернобай, С.Ю. Назаренко, В.Б. Коханенко

Определение продольной жесткости пожарных рукавов типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм

Рассматривается экспериментальное определение некоторых механических свойств, в частности продольной жесткости напорных пожарных рукавов типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм.

Ключевые слова: напорный пожарный рукав, рабочее давление, испытания, жесткость, относительная деформация, остаточный ресурс.

A.N. Larin, G.A. Chernobay, S.Y. Nazarenko, V.B. Kohanenko

Defining the longitudinal stiffness of fire hoses "T" type with an internal diameter of 51 mm

We consider some experimental determination of mechanical properties, including hardness longitudinal pressure fire hoses type "T" with an inner diameter of 51 mm.

Keywords: pressure fire hose, working pressure, test, hardness, relative deformation, residual life.