

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

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ ЖОРСТКОСТІ ПОЖЕЖНОГО РУКАВА

Розглядається визначення деяких механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості пожежних рукавів внутрішнім діаметром 77 мм.

Ключові слова: напірний пожежний рукав, робочий тиск, випробування.

Постановка проблеми. Напірні пожежні рукава є гнучкими трубопроводами, які використовуються для подання на відстань під тиском води і водних розчинів вогнегасних речовин, зокрема піноутворювачів. 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.

Значна вартість пожежних рукавів визначає відповідні амортизаційні витрати по експлуатації рукавного господарства, які в більшості випадків перевищують витрати на інші види пожежного устаткування. Таким чином заходи, що спрямовані на визначення залишкового ресурсу пожежних рукавів, можливості їх ремонту, надійності і безпечності подальшої експлуатації, в значній мірі сприяють підвищенню боєздатності пожежних частин, 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 [2-7]. Теоретичні та експериментальні дослідження міцності армуючого каркасу, який сприймає зусилля гідравлічного тиску рідини [8], використовуються при проектувальних розрахунках нових типів пожежних рукавів і не враховують неминучих змін в процесі експлуатації їх структури та якісних і кількісних характеристик, що робить актуальною розробку методів визначення залишкового ресурсу пожежних рукавів, які враховують ці зміни.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень міцності силових елементів напірних пожежних рукавів, а саме армуючого

каркасу, який повністю сприймає зусилля, обумовлені наявністю гідравлічної дії внутрішнього тиску рідини усередині рукава наведені в роботах [8].

Постановка задачі та її вирішення. Задачею дослідження є розробка науково-обґрунтованого методу, який дозволяє визначити залишковий ресурс пожежного рукава, можливість та доцільність їх ремонту і подальшого застосування з урахуванням змін структури і характеристик в умовах тривалих термінів реальної експлуатації.

При проведенні попередніх теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів виникла необхідність визначення їх механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості в умовах статичного навантаження.

Для проведення відповідних робіт було використано дослідну установку ДМ – 30 М (рис. 1), яка встановлена в лабораторії кафедри прикладної механіки Національного університету цивільного захисту України.



Рис. 1. Дослідна машина ДМ-30М із встановленим зразком рукава



Рис. 2. Дослідна машина із тарировочним пристроєм

Проведення тарировки штатного динамометра дослідної установки (рис. 2) проводилось шляхом послідовного навантаження із використанням зразкового динамометра (рис. 3) і наступною побудовою відповідних характеристик та визначенням необхідних коефіцієнтів.

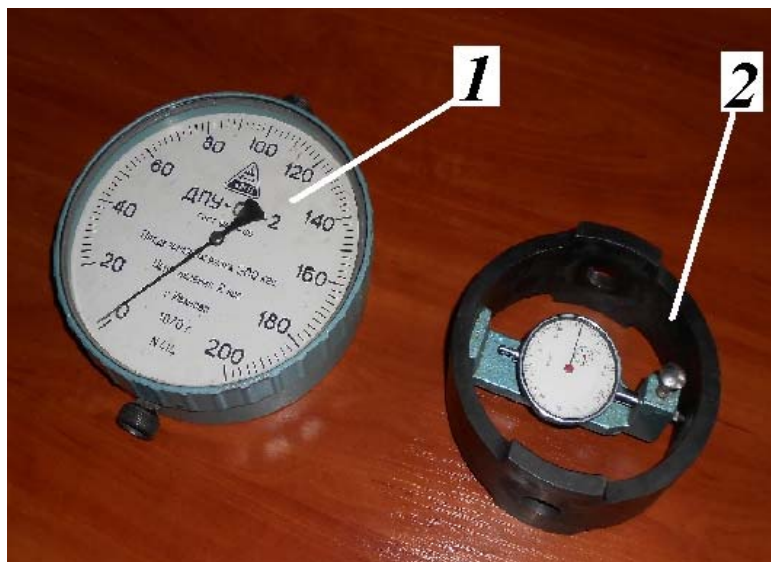


Рис. 3. Прилади для тарировки дослідної установки 1 – зразковий динамометр, 2 – штатний динамометр

Дослідний зразок пожежного рукава (рис. 4) типу «Г» із внутрішнім діаметром 77 мм і випробувальною довжиною $\ell = 110$ мм, було закріплено відповідними пристроями на дослідній машині і проведено цикл випробувань з його навантаження.



Рис. 4 – Випробувальний зразок пожежного рукава діаметром 77 мм

Навантаження проводилось з постійним кроком подовження зразка (1 мм) із фіксацією відповідного зусилля (кН).

Початковий (1) режим навантаження проводився з недеформованим фрагментом пожежного рукава з випробувальною довжиною 110 мм. Максимальна величина деформації становила $\Delta l_1^{\max} = 10 \cdot 10^{-3}$ м, при навантаженні $F_1^{\max} = 7,08$ кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_1^{\text{зал}} = 4 \cdot 10^{-3}$ м.

При повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві

хвилини після першого, максимальна величина деформації становила $\Delta l_2^{\max} = 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, при навантаженні $F_2^{\max} = 9,84 \text{ кН}$. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_2^{\text{зал}} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Числові параметри наступних режимів навантаження (3-5), які було проведено з аналогічними двохвилинними інтервалами, практично не відрізняються один від одного. Їх максимальна величина деформації становила $\Delta l_{3-5}^{\max} = 10,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, при навантаженні $F_{3-5}^{\max} = 12,31 \text{ кН}$.

Залишкова деформація фрагменту після розвантаження становила $\Delta l_{3-5}^{\text{зал}} = 3 \text{ мм}$. Результати випробувань наведені в таблиці.

Деформація, мм	Навантаження, 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

Діаграми, які відповідають результатам випробувань наведені на рис. 5:

- графік 1 відповідає початковому режиму навантаження недеформованого фрагменту пожежного рукава;
- графік 2 – режиму повторного навантаження, який проведено через дві хвилини після першого;
- графік 3-5 відповідає наступним трьом режимам навантаження, які проведені з аналогічними часовими інтервалами і практично не відрізняються один від одного за числовими параметрами.

Майже лінійна залежність між навантаженням та деформацією фрагменту пожежного рукава дозволяє визначити його усереднену жорсткість, яка становить:

$$\text{– режим 1} \quad C_1 = \frac{F_1^{\max}}{\Delta l_1^{\max}} = \frac{7,08}{10 \cdot 10^{-3}} = 708 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$\text{– режим 2} \quad C_2 = \frac{F_2^{\max}}{\Delta l_2^{\max}} = \frac{9,84}{10 \cdot 10^{-3}} = 984 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$\text{– режими 3-5} \quad C_{3-5} = \frac{F_{3-5}^{\max}}{\Delta l_{3-5}^{\max}} = \frac{12,31}{10 \cdot 10^{-3}} = 1231 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Для подальших досліджень доцільно визначити жорсткість (к)

пожежного рукава приведено до одиниці його довжини ($L=1000$ 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 $k_2 = \frac{C_2 \cdot \ell}{L} = \frac{984 \cdot 110}{1000} = 108,24 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$
- режими 3-5 $k_{3-5} = \frac{C_{3-5} \cdot \ell}{L} = \frac{1231 \cdot 110}{1000} = 135,41 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$

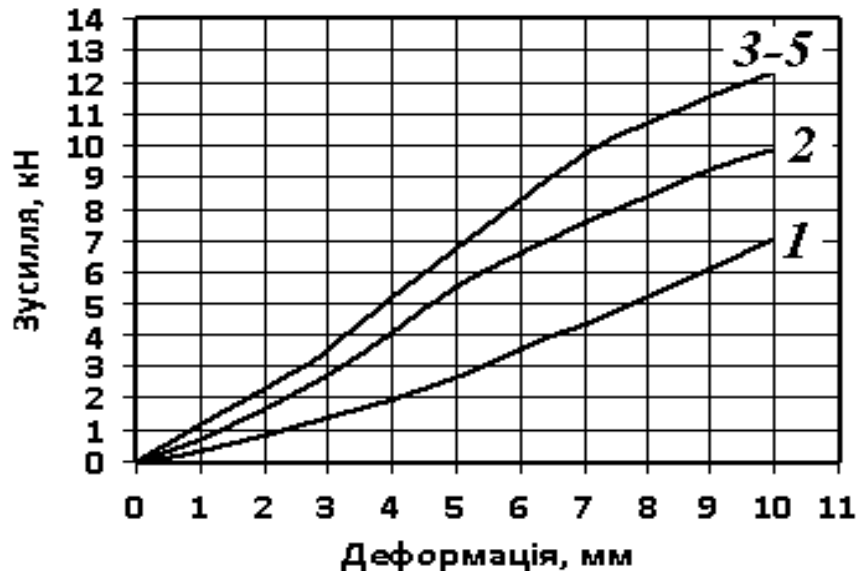


Рис. 5. Діаграми навантажень випробувального зразка пожежного рукава внутрішнім діаметром 77 мм

При регламентованому стандартом [1] робочому тиску $P_{роб} = 1,6$ МПа, поздовжня складова сили гідравлічного тиску в пожежному рукаві із внутрішнім діаметром 77 мм становить

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

що спричиняє відносну поздовжню деформацію:

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

Висновки. Для наступних теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів проведено визначення механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості пожежного рукава

ті пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 мм в умовах статичного навантаження.

При початковому навантаженні приведена до одиниці довжини (1 м) жорсткість пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 мм становить 77,88 кН/м, а при повторному навантаженні – 108,24 кН/м. Три наступних навантаження визначили майже однакові жорсткості, усереднене значення яких становить 135,41 кН/м.

Експериментально визначені відносні поздовжні деформації пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 мм становлять при початковому навантаженні 9,56 %, що відповідає нормативним вимогам (10%), при повторному – 6,88 % . На наступних трьох навантаженнях відносні деформації майже однакові і становлять у середньому 5,5%, тобто відповідають нормативним вимогам [1].

ЛІТЕРАТУРА

1. Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови. ДСТУ 3810–98. [Чинний від 2000-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1998. – XII, 32 с. – (Національний стандарт України).
2. Пожарная техника / [Безбородько М.Д., Алексеев П.П., Максимов Б.А., Новиков Г.И.] – Академия ГПС МЧС России, 1979. – 435 с.
3. Иванов, Е.Н. Противопожарное водоснабжение / Е.Н. Иванов. – М.: Стройиздат, 1986. – 315с.
4. Качалов А.А. Противопожарное водоснабжение /А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов – М.: 1985. – 286 с.
5. Добровольский А.А. Пожарная техника /А.А. Добровольский, Ф.Ф. Переслыцких // Киев: 1981. – 239 с.
6. Щербина Я.Я. Основы противопожарной техники / Я.Я. Щербина / Киев: 1977. – 234 с.
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.

А.Н. Ларин, Г.А. Чернобай, С.Ю. Назаренко

Определение продольной жесткости пожарного рукава диаметром 77 мм

Рассматривается определение некоторых механических свойств, в частности продольной жесткости пожарных рукавов внутренним диаметром 77 мм.

Ключевые слова: напорный пожарный рукав, рабочее давление, испытания.

A.N. Larin, G.A. Chernobay, S.Y. Nazarenko

Determination of the longitudinal stiffness fire hose diameter 77 mm

We consider the determination of some mechanical properties, including longitudinal stiffness hoses with an inner diameter of 77 mm.

Keywords: pressure fire hose, working pressure, test.