

ЛАРІН О.М., д-р. техн. наук, проф. (НУЦЗУ)
ЧЕРНОБАЙ Г.О., канд. техн. наук, доц. (НУЦЗУ)
НАЗАРЕНКО С.Ю., ад'юнкт, (НУЦЗУ)

Визначення поздовжньої жорсткості рукавів з внутрішнім діаметром 51мм, якими оснащуються пожежні потяги

Постановка проблеми

Напірні пожежні рукава є гнучкими трубопроводами, які використовуються в пожежних потягах 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– 2].

Аналіз літературних джерел присвячених методам розрахунків напірних пожежних рукавів показав, що вони здебільшого зводяться до розрахунку втрат тиску в мережі [3– 8].

Результати теоретичних і експериментальних досліджень міцності силових елементів напірних пожежних рукавів, а саме армуючого каркасу, який повністю сприймає зусилля, які обумовлені наявністю гідравлічної дії внутрішнього тиску рідини усередині рукава, наведені в роботах [9–10].

Постановка задачі та її вирішення

Деякі особливості роботи пожежних рукавів в умовах реальної експлуатації, які суттєво впливають на їх надійність, особливо при тривалих термінах використання, визначили необхідність розробки науково–обґрунтованого методу, який дозволяє установити остаточний ресурс пожежного рукава, можливість та доцільність його ремонту і подальшого застосування.

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.

Проведення тарировки штатного динамометра дослідної установки (рис. 2) проводилось шляхом послідовного навантаження із використанням зразкового динамометра (рис. 3) і наступною

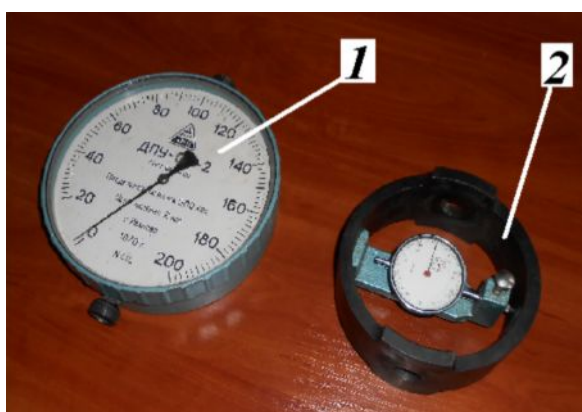
побудовою відповідних характеристик та визначенням необхідних коефіцієнтів.



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



Рис. 2. Дослідна машина із тарировочним пристроєм



1 – зразковий динамометр
2 – штатний динамометр

Рис. 3. Прилади для тарировки дослідної установки

Дослідний зразок пожежного рукава типу «Т» діаметром 51 мм і випробувальною довжиною $\ell = 160$ мм (рис. 4), було

закріплено відповідними пристроями на дослідній машині проведено цикл випробувань з його навантаження.



- 1 – фрагмент рукава
- 2 – кріпильні пристрої
- 3 – хомути

Рис. 4. Випробувальний зразок пожежного рукава діаметром 51 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 160 мм. Максимальна величина деформації становила $\Delta l_1^{\max} = 20 \cdot 10^{-3}$ м, при навантаженні $F_1^{\max} = 4,68$ кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_1^{\text{зал}} = 12 \cdot 10^{-3}$ м.

При повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві хвилини після першого, максимальна величина деформації становила $\Delta l_2^{\max} = 8,0 \cdot 10^{-3}$ м, при навантаженні $F_2^{\max} = 4,32$ кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_2^{\text{зал}} = 4,0 \cdot 10^{-3}$ 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 $\Delta l_{3-5}^{\max} = 8,0 \cdot 10^{-3}$ м, при навантаженні $F_{3-5}^{\max} = 5,12$ кН.

Залишкова деформація фрагменту після розвантаження була відсутня, тобто $\Delta l_{3-5}^{\text{зал}} = 0$.

Результати випробувань наведені в таблиці 1.

Діаграми, які відповідають результатам випробувань наведені на рисунку 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.

Деформація, мм	Навантаження, кН				
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4	Режим 5
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,12	0,71	0,84	0,72	0,78
2	0,24	1,44	1,56	1,44	1,44
3	0,36	1,91	2,16	2,04	2,16
4	0,48	2,40	2,76	2,64	2,88
5	0,72	2,92	3,36	3,36	3,48
6	0,91	3,48	3,96	3,95	3,96
7	1,08	3,89	4,43	4,44	4,44
8	1,32	4,32	5,11	5,12	5,12
9	1,56	–	–	–	–
10	1,80	–	–	–	–
11	2,04	–	–	–	–
12	2,28	–	–	–	–
13	2,52	–	–	–	–
14	2,88	–	–	–	–
15	3,12	–	–	–	–
16	3,41	–	–	–	–
17	3,60	–	–	–	–
18	4,08	–	–	–	–
19	4,32	–	–	–	–
20	4,68	–	–	–	–

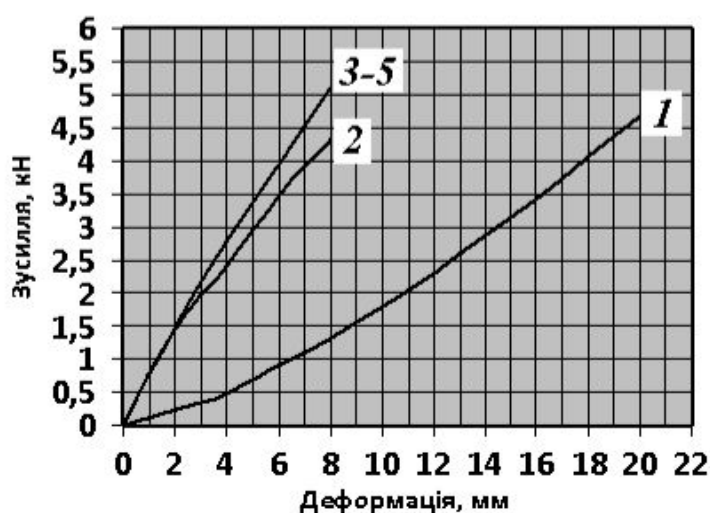


Рис. 5. Діаграми навантажень випробувального зразка пожежного рукава внутрішнім діаметром 51 мм.

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

– режим 1

$$C_1 = \frac{F_1^{\max}}{\Delta l_1^{\max}} = \frac{4,68}{20 \cdot 10^{-3}} = 234 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

– режим 2

$$C_2 = \frac{F_2^{\max}}{\Delta l_2^{\max}} = \frac{4,32}{8 \cdot 10^{-3}} = 540 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

– режими 3–5

$$C_{3-5} = \frac{F_{3-5}^{\max}}{\Delta l_{3-5}^{\max}} = \frac{5,12}{8 \cdot 10^{-3}} = 640 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Для подальших досліджень доцільно визначити жорсткість (k) пожежного рукава приведено до одиниці його довжини ($L=1000 \text{ мм}$):

– режим 1

$$k_1 = \frac{C_1 \cdot \ell}{L} = \frac{234 \cdot 160}{1000} = 37,44 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

– режим 2

$$k_2 = \frac{C_2 \cdot \ell}{L} = \frac{540 \cdot 160}{1000} = 86,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

– режими 3–5

$$k_{3-5} = \frac{C_{3-5} \cdot \ell}{L} = \frac{640 \cdot 160}{1000} = 102,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

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

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

що спричиняє відносну поздовжню деформацію:

– режим 1

$$\varepsilon_1 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_1 \ell} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{234 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 8,73\%;$$

– режим 2

$$\varepsilon_2 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_2 \ell} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{540 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 3,78\%;$$

– режим 3–5

$$\varepsilon_{3-5} = \frac{F_{\text{роб}}}{C_{3-5} \ell} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{640 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 3,19\%.$$

Висновки

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

При початковому навантаженні приведена до одиниці довжини (1 м) жорсткість пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 51 мм становить $37,44 \text{ кН/м}$, а при повторному навантаженні – $86,4 \text{ кН/м}$.

Три наступних навантаження визначили майже однакові жорсткості, усереднене значення яких становить $102,4 \text{ кН/м}$.

Експериментально визначені відносні поздовжні деформації пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 51 мм становлять при початковому навантаженні $8,73\%$, що перевищує нормативні вимоги (8%), при повторному – $3,78\%$. На наступних трьох навантаженнях відносні деформації майже однакові і становлять у середньому $3,19\%$, тобто відповідають нормативним вимогам [1].

Список літератури:

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.

Анотації:

Розглядається визначення деяких механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості рукавів з внутрішнім діаметром 51 мм, якими оснащені пожежні потяги

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

Рассматривается определение некоторых механических свойств, в частности продольной жесткости рукавов с внутренним диаметром 51 мм, которыми оснащены пожарные поезда

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

We consider the determination of some mechanical properties, including longitudinal stiffness hoses with an inner diameter of 51 mm which snap fire trains

Keywords: hose, pressure fire hose, working pressure, test