УДК 614.843/083

С.Ю. Назаренко, ад'юнкт, НУЦЗУ

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЖЕЖНОГО РУКАВА ТИПУ «Т» ДІАМЕТРОМ 77 ММ

(представлено д-ром техн. наук Ларіним О.М.)

Розглядаються методика і результати визначення механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості напірних пожежних рукавів типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 мм під дією статичного навантаження.

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

Постановка проблеми. Результати аналізу статистичних даних свідчать про те, що в Україні щорічно відбувається близько 140-150 аварій і катастроф державного і регіонального рівня. Напірні рукава, разом з іншим пожежним устаткуванням, є одним із основних видів пожежного озброєння і від їх справного стану багато в чому залежить успішна ліквідація наслідків аварій та гасіння пожеж. Разом з тим встановлено, що 95 % відмов рукавів трапляються внаслідок зменшення міцності чохла, з яких 25 % відмов складають відмови на пожежах, а 5 % відмов – трапляються внаслідок механічних ушкоджень на пожежі. Безумовно, заміна ушкодженому рукаву знайдеться, але це призведе до значних матеріальних збитків і загибелі людей. Тому необхідно заздалегідь визначати ушкоджені рукави та ремонтувати їх, або своєчасно вилучати з експлуатації.

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]. Розрахунків, котрі дозволили б встановити тривалість безаварійної експлуатації пожежного рукава, можливість та доцільність його ремонту і подальшого застосування, нажаль, не ведеться.

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

су, який повністю сприймає зусилля, обумовлені наявністю гідравлічної дії внутрішнього тиску рідини усередині рукава наведені в роботах [8-9].

Постановка задачі та її вирішення. Задачею дослідження є визначення деяких механічних властивостей напірних пожежних рукавів, зокрема поздовжньої жорсткості, для розробки нового науково-обґрунтованого методу їх випробувань. Цей метод повинен давати можливість встановлювати залишковий ресурс пожежного рукава, визначати можливість і доцільність його ремонту та 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, схема якої наведено на рис. 1.

Рис. 1. Дослідна установка із встановленим фрагментом пожежного рукава: 1 - маса № 1 (253,3 Н); 2 – маса № 2 (238,0 Н); 3 – маса № 3 (212,7 Н); 4 – маса № 4 (223,2 Н); 5 – маса № 5 (218,0 Н); L – загальна довжина фрагменту пожежного рукава; L_0 - початкова довжина фрагменту пожежного рукава (L_0=2,190 *м*.); ΔL - довжина фрагменту пожежного рукава під час навантаження

Установка була змонтована в лабораторії кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки Національного університету цивільного захисту України.

Дослідний фрагмент пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 мм і випробувальною довжиною L_0 =2,190 *м*, було закріплено у вертикальному положенні відповідними пристроями і проведено цикл випробувань з його навантаження.

Навантаження проводилось зосередженими масами: маса №1 – 25,82 *кг*; маса №2 – 24,26 *кг*; маса №3 – 21,68 *кг*; маса №4 – 22,76 *кг*; маса №5 – 22,22 *кг,* які відповідно мають: вага №1 – 253,3 *Н*; вага №2 – 238,0 *Н*; вага №3 – 212,7 *Н;* вага №4 – 223,2 *Н*; вага №5 – 218,0 *Н,*із фіксацією відповідного подовження зразка (Δl).

Початковий (1) режим навантаження проводився з недеформованим фрагментом пожежного рукава довжиною L_0 =2,190 *м*.

Максимальна величина деформації становила $\Delta l_1^{\max} = 40 \cdot 10^{-3}$ *м*, при навантаженні $F^{\max} = 1{,}1452$ *кН*, тобто максимальна відносна деформації становила

$$\varepsilon_1^{\max} = \frac{\Delta \ell_1^{\max}}{L_0} 100\% = \frac{40 \cdot 10^{-3}}{2{,}190} 100\% = 1{,}83\ \%. \qquad (1)$$

Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta \ell_1^{зал} = 9{,}0 \cdot 10^{-3}$ *м*.

При повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві хвилини після першого залишкова деформація скоротилася на 0,002 *м*, відповідно фрагмент мав випробувальну довжину 2,197 *м*.

Максимальна величина деформації становила $\Delta l_2^{\max} = 34{,}0 \cdot 10^{-3}$ *м*, при навантаженні $F^{\max} = 1{,}1452$ *кН*, тобто максимальна відносна деформації становила

$$\varepsilon_2^{\max} = \frac{\Delta \ell_2^{\max}}{L_0} 100\% = \frac{34 \cdot 10^{-3}}{2{,}190} 100\% = 1{,}55\ \%. \qquad (2)$$

Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta \ell_2^{зал} = 3{,}0 \cdot 10^{-3}$ *м*.

Числові параметри наступних режимів навантаження (3–6), які було проведено з аналогічними двохвилинними інтервалами, практично не відрізняються один від одного. Їх максимальна величина деформації становила $\Delta l_{3-6}^{\max} = 33{,}0 \cdot 10^{-3}$ *м*, при навантаженні $F^{\max} = 1{,}1452$ *кН*, тобто максимальна відносна деформації становила

$$\varepsilon_{3-6}^{\max} = \frac{\Delta \ell_{3-6}^{\max}}{L_0} 100\% = \frac{33 \cdot 10^{-3}}{2{,}190} 100\% = 1{,}51\ \%. \qquad (3)$$

Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta \ell_{3-6}^{зал} = 0 \div 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ *м*.

Таким чином діапазон відносних деформацій при випробуваннях фрагменту пожежного рукава становив від 0 до 1,83%.

Результати випробувань наведені в табл. 1. Діаграми, які відповідають результатам випробувань наведені на рис. 2.

Табл. 1. Деформація рукавів під дією статичного навантаження

Навантаження, *кН*	Деформація рукавів, *м*					
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4	Режим 5	Режим 6
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,2533	0,014	0,010	0,010	0,011	0,011	0,010
0,4913	0,024	0,021	0,019	0,019	0,019	0,019
0,7040	0,029	0,025	0,023	0,023	0,023	0,022
0,9272	0,036	0,030	0,030	0,030	0,029	0,029
1,1452	0,040	0,034	0,033	0,032	0,036	0,031

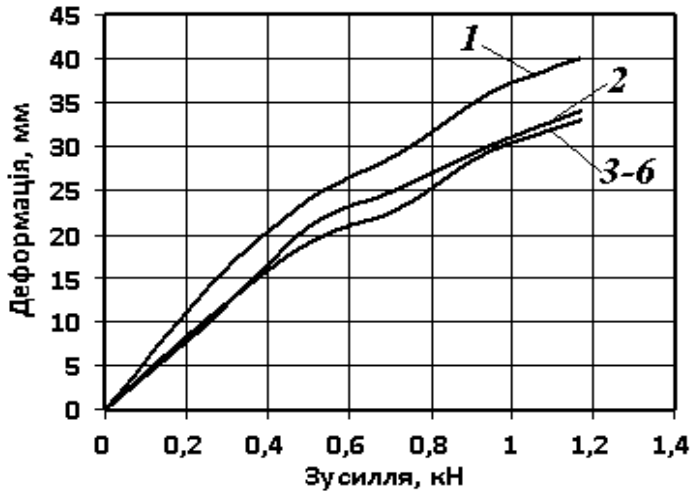

Рис. 2. Діаграми навантажень випробувального зразка пожежного рукава внутрішнім діаметром 77 мм: 1 – початковий режим навантаження недеформованого фрагменту пожежного рукава; 2 – режим повторного навантаження, який проведено через дві хвилини після першого; графіки 3-6 – наступні чотири режими навантаження, які проведені з аналогічними часовими інтервалами і практично не відрізняються один від одного за числовими параметрами

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

– режим 1 $C_1 = \dfrac{F^{\max}}{\Delta l_1^{\max}} = \dfrac{1{,}1452}{40 \cdot 10^{-3}} = 28{,}63 \dfrac{кН}{м}$; (4)

– режим 2 $C_2 = \dfrac{F^{\max}}{\Delta l_2^{\max}} = \dfrac{1{,}1452}{34 \cdot 10^{-3}} = 33{,}68 \dfrac{кН}{м}$; (5)

– режими 3–6 $C_{3-6} = \dfrac{F^{\max}}{\Delta l_{3-6}^{\max}} = \dfrac{1{,}1452}{33 \cdot 10^{-3}} = 34{,}70 \dfrac{кН}{м}$. (6)

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

– режим 1 $k_1 = \dfrac{C_1 \cdot L_0}{L} = \dfrac{28{,}63 \cdot 2{,}190}{1{,}000} = 62{,}70 \dfrac{кН}{м}$; (7)

– режим 2 $k_2 = \frac{C_2 \cdot L_0}{L} = \frac{33{,}68 \cdot 2{,}190}{1{,}000} = 73{,}76 \frac{кН}{м}$; (8)

– режими 3–6 $k_{3-6} = \frac{C_{3-6} \cdot L_0}{L} = \frac{34{,}70 \cdot 2{,}190}{1{,}000} = 75{,}99 \frac{кН}{м}$. (9)

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

$$F_{роб} = P_{роб} \frac{\pi\ d^2}{4} = 1{,}6 \cdot 10^6 \frac{\pi\ \left(77 \cdot 10^{-3}\right)^2}{4} = 7450\ \ Н = 7{,}45\ \ кН, \quad (10)$$

що спричиняє відносну поздовжню деформацію:

– режим 1 $\varepsilon_1 = \frac{F_{роб}}{C_1 L_0} 100\% = \frac{7{,}45 \cdot 10^3}{28{,}63 \cdot 10^3 \cdot 2{,}190} 100\% = 11{,}88\ \%$; (11)

– режим 2 $\varepsilon_2 = \frac{F_{роб}}{C_2 L_0} 100\% = \frac{7{,}45 \cdot 10^3}{33{,}68 \cdot 10^3 \cdot 2{,}190} 100\% = 10{,}10\ \%$; (12)

– режими 3–6 $\varepsilon_{3-6} = \frac{F_{роб}}{C_{3-6} L_0} 100\% = \frac{7{,}45 \cdot 10^3}{34{,}70 \cdot 10^3 \cdot 2{,}190} 100\% = 9{,}80\ \%$. (13)

Наведене свідчить про збільшення приведеної поздовжньої жорсткості (k) пожежного рукава внаслідок деякої кількості циклів «навантаження - розвантаження».

Вказане також підтверджується зменшенням величини залишкових деформацій, які становлять:

– режим 1 $\Delta L_1^{зал} = 9 \cdot 10^{-3}\ м$;

– режим 2 $\Delta L_2^{зал} = 3 \cdot 10^{-3}\ м$;

– режими 3-6 $\Delta L_{3-6}^{зал} = 0 \div 1{,}0 \cdot 10^{-3}\ м$.

Висновки. З метою недопущення передчасного виходу пожежних рукавів з експлуатації необхідно розраховувати їх залишковий ресурс, своєчасно передбачати їх відмови та виключати їх з експлуатації або направляти в ремонт.

В роботі проведено визначення поздовжньої жорсткості напірного пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром *77 мм* в умовах статичного навантаження. Випробуванню підлягав фрагмент рукава довжиною L_0 =2,190 *м* в діапазоні відносних деформацій від 0 до 1,83 %.

Встановлено, що при початковому навантаженні приведена до одиниці довжини (*1 м*) жорсткість пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром *77 мм* становить *62,70 кН/м*, а при повторному навантаженні – *73,76 кН/м*. Наступні три навантаження рукава дозволили визначити майже однакові жорсткості, усереднене значення яких становить *75,99 кН/м*.

Експериментально визначені відносні поздовжні деформації пожежного рукава, які на першому режимі становлять *11,88 %* і, таким чином, перевищують нормативні (*10%*) вимоги [1] на наступних режи-

мах поступово зменшуються до *9,80 %.*

Експериментально отримані дані свідчать про збільшення приведеної поздовжньої жорсткості пожежного рукава внаслідок деякої кількості циклів «навантаження - розвантаження». Це підтверджується і зменшенням величини залишкових деформацій на вказаних режимах дослідження від $\Delta L_1^{зал} = 9 \cdot 10^{-3} м$ до $\Delta L_{3-6}^{зал} = 0 \div 1{,}0 \cdot 10^{-3} м.$

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., 1986. – 315с.

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. Братолюбова // 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. Братолюбова // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. – 2011. –№1 – С. 126-133.

С.Ю. Назаренко

Определение механических свойств пожарного рукава типа «Т» диаметром 77 мм

Рассматриваются методика и результаты определения механических свойств, в частности продольной жесткости напорных пожарных рукавов типа «Т» с внутренним диаметром 77 мм под действием статической нагрузки.

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

S.Yu. Nazarenko

Determination of mechanical properties of a fire hose type "T" with 77mm diameter

The technique and results of mechanical properties determination, in particular longitudinal rigidity of head pressure in fire hoses type "T" with internal diameter of 77 mm under the influence of static loading are considered.

Keywords: fire hose, head pressure fire hose, working pressure, tests, rigidity.