УДК 614.843/083

О.М. Ларін, д.т.н., професор, НУЦЗУ,
Г.О. Чернобай, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
С.Ю. Назаренко, викладач, НУЦЗУ,
В.О. Липовий, к.т.н., викладач, НУЦЗУ

ВИЗНАЧЕННЯ ПОПЕРЕЧНОЇ ЖОРСТКОСТІ ПОЖЕЖНОГО РУКАВА ДІАМЕТРОМ 77 ММ

Розглядається визначення поперечної жорсткості матеріалу пожежних рукавів типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 мм.

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

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

Відомі випадки передчасного непередбачуваного виходу напірних пожежних рукавів під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Практика показала, що їх руйнування практично завжди відбувається на технологічній складці. Це обумовлюється найбільш інтенсивним стиранням тканини на технологічній складці та природного старіння гуми в цих місцях.

Таким чином заходи, що спрямовані на визначення залишкового ресурсу пожежних рукавів, можливості їх ремонту, надійності і безпечності подальшої експлуатації, в значній мірі сприяють підвищенню оперативної готовності 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 [2–4].

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, що використовуються при проектувальних розрахунках нових типів пожежних рукавів, наведені в роботах [5–8]. В них не враховують неминучих змін в процесі експлуатації їх структури та якісних і кількісних характеристик ресурсу пожежних рукавів.

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, зокрема, пружних властивостей в поздовжньому та поперечному напрямках.

Поздовжня жорсткість рукавів в умовах статичного навантаження досліджена досить докладно [9–11].

Для проведення аналогічних робіт з визначення поперечної жорсткості матеріалу рукавів [11] із внутрішнім діаметром d = 77 *мм* в умовах статичного навантаження було використано дослідну установку ДМ – 30 М, яка встановлена в лабораторії кафедри прикладної механіки Національного університету цивільного захисту України.

Дослідний зразок (фрагмент) матеріалу (рис. 1), який було відокремлено від пожежного рукава типу «Т» діаметром d = 77 *мм*, мав випробувальну довжину ℓ = 75 *мм*, ширину b = 100 *мм* та загальну товщину δ = 2,7 *мм*. Зразок було закріплено відповідними пристроями на дослідній машині і проведено цикл випробувань з його навантаження.

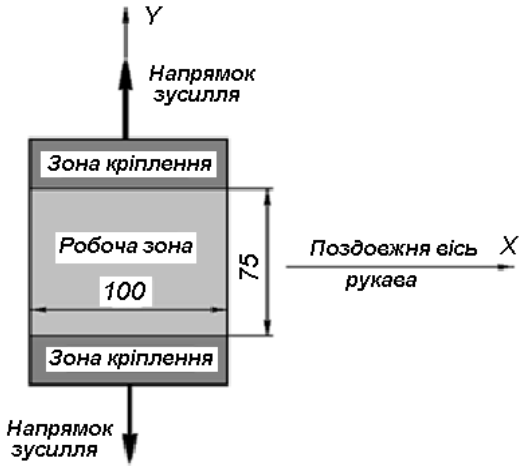

Рис. 1. Випробувальний зразок матеріалу пожежного рукава діаметром 77 мм

Навантаження проводилось з постійним кроком подовження зразка (0,5 *мм*), із фіксацією відповідного зусилля (*кН*). Початковий (1) режим навантаження проводився з недеформованим фрагментом матеріалу пожежного рукава з випробувальною довжиною 75 *мм*.

Максимальна величина деформації $\Delta l_1^{\max} = 6{,}0 \cdot 10^{-3}$ *м* відповідала навантаженню $F_1^{\max} = 4{,}296$ *кН*. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_1^{зал} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ *м*. Результати випробувань наведені в табл. 1.

При повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві хвилини після першого, максимальна величина деформації становила $\Delta l_2^{\max} = 4{,}5 \cdot 10^{-3}$ *м* при навантаженні $F_2^{\max} = 4{,}104$ *кН*. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_2^{зал} = 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ *м*.

При третьому навантаженні (3), яке було проведено через дві хвилини після другого, максимальна величина деформації становила $\Delta l_3^{\max} = 4{,}0 \cdot 10^{-3}$ *м* при навантаженні $F_3^{\max} = 4{,}008$ *кН*. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_3^{зал} = 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ *м*.

Табл. 1. Результати проведених випробувань

Дефор-мація, *мм*	Навантаження, *кН*			
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режими 4 – 6
0	0,000	–	–	–
0,5	0,480	–	–	–
1,0	0,912	–	–	–
1,5	1,272	0,000	–	–
2,0	1,560	0,240	0,000	–
2,5	1,920	0,792	0,192	0,000
3,0	2,232	1,488	0,600	0,480
3,5	2,520	2,136	1,200	0,960
4,0	2,880	2,688	1,944	1,512
4,5	3,240	3,120	2,688	2,208
5,0	3,528	3,360	3,216	3,024
5,5	3,792	3,600	3,504	3,408
6,0	4,296	4,104	4,008	3,912

Параметри наступних трьох режимів навантаження (4–6), які було проведено з аналогічними двохвилинними інтервалами, практично не відрізняються один від одного, що дозволило усереднити їх значення. Максимальна усереднена величина деформації становила $\Delta l_{4-6}^{\max} = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$ *м* при усередненому навантаженні $F_{4-6}^{\max} = 3{,}912$ *кН*. Залишкова деформація фрагменту після розвантаження була практично відсутня, тобто $\Delta l_{4-6}^{зал} \cong 0 \div 0{,}5$ *мм*.

Діаграми, які відповідають результатам випробувань наведені на рис. 2: графік 1 відповідає початковому режиму навантаження; графік 2 – режиму повторного навантаження, яке проведено через дві хвилини після першого; графік 3 – режиму третього навантаження, яке проведено через дві хвилини після другого; графік 4 – 6 відповідає усередненим значенням наступних трьох режимів навантаження, які проведені з аналогічними часовими інтервалами і практично не відрізняються один від одного за числовими параметрами.

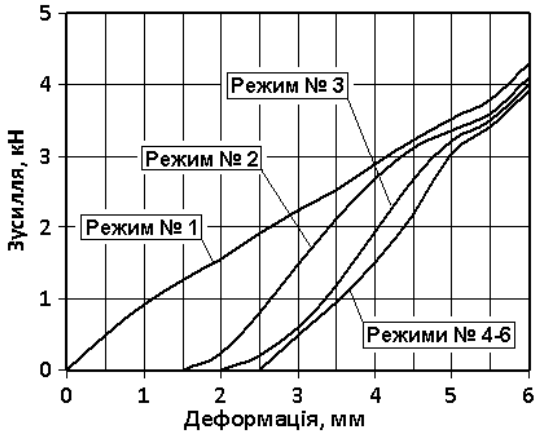

Рис. 2. Діаграми навантажень випробувального зразка пожежного рукава внутрішнім діаметром 77 мм

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

режим 1 $C_1 = F_1^{\max} / \Delta l_1^{\max} = 4{,}296 / 6{,}0 \cdot 10^{-3} = 716 кН/м;$

режим 2 $C_2 = F_2^{\max} / \Delta l_2^{\max} = 4{,}104 / 4{,}5 \cdot 10^{-3} = 912 кН/м;$

режим 3 $C_3 = F_3^{\max} / \Delta l_3^{\max} = 4{,}008 / 4{,}0 \cdot 10^{-3} = 1002 кН/м;$

режими 4–6 $C_{4-6} = F_{4-6}^{\max} / \Delta l_{4-6}^{\max} = 3{,}912 / 3{,}5 \cdot 10^{-3} = 1118 кН/м.$

Для подальших досліджень доцільно визначити модуль пружності (k^Y) матеріалу пожежного рукава у поперечному напрямку:

режим 1 $$k_1^Y = \frac{C_1 \ell}{b\delta} = \frac{716 \cdot 10^3 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-3}} = 199 \cdot 10^6 \, Па = 199 \, МПа;$$

режим 2 $$k_2^Y = \frac{C_2 \ell}{b\delta} = \frac{912 \cdot 10^3 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-3}} = 253 \cdot 10^6 \, Па = 253 \, МПа;$$

режим 3 $$k_3^Y = \frac{C_3 \ell}{b\delta} = \frac{1002 \cdot 10^3 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-3}} = 278 \cdot 10^6 \, Па = 278 \, МПа;$$

режими 4–6 $$k_{4-6}^Y = \frac{C_{4-6} \ell}{b\delta} = \frac{1118 \cdot 10^3 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-3}} = 311 \cdot 10^6 \, Па = 311 \, МПа.$$

Висновки. Для наступних теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів проведена серія експериментів з визначення поперечної жорсткості матеріалу пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 *мм* в умовах статичного навантаження при постійній відносній деформації.

Дослідження визначили суттєву залежність пружності матеріалу пожежного рукава від «історії» його навантаження (табл. 2).

Табл. 2. Результати досліджень деяких механічних властивостей пожежних рукавів

Характеристика	Позначення	Режим № 1	Режим № 2	Режим № 3	Режими № 4-6
Максимальне навантаження	F_{max}, *кН*	4,296	4,104	4,008	3,912
Максимальна деформація	$\Delta\ell^{\max}$, *мм*	6,0	4,5	4,0	3,5
Максимальна відносна деформація	$\varepsilon^{\max}$,%	8,0	6,0	5,3	4,7
Залишкова деформація	$\Delta\ell^{зал}$, *мм*	1,5	0,5	0,5	≈ 0
Модуль «поперечної» пружності	k^Y, *МПа*	199	253	278	311

При майже однаковому максимальному навантаженні фрагменту матеріалу пожежного рукава на першому, другому та третьому режимах випробувань модуль пружності у поперечному напрямку збільшувався і лише потім на 4–6 режимах він стабілізувався на рівні k^Y = 311 *МПа*.

Зменшення залишкових деформацій та стабілізація пружних властивостей наближають поведінку матеріалу пожежного рукава у поперечному напрямку до пружного.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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).

2. Безбородько М.Д. Пожарная техника: Учебник / Под. ред. М.Д. Безбородько. – 2-е изд. перераб. и дополн. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1989. – 336 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.: Стройиздат, 1985. – 286 с.

5. Пономарев С.Д. Расчеты на прочность в машиностроении. Том II / Пономарев С.Д., Бидерман В.Л., Лихарев К.К., Макушин В.М., Малинин Н.Н., Феодосьев В.И. – М.: Машгиз, 1958. – 974с.

6. Бидерман В.Л. Механика тонкостенных конструкций / 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. Ларін О.М. Визначення поздовжньої жорсткості рукавів з внутрішнім діаметром 51мм, якими оснащуються пожежні потяги / О.М. Ларін, Г.О. Чернобай, С.Ю. Назаренко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – Донецьк, 2014. – № 37. – С. 151-156.

10. Ларін О.М. Визначення повздовжньої жорсткості пожежного рукава типу «Т» з внутрішнім діаметром 51 мм / О.М. Ларін, Г.О. Чернобай, С.Ю. Назаренко, В.Б. Коханенко // Проблеми пожежної безпеки: збірник наукових праць. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – Вып. 37. – С. 135-141. – Режим доступу: http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol37/Ppb_2015_37_26.pdf.

11. Ларин А.Н. Определение поперечной жёсткости пожарных рукавов диаметром 51 мм / А.Н. Ларин, Г.О. Чернобай, С.Ю. Назаренко, В.Б. Коханенко // Чрезвычайные ситуации: Образование и наука: междунар. науч.-практ. журнал. – Гомель, ГИИ МЧС Республики Беларусь, 2016. – ТОМ 11. – № 1. – С. 22-26.

Отримано редколегією 11.10.2016

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

Определение поперечной жесткости пожарного рукава диаметром 77 мм

Рассматривается определение поперечной жесткости материала пожарных рукавов типа «Т» с внутренним диаметром 77 мм.

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

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

Determination of lateral stiffness fire hose 77 mm

Consider determination of the lateral stiffness of the material fire hoses "T" type with an internal diameter of 77 mm.

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