УДК 614.843/083

С. Ю. Назаренко, к.т.н., доцент, доц. каф., НУЦЗУ,
Г. О. Чернобай, к.т.н., доц. каф., НУЦЗУ,
В. В. Асоцький, к.психол.н., нач. відділу, НУЦЗУ,
С. В. Васильєв, к.т.н., доцент, доц. каф., НУЦЗУ,
П. Д. Буряк, ст. викладач каф., НАНГУ

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ ЖОРСТКОСТІ НАПІРНОГО ПОЖЕЖНОГО РУКАВА ДІАМЕТРОМ 150 ММ

(представлена д.т.н. Куценко Л. М.)

Розглядається визначення деяких механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості, пожежних рукавів діаметром 150 мм.

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

Постановка проблеми. Пожежні рукава це гнучкі трубопроводи, які призначені для транспортування вогнегасних речовин. Вони поділяються на всмоктувальні, напірно-всмоктувальні та напірні. Перші два типи рукавів застосовуються для транспортування вогнегасних речовин під розрідженням. Пожежні рукава третього типу призначені для транспортування вогнегасних речовин під надлишковим тиском до пожежних стволів. Повертаючись до питання надійності ПТО серед трьох типів пожежних рукавів найменшу надійність мають напірні пожежні рукава (НПР) [1]. Причинами відмов НПР можуть бути виробничі дефекти у їх конструкції, порушення умов зберігання та випробування.

З метою запобігання виходу з ладу в процесі експлуатації НПР періодично підлягають гідравлічним випробуванням на герметичність шляхом створення в їх внутрішній порожнині надлишкового тиску. Цей спосіб випробувань дозволяє встановити лише наявні зовнішні пошкодження, а головним його недоліком можна вважати те, що він не дає змоги виявити внутрішні дефекти матеріалу з якого виготовлений НПР.

Таким чином, забезпечення надійності НПР в процесі пожежогасіння потребує дотримання належних умов їх експлуатації, зокрема, періодичних випробувань. Спосіб випробувань НПР, який використовується підрозділами ОРС ЦЗ, не дозволяє встановити в них приховані дефекти, тому необхідність розробки нового способу випробування НПР, який дозволить встановлювати в них приховані дефекти є актуальним. Для чого необхідно вирішити наукову проблему прогнозування стану композитної системи (багатошарового НПР) в складних умовах експлуатації: повздовжні та поперечні розтягування, тертя по поверхні, тепловий вплив, деформування тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конструкція пожежних рукавів, їх типорозміри і характеристики, галузі застосування, умови експлуатації та методи випробувань наведені у відповідних нормативних документах [2–3].

Аналіз літературних джерел присвячених методам розрахунків напірних пожежних рукавів показав, що вони здебільшого зводяться до розрахунку втрат тиску в мережі [4–6].

Результати теоретичних і експериментальних досліджень міцності силових елементів напірних пожежних рукавів, а саме армуючого каркасу, який повністю сприймає зусилля, що обумовлені наявністю гідравлічної дії внутрішнього тиску рідини усередині рукава, наведені в роботах [7–10].

Постановка завдання та його 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. Методика відповідних досліджень докладно висвітлена в роботі [3, 11, 12]. З попередніх досліджень випливає, що механічні властивості НПР різних діаметрів відрізняються. Таким чином для розрахунку залишкового ресурсу НПР необхідно визначити механічні властивості шарів НПР для кожного діаметру окремо. Зокрема визначити для НПР діаметром 150 мм.:

– повздовжнього модуля пружності;

– чи можна вважати матеріал пружнім.

Дослідний зразок було відокремлено від пожежного рукава типу «Т» з внутрішнім діаметром *150 мм.* Фрагмент рукава, який мав робочу зону довжиною $\ell = 155$ *мм* (рис. 1), ширину – $s = 87$ *мм* та товщину $\delta = 2{,}5$ *мм*, було закріплено відповідними пристроями на дослідній машині і проведено цикл випробувань з його навантаження.

Навантаження проводилось з постійним кроком подовження зразка (0,5 *мм*) із фіксацією відповідного зусилля (*кН*). Результати випробувань наведені в табл. 1.

Рис. 1. Випробувальний зразок матеріалу НПР

Табл. 1. Результати випробувань рукава

Деформація - $\Delta\ell$, *мм*	Навантаження - *F, кН*				
	Цикл 1	Цикл 2	Цикл 3	Цикл 4	Цикл 5
0,0	0,000	-	-	-	-
0,5	0,096	-	-	-	-
1,0	0,168	-	-	-	-
1,5	0,240	-	-	-	-
2,0	0,264	-	-	-	-
2,5	0,288	-	-	-	-
3,0	0,336	-	-	-	-
3,5	0,432	-	-	-	-
4,0	0,480	-	-	-	-
4,5	0,528	-	-	-	-
5,0	0,576	-	-	-	-
5,5	0,648	-	-	-	-
6,0	0,720	0,000	-	-	-
6,5	0,768	0,192	-	-	-
7,0	0,816	0,288	-	-	-
7,5	0,888	0,432	0,000	0,000	0,000
8,0	0,936	0,576	0,168	0,192	0,240
8,5	0,984	0,720	0,312	0,336	0,432
9,0	1,080	0,840	0,456	0,480	0,576
9,5	1,176	0,960	0,624	0,648	0,720
10,0	1,248	1,080	0,720	0,768	0,864
10,5	1,296	1,200	0,912	0,960	1,008
11,0	1,416	1,296	1,032	1,104	1,200
11,5	1,464	1,392	1,200	1,224	1,392
12,0	1,512	1,440	1,296	1,416	1,416
12,5	1,536	1,512	1,440	1,440	1,440

Початковий (1) цикл навантаження проводився з недеформованим фрагментом матеріалу пожежного рукава довжиною 155 мм. Максимальна величина деформації становила $\Delta l_1^{\max} = 12{,}5 \cdot 10^{-3}$ *м,* при навантаженні $F_1^{\max} = 1{,}536$ *кН*. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_1^{зал} = 6{,}0 \cdot 10^{-3}$ *м.*

При повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві хвилини після першого, максимальна величина деформації становила $\Delta l_2^{\max} = 12{,}5 \cdot 10^{-3}$ *м,* при навантаженні $F_2^{\max} = 1{,}512$ *кН*. Залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_2^{зал} = 7{,}5 \cdot 10^{-3}$ *м.*

Числові параметри наступних циклів навантаження (3-5), які було проведено з аналогічними двохвилинними інтервалами, практично не відрізняються один від одного, що дозволило при наступній обробці результатів досліджень їх усереднити. Максимальна величина деформації на цих режимах становила $\Delta l_{3-5}^{\max} = 12{,}5 \cdot 10^{-3}$ *м,* при середньому навантаженні $F_{3-5}^{\max} = 1{,}440$ *кН*.

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

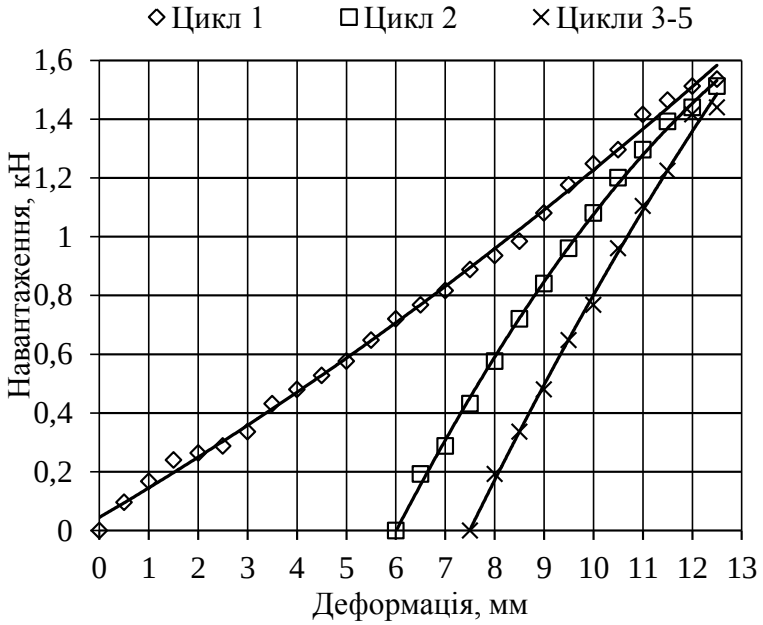

Рис. 2. Діаграми навантажень випробувального зразка напірного пожежного рукава внутрішнім діаметром 150 мм

Майже лінійна залежність між навантаженням та деформацією фрагменту пожежного рукава дозволяє визначити усереднений модуль пружності (E) його матеріалу в поздовжньому напрямку:

$$E_i = \frac{F_i^{max}\,\ell}{\left(\Delta\ell_i^{max} - \Delta\ell_{i-1}^{зал}\right)\delta S}, \qquad (1)$$

де E_i – модуль пружності, визначений для i-го циклу; F_i^{max} – максимальне навантаження i-го циклу; ℓ – довжина робочої зони; $\Delta\ell_i^{max}$ – максимальна деформація i-го циклу; $\Delta\ell_{i-1}^{зал}$ – залишкова деформація попереднього циклу; δ – товщина матеріалу зразка; S – ширина робочої зони фрагменту.

З урахуванням статистично оброблених експериментальних даних (табл. 1) для відповідних циклів навантаження модуль пружності становить:

E_1=87,6 МПа;
E_2=165,8 МПа;
$E_{3\text{-}5}$=205,2 МПа.

Висновки. Для наступних теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів проведено визначення механічних властивостей, зокрема поздовжнього модуля пружності матеріалу пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 150 мм в умовах статичного навантаження.

При початковому навантаженні модуль пружності матеріалу рукава становив 87,6 МПа, а при повторному навантаженні – 165,8 МПа.

Три наступних навантаження визначили майже однакові модулі пружності усереднене значення яких становить 205,2 МПа.

Зменшення залишкових деформацій та стабілізація пружних властивостей матеріалу НПР при послідовних циклах деформацій навантаження–розвантаження, наближає поведінку його матеріалу до пружного.

Зміна механічних властивостей матеріалу НПР, зокрема, його поздовжнього модуля пружності при послідовних циклах деформацій навантаження–розвантаження є зворотною, проміжки між циклами деформування призводять до часткового відновлення механічних характеристик, наближаючи їх до початкових значень.

Час релаксації, що в значній мірі залежить від величини попередньої відносної деформації, становить від кількох годин до кількох діб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ларін О. М., Чернобай Г. О., Коханенко В. Б., Назаренко С. Ю., Дослідження поздовжньої жорсткості пожежного рукава типу «Т» діаметром 77 мм з урахуванням структурних елементів пожежного рукава // Вісник НТУ ХПІ «Новітні рішення в сучасних технологіях». 2015. № 39 (1148). С. 41–46.

2. ДСТУ 3810–98. Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. XII, 32 с.

3. Назаренко С. Ю., Чернобай Г. О., Ларін О. О., Калиновський А. Я., Назаренко В. Ю., Розрахунково-експериментальна оцінка надійності гумо-кордних напірних рукавів: монографія / Х.: ФОП Панов А. М., 2019. 136 с.

4. Пожарная техника: учебное пособие / М. Д. Безбородько и др. Москва: 1979. 435 с.

5. Иванов Е. Н. Противопожарное водоснабжение: Москва: Стройиздат, 1986. 315 с.

6. Качалов А. А., Воротынцев Ю. П., Власов А. В. Противопожарное водоснабжение: Москва: Стройиздат, 1985. 286 с.

7. Расчеты на прочность в машиностроении: в 3 т. / редкол. С. Д. Пономарев и др. Москва: 1956–1958. Т. 2.

8. Бидерман В. Л. Механика тонкостенных конструкций: Москва: Машиностроение, 1977. 488 с.

9. Светлицкий В. А. Механика трубопроводов и шлангов: Москва: Машиностроение, 1982. 280 с.

10. Моторин Л. В., Степанов О. С., Братолюбова Е. В. Математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии. Известие вузов Технология текстильной промышленности. 2010. № 8. С. 103–109.

11. Ларін О. М. Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю. Визначення поздовжньої жорсткості пожежного рукава. Проблемы пожарной безопасности. 2014. № 35. С. 133–138.

12. Ларін О. М. Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю., Коханенко В. Б. Визначення поздовжньої жорсткості пожежного рукава типу «Т» з внутрішнім діаметром 51 мм. Проблемы пожарной безопасности. 2015. № 37. С. 135–141.

С. Ю. Назаренко, Г. А. Чернобай, В. В. Асоцкий, С. В. Васильев, П. Д. Буряк

Определение продольной жесткости напорных пожарных рукавов диаметром 150 мм

Рассматривается определение некоторых механических свойств, в частности продольной жесткости, пожарных рукавов диаметром 150 мм.

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

S. Nazarenko, G. Chernobay, V. Asotskyi, S. Vasyliev, P. Buriak

Determination of longitudinal rigidity of pressure head fire hoses in diameter of 150 mm

Determination of some mechanical properties, in particular longitudinal rigidity, fire hoses in diameter of 150 mm is considered.

Keywords: Sleeve, pressure fire hose, working pressure, tests, rigiditypressure fire hose.