

О.М. Ларін, д.т.н., професор, проф. каф., НУЦЗУ,
Г.О. Чернобай, к.т.н., доцент, доц. каф., НУЦЗУ,
С.Ю. Назаренко, к.т.н., ст. викладач, НУЦЗУ,
Т.Ю. Бутенко, к.т.н., с.н.с., НУЦЗУ,
В.Б. Коханенко, к.т.н., доцент, доц. каф., НУЦЗУ

ВИЗНАЧЕННЯ ДИСИПАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ НАПІРНОГО ПОЖЕЖНОГО РУКАВА ТИПУ «Т» З ВНУТРІШНІМ ДІАМЕТРОМ 51 ММ В ПОПЕРЕЧНОМУ НАПРЯМКУ

Розглядаються методика і результати визначення дисипативних властивостей матеріалу напірного пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 51 мм при поперечних деформаціях.

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

Постановка проблеми. Надійне і безпечне використання напірних пожежних рукавів (НПР) обумовлюється дотриманням нормативних вимог до їх експлуатації і обслуговування, серед яких чільне місце займають гідравлічні випробування на герметичність за надлишковим тиском. Випробування пожежних рукавів проводяться під час планових перевірок не менше одного разу на рік, а також після ремонту. Дана методика випробувань визначає лише цілісність та герметичність напірних пожежних рукавів і не дає змоги визначити наявність прихованих дефектів, які під піч подальшої експлуатації можуть призвести до відмови. Тому актуальним є розробка та удосконалення способів випробування, що дозволяють визначити наявність прихованого дефекту.

Аналіз останніх досліджень і 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, обумовлені наявністю гідравлічної дії внутрішнього тиску рідини усередині рукава наведені в роботах [5–9].

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є експериментальне визначення дисипативних властивостей матеріалу НПР типу «Т» з внутрішнім діаметром 51 мм в поперечному напрямку.

Порядок проведення експериментальних досліджень проводилась відповідно до [10, 11], де було визначено механічні властивості, зокрема повздовжньої жорсткості для НПР типу «Т» з внутрішнім діаметром 51

та 77 мм. В [12] було визначено пружно-дисипативні характеристик матеріалу рукава діаметром 51 мм в повздовжньому напрямку.

Для проведення цих робіт було використано дослідну установку ДМ – 30 М.

Дослідний фрагмент матеріалу, який було відокремлено від пожежного рукава типу «Т» діаметром $d = 51$ мм, мав випробувальну довжину $\ell = 65$ мм, ширину $b = 100$ мм (рис. 1) та товщину $\delta = 1,5$ мм. Зразок було закріплено відповідними пристроями на дослідній машині і проведено цикл випробувань з його навантаження.

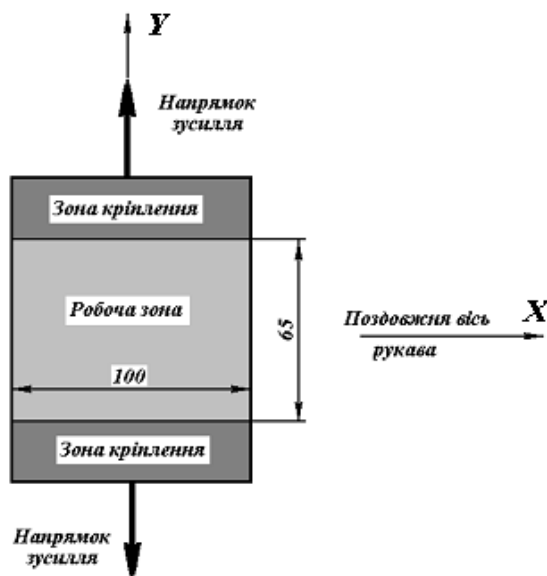


Рис. 1. Випробувальний зразок матеріалу пожежного рукава

Навантаження та розвантаження проводилось з постійним кроком подовження зразка (0,5 мм), з фіксацією відповідного зусилля. Максимальна величина деформації для всіх режимів навантаження була прийнята постійною і становила $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$ м.

Результати випробувань наведені в таблиці 1. Початковий (1) режим навантаження проводився з недеформованим фрагментом матеріалу пожежного рукава з випробувальною довжиною 65 мм. Максимальна величина деформації $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$ м відповідала навантаженню $F_1^{\max} = 1,8$ кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_1^{\text{зал}} = 1 \cdot 10^{-3}$ м.

При повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві хвилини після першого, максимальна величина деформації становила $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$ м при навантаженні $F_2^{\max} = 2,16$ кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_2^{\text{зал}} = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м.

При третьому навантаженні (3), яке було проведено через дві хвилини після другого, максимальна величина деформації становила $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$ м при навантаженні $F_3^{\max} = 2,21$ кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_3^{\text{зал}} = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м.

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 величина деформації становила $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$ м при навантаженні $F_{4-6}^{\max} = 2,35$ кН. Залишкова деформація фрагменту була практично відсутня, тобто $\Delta l_{4-6}^{\text{зал}} = 0$.

Табл. 1. Результати випробування

Де- фор- мація, мм	Величина навантаження, кН							
	Режим 1		Режим 2		Режим 3		Режими 4-6	
	На- ван- таж.	Роз- ван- таж.	На- ван- таж.	Роз- ван- таж.	На- ван- таж.	Роз- ван- таж.	На- ван- таж.	Роз- ван- таж.
0	0,000	–	–	–	–	–	–	–
0,5	0,240	–	–	–	–	–	–	–
1,0	0,528	0,000	0,000	–	–	–	–	–
1,5	0,888	0,048	0,360	0,000	0,000	–	–	–
2,0	1,152	0,240	0,912	0,120	0,240	0,000	0,000	0,000
2,5	1,416	0,528	1,104	0,216	0,600	0,048	0,296	0,024
3,0	1,656	0,960	1,488	0,480	1,008	0,264	0,688	0,088
3,5	1,800	1,800	1,752	0,912	1,440	0,552	1,056	0,304
4,0	–	–	1,968	1,632	1,728	0,936	1,456	0,632
4,5	–	–	2,160	2,160	2,016	1,464	1,760	1,008
5,0	–	–	–	–	2,210	2,210	2,088	1,480
5,5	–	–	–	–	–	–	2,350	2,350

При всіх режимах навантаження-розвантаження максимальна величина деформації становила $\Delta \ell^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$ м, тобто максимальна відносна деформація становила

$$\varepsilon^{\max} = \frac{\Delta \ell^{\max}}{\ell} 100\% = \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{65 \cdot 10^{-3}} 100\% = 5,4\%.$$

Графіки, які відповідають результатам випробувань наведені на рис. 2. Апроксимовані відповідними трендами та рівняннями результати експериментальних досліджень дають змогу визначити енергію (A_D), яка накопичена в зразку при його навантаженні-розвантаженні і котра відповідає дисипативним властивостям матеріалу фрагменту пожежного рукава, що визначається площею петлі гістерезису як різниця робіт, витрачених при навантаженні (A_H) і наступному розвантаженні (A_P) зразка.

Для подальших розрахунків дисипативні властивості матеріалу пожежного рукава доцільно визначити безрозмірним співвідношенням, або коефіцієнтом дисипації

$$\beta = \frac{A_D}{A_H} = \frac{A_H - A_P}{A_H}.$$

Результати розрахунків наведені в табл. 2.

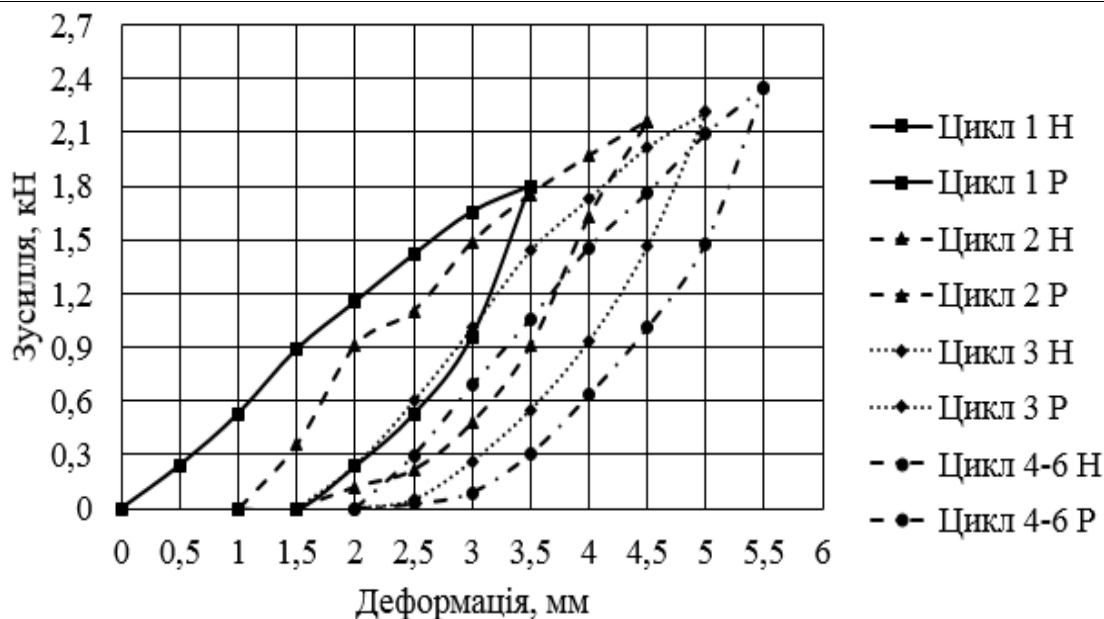


Рис. 2. Графіки циклів навантаження – розвантаження

Табл. 2. Результати проведення випробування

Характеристика	Позначення	Режим № 1	Режим № 2	Режим № 3	Режими № 4-6
Максимальне навантаження	F_{\max} , кН	1,8	2,16	2,21	2,35
Максимальна деформація	$\Delta \ell^{\max}$, мм	3,5	3,5	3,5	3,5
Максимальна відносна деформація	ε^{\max} , %	5,4	5,4	5,4	5,4
Залишкова деформація	$\Delta \ell^{\text{зал}}$, мм	1	0,5	0,5	≈ 0
Модуль «поперечної» пружності (згідно [12])	k^y , МПа	223	268	274	291
Коефіцієнт дисипації	β	0,62	0,5	0,47	0,45

Висновки. Для наступних теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів проведено визначення дисипативних властивостей їх матеріалу в поперечному (відносно осі рукава) напрямку, в умовах статичних циклів навантаження-розвантаження.

Дослідження визначили суттєву залежність характеристик матеріалу пожежного рукава типу «Г» із внутрішнім діаметром 51 мм від «історії» його навантаження (табл. 2).

При майже однаковому діапазоні навантаження (1,8 ÷ 2,35 кН), прикладеного до фрагменту пожежного рукава на першому та другому режимах випробувань його характеристики в поперечному напрямку значно змінювались і лише потім (3 – 6 режими) відбувалась їх стабілізація.

Модуль «поперечної» пружності матеріалу рукава [12] стабілізувався на рівні 291 МПа, коефіцієнт дисипації – 0,45, при відносній деформації 5,4 %.

Значний початковий гістерезис фрагменту пожежного рукава при наступних випробуваннях значно зменшується, що разом із зменшенням залишкових деформацій та стабілізацією пружних властивостей, наближає поведінку матеріалу до пружного.

Зміна властивостей матеріалу пожежного рукава 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 і навіть тижнів.

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 /М.Д. Безбородько, П.П. Алексеев, Б.А. Максимов, Г.И. Новиков – М.: ВИПТШ, 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.: 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. Братолобова // 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. Братолобова // Изв. вузов. Технология текст. пром–сти. –2011. –№.1 – С. 126 – 133.
10. Ларін О.М. Визначення поздовжньої жорсткості пожежного рукава типу «Т» діаметром 51 мм / О.М. Ларін, Г.О. Чернобай, С.Ю. Назаренко // Проблеми пожежної безпеки: збірник наукових праць. – Харків: НУЦЗУ, 2015. – № 37. – С. 135-141.
11. Ларін О.М. Визначення поздовжньої жорсткості пожежного рукава / Ларін О.М., Чернобай Г.О., Назаренко С.Ю. // Проблеми пожежної безпеки: збірник наукових праць. – Х.: НУЦЗУ, 2014. – № 35. – С. 133-138.

12. Ларін О.М. Визначення дисипативних властивостей напірного пожежного рукава / Ларін О.М., Чернобай Г.О., Коханенко Г.О., Назаренко С.Ю. // Проблеми пожежної безпеки: збірник наукових праць. – Харків: НУЦЗУ, 2014. – № 36. – С. 141-149.

Отримано редколегією 11.03.2019

А.Н. Ларин, Г.А. Чернобай, С.Ю. Назаренко, Т.Ю. Бутенко, В.Б. Коханенко

Определение диссипативных свойств напорных пожарных рукавов типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм в поперечном направлении

Рассматриваются результаты определения диссипативных свойств напорного пожарного рукава типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм при поперечных деформациях.

Ключевые слова: напорный пожарный рукав (НПР), рабочее давление, испытания, жесткость, гистерезис, диссипативные свойства.

A. Larin, G. Chernobay, S. Nazarenko, V. Kohanenko

Determination of the dissipative properties of pressure fire hoses of type "T" with an internal diameter of 51 mm in the transverse direction

Results of determination of dissipative properties of a pressure head fire hose of the type "T" with internal diameter of 51 mm are considered at longitudinal deformations.

Keywords: pressure head fire hose, working pressure, tests, rigidity, hysteresis, dissipative properties.