

*С.Ю. Назаренко, к.т.н., доц. каф., НУЦЗУ,  
Г.О. Чернобай, к.т.н., доцент, доц. каф., НУЦЗУ,  
В.Б. Коханенко, к.т.н., доцент, доц. каф., НУЦЗУ,  
В.В. Асоцький, к.психол.н., нач. відділу, НУЦЗУ,  
Д.А. Лузан, магістр, НУЦЗУ*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЖЕЖНОГО РУКАВА ТИПУ «Т» З ДІАМЕТРОМ 77 ММ ПРИ КРУЧЕННІ**

(представлена д.т.н. Куценком Л.М.)

Розглядається експериментальне визначення деяких механічних властивостей, зокрема жорсткості при крученні напірних пожежних рукавів типу «Т» з внутрішнім діаметром 77 мм.

**Ключові слова:** Рукав, напірний пожежний рукав, робочий тиск, випробування, жорсткість, кручення, модуль пружності.

**Постановка проблеми.** Напірні пожежні рукава є гнучкими трубопроводами, які використовуються 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 обладнання і від їх справного стану багато в чому залежить успішне гасіння пожеж.

Надійне і безпечне використання 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 спрямована на спрощену оцінку надійності виробу.

Проблемою на сьогоднішній день є те, що способи випробування НПР, що застосовуються в підрозділах ОРС ЦЗ, не забезпечує своєчасного визначення прихованих дефектів в рукавах. Тому актуальним є розробка та удосконалення способів випробування, що дозволяють визначити наявність прихованого дефекту.

**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 – 5]. 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 [6– 9]. Розглянуті ро-

боти мають фундаментальне значення для удосконалення конструкцій НПР та технології їх виробництва. Але задача оцінки надійності НПР при наявності дефектів в експлуатації в них не досліджувалась.

**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 пружних та дисипативних властивостей в поздовжньому [10 – 12] та поперечному [13 – 15] напрямку в умовах статичних циклів навантаження-розвантаження. Методика проведення відповідних випробувань була запозичена з [16].

Для проведення відповідних робіт було використано дослідну установку, схема якої наведено на рис. 1.



Рис. 1. Дослідна установка із встановленим фрагментом пожежного рукава

Визначення механічних властивостей з випробувань на кручення НПР типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 мм проведено за методикою наведеною вище. Фрагмент рукава з внутрішнім діаметром  $d = 77$  мм, товщиною стінки  $\delta = 2,7$  мм – мав випробувальну довжину  $L = 0,980$  м.

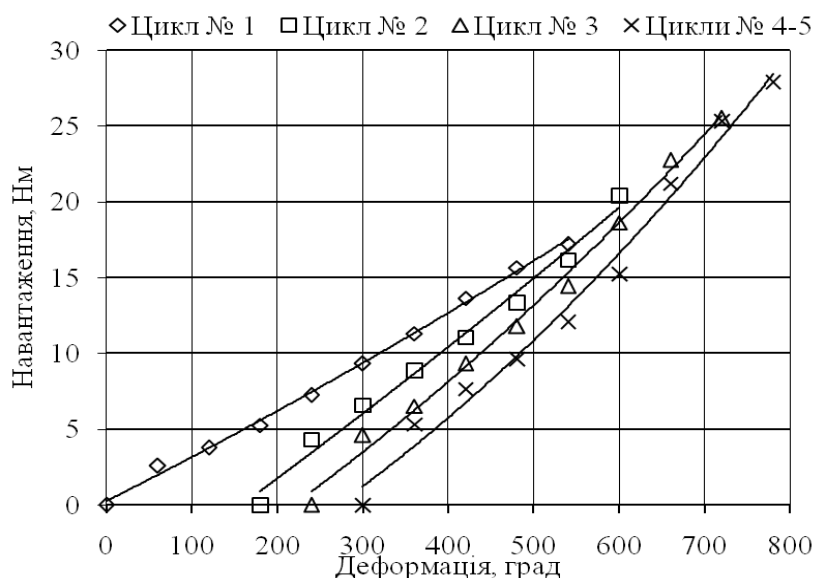
Фрагмент було закріплено у вертикальному положенні відповідними пристроями і проведено цикл випробувань з його закручування відносно поздовжньої осі на деякий кут  $\varphi$  із кроком  $60^\circ$  при дії крутного моменту  $M_k$ , який дорівнює добутку силового навантаження  $F$  (визначається динамометром) на довжину  $R = 0,281$  м важеля.

Дослідження проводились при внутрішньому тиску ( $P$ ) в рукаві  $P_1 = 0,2$  МПа,  $P_2 = 0,4$  МПа та  $P_3 = 0,6$  МПа, який забезпечувався компресором, з п'ятикратним повторенням (цикли № 1 – № 5).

Результати випробувань при  $P_1 = 0,2$  МПа наведені в табл. 1 та рис. 2.

**Табл. 1. Результати випробувань НІР типу «Т» із внутрішнім діаметром  $d = 77$  мм при деформації кручення при тиску  $P_1 = 0,2$  МПа**

Кут закручування $\varphi$ , град	Тиск у рукаві, $P_1 = 0,2$ МПа			
	Крутний момент $M$ , Нм			
	Цикл № 1	Цикл № 2	Цикл № 3	Цикли № 4-5
0	0,00	-	-	-
60	2,59	-	-	-
120	3,77	-	-	-
180	5,25	0,00	-	-
240	7,25	4,31	0,00	-
300	9,34	6,59	4,58	0,00
360	11,3	8,87	6,53	5,33
420	13,65	11,05	9,32	7,65
480	15,65	13,34	11,77	9,63
540	17,20	16,15	14,41	12,08
600	-	20,40	18,61	15,25
660	-	-	22,75	21,20
720	-	-	25,52	25,34
780	-	-	-	27,90



**Рис. 2. Діаграми навантажень випробувального фрагменту пожежного рукава при крученні (тиск у рукаві  $P_1 = 0,2$  МПа)**

Початковий (№ 1) цикл навантаження проводився з недеформованим фрагментом пожежного рукава. Максимальна величина деформації становила  $\Delta\varphi_1^{max} = 540^\circ$  при навантаженні  $M_1^{max} = 17,2$  Нм.

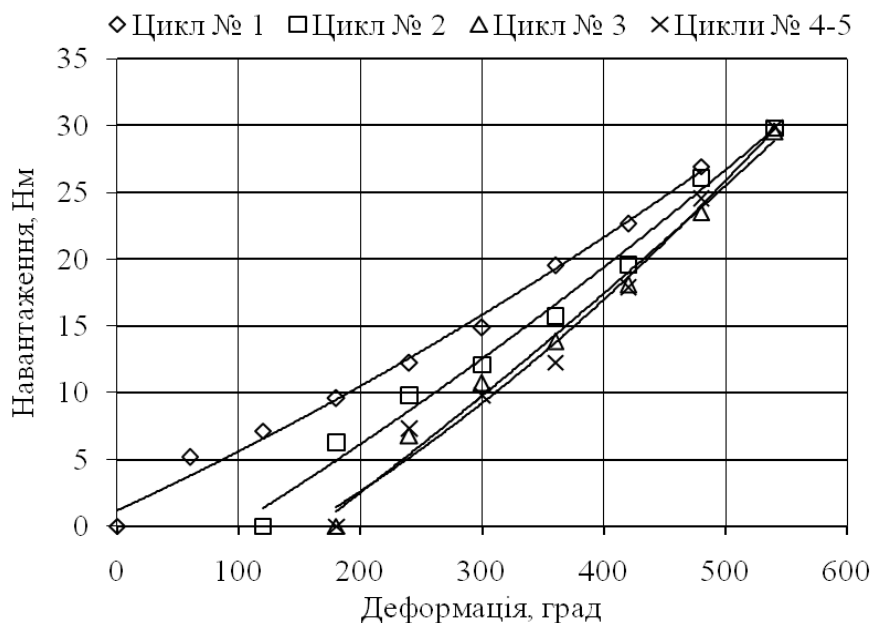
Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила  $\Delta\varphi_1^{зал} = 180^\circ$ . При повторному циклі № 2, який було проведено через дві хвилини після першого, максимальна величина деформації становила  $\Delta\varphi_2^{max} = 420^\circ$  при навантаженні  $M_2^{max} = 20,4$  Нм. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила  $\Delta\varphi_2^{зал} = 240^\circ$ . При наступному навантаженні (цикл № 3), яке було проведено через дві хвилини після другого, максимальна величина деформації становила  $\Delta\varphi_3^{max} = 480^\circ$  при

навантаженні  $M_3^{max} = 25,52 \text{ Нм}$ . Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила  $\Delta\varphi_3^{зал} = 300^\circ$ . При наступних циклах навантаження (№ 4 – № 5), які було проведено з аналогічними двохвилинними інтервалами, максимальна величина деформації становила  $\Delta\varphi_{4-5}^{max} = 780^\circ$  при навантаженні  $M_{4-5}^{max} = 27,9 \text{ Нм}$ . Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила  $\Delta\varphi_{4-5}^{зал} = 300^\circ$ .

Результати випробувань при  $P_2 = 0,4 \text{ МПа}$ , які було проведено за вище зазначеною методикою наведені в табл. 2 та рис. 3.

**Табл. 2. Результати випробувань НПР типу «Т» із внутрішнім діаметром  $d = 77 \text{ мм}$  при деформації кручення тиск  $P_2 = 0,4 \text{ МПа}$**

Кут закручування $\varphi$ , град	Тиск у рукаві, $P_2 = 0,4 \text{ МПа}$			
	Крутний момент $M$ , $\text{Нм}$			
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режими 4-5
0	0,00	-	-	-
60	5,17	-	-	-
120	7,12	0,00	-	-
180	9,59	6,30	0,00	0,00
240	12,23	9,80	6,75	7,30
300	14,85	12,10	10,70	9,81
360	19,52	15,75	13,80	12,24
420	22,65	19,60	18,05	17,93
480	26,92	26,10	23,47	24,55
540	-	29,80	29,53	29,90

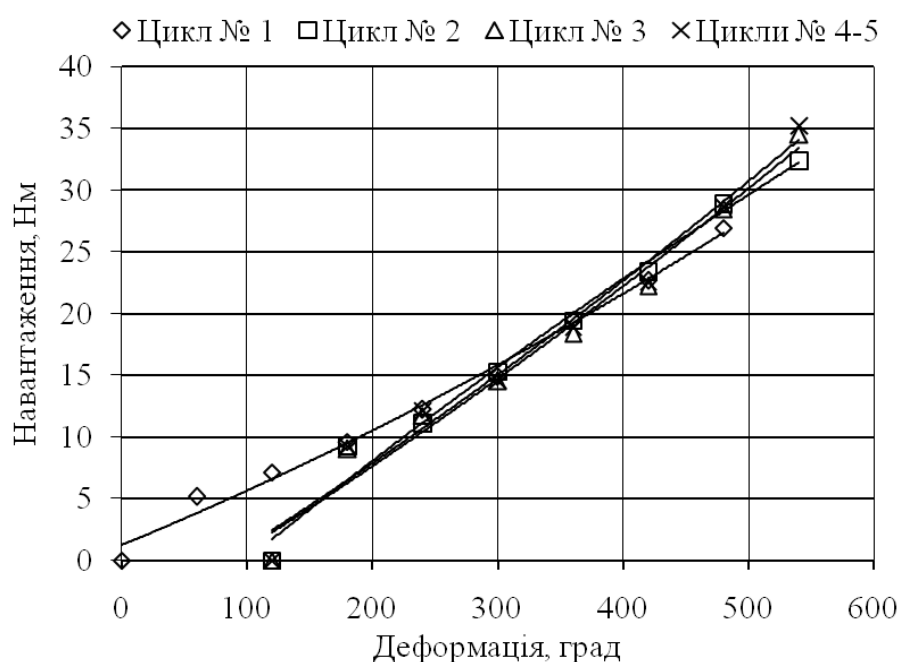


**Рис. 3. Діаграми навантажень випробувального фрагменту пожежного рукава при крученні (тиск у рукаві  $P_1 = 0,4 \text{ МПа}$ )**

Результати випробувань при  $P_3 = 0,6 \text{ МПа}$ , які було проведено за вище-зазначеною методикою наведені в табл. 3 та відповідних графіках на рис. 4.

**Табл. 3. Результати випробувань НПР типу «Т» із внутрішнім діаметром  $d = 77$  мм при деформації кручення при тиску  $P_3 = 0,6$  МПа**

Кут закручування $\varphi$ , град	Тиск у рукаві, $P_3 = 0,6$ МПа			
	Крутний момент $M$ , Нм			
	Цикл № 1	Цикл № 2	Цикл № 3	Цикли №4-№5
0	0,00	-	-	-
60	6,4	-	-	-
120	8,64	0,00	0,00	0,00
180	11,2	9,29	9,01	9,24
240	14,0	11,1	11,7	12,1
300	16,72	15,27	14,52	14,56
360	20,37	19,41	18,37	18,9
420	23,71	23,4	22,2	22,53
480	29,95	28,91	28,46	28,67
540	-	32,4	34,47	35,24



**Рис. 4. Діаграми навантажень випробувального фрагменту пожежного рукава при крученні (тиск у рукаві  $P_1 = 0,6$  МПа)**

Якщо прийняти у першому наближенні залежність між навантаженням та деформацією фрагменту напірного пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром  $d = 77$  мм при крученні лінійною, можна за наведеною вище методикою визначити пружні властивості його матеріалу для деформації зсуву при визначених значеннях внутрішнього тиску: Результати розрахунків пружних властивостей НПР із внутрішнім діаметром  $d = 77$  мм наведено в табл. 4.

**Висновки.** Для наступних теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів проведено визначення пружних властивостей при крученні пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 мм в умовах статичного навантаження. Результати дослідження свідчать про збільшення жорсткості пожежного рукава при крученні внаслідок декількох (1-2) циклів «навантаження – розвантаження», після яких пружні властивості стабілізуються.

**Табл. 4. Пружні властивості матеріалу фрагменту напірного пожежного рукава із внутрішнім діаметром  $d = 77$  мм при деформації зсуву**

Цикл	Максимальний момент	Максимальна деформація	Залишкова деформація	Жорсткість фрагменту	Модуль пружності
	$M_i^{max}$ , Нм	$\Delta\varphi_i^{max}$ , градус	$\Delta\varphi_i^{зал}$ , градус	$C_i$ , Нм/градус	$G_{Кi}$ , МПа
Тиск 0,2 МПа					
№ 1	17,20	540	180	0,0319	1,67
№ 2	20,40	420	60	0,0486	2,54
№ 3	25,52	480	60	0,0532	2,78
№ 4-6	27,90	480	60	0,0581	3,04
Тиск 0,4 МПа					
№ 1	26,92	480	120	0,0561	2,93
№ 2	29,80	420	60	0,0710	3,71
№ 3	29,53	360	0	0,0820	4,29
№ 4-6	29,90	360	0	0,0831	4,35
Тиск 0,6 МПа					
№ 1	29,95	480	120	0,0624	3,26
№ 2	32,40	420	0	0,0771	4,03
№ 3	34,47	420	0	0,0821	4,29
№ 4-6	35,24	420	0	0,0839	4,39

Значна зміна пружних властивостей пожежного рукава на початкових циклах «навантаження – розвантаження» та їхня стабілізація при наступних випробуваннях значно зменшується, що разом із зменшенням залишкових деформацій, наближає поведінку матеріалу рукава при крученні 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.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3810–98. Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 1998. — XII, 32 с.
2. Пожарная техника : учебное пособие / М. Д. Безбородько и др. Москва, 1979. 435 с.
3. Иванов Е. Н. Противопожарное водоснабжение : Москва : Стройиздат, 1986. 315с.
4. Качалов А. А., Воротынцев Ю. П., Власов А. В. Противопожарное водоснабжение : Москва : Стройиздат, 1985. 286 с.
5. Расчеты на прочность в машиностроении : в 3 т. / редкол. : С. Д. Пономарев и др. Москва : 1956–1958. Т. 2.
6. Бидерман В. Л. Механика тонкостенных конструкций : Москва : Машиностроение, 1977. 488с.
7. Светлицкий В. А. Механика трубопроводов и шлангов : Москва : Машиностроение, 1982. – 280 с.
8. Моторин Л. В., Степанов О. С., Братолобова Е. В. Математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии. Известие вузов Технология текстильной

промышленности. 2010. № 8. С. 103–109.

9. Моторин Л. В., Степанов О. С., Братолобова Е. В. Упрощенная математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии. Известие вузов Технология текстильной промышленности. 2011. № 1. С. 126–133.

10. Ларін О. М. Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю., Коханенко В. Б. 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.

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

12. Ларін О. М. Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю. Визначення дисипативних властивостей напірного пожежного рукава типу «Т» діаметром 77 мм. Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. 2015. №2. С. 18–25.

13. Ларін О. М. Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю., Липовий В. О. Визначення поперечної жорсткості пожежного рукава діаметром 77 мм. Проблеми пожарной безопасности. 2016. № 40. С. 129–133.

14. Ларін О. М. Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю. Дослідження поперечної жорсткості матеріалу пожежного рукава типу «Т» діаметром 77 мм з урахуванням неоднорідності його структури. Проблеми пожарной безопасности. 2017. № 42. С. 64–71.

15. Ларін О. М. Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю., Виноградов С. А. Визначення дисипативних властивостей матеріалу напірного пожежного рукава. Проблеми пожарной безопасности. 2018. № 43. С. 91–99.

16. Larin A. N., Chernobay G. A., Nazarenko S. Y., Lipovoy V. A. Definition of elastic properties of fire hoses of type "T" with a diameter of 51 mm under torsion. Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. 2016. № 8 część 7. P. 90–94.

*Отримано редколегією 26.09.2019*

С.Ю. Назаренко, Г.А. Чернобай, В.Б. Коханенко, В.В. Асоцкий, Д.А. Лузан

#### **Определение упругих свойств пожарных рукавов типа «Т» диаметром 77 мм при кручении**

Рассматриваются методика и результаты экспериментального определения диссипативных свойств напорного пожарного рукава типа «Т» с внутренним диаметром 77 мм при деформации кручением.

**Ключевые слова:** напорный пожарный рукав, рабочее давление, испытания, жесткость, кручение, модуль упругости

S. Nazarenko, G. Chernobay, V. Kohanenko, V. Asotskyi, D. Luzan

#### **Determination of the elastic properties of fire hoses type "T" with a diameter of 77 mm during torsion**

The methods and results of experimental determination of the dissipative properties of a "T" pressure headlamp with an internal diameter of 77 mm for torsion deformation are considered.

**Keywords:** pressure fire hose, working pressure, tests, rigidity, torsion, elastic modulus.