

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

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КУТА ЗАКРУЧУВАННЯ НАПІРНОГО ПОЖЕЖНОГО РУКАВА, ЩО МАЄ ДЕФЕКТ

Розглядається методика і результати експериментальних досліджень залежності кута закручування від тиску та довжини дефекту в напірному пожежному рукаві.

**Ключеві слова:** рукав, напірний пожежний рукав, робочий тиск, випробування, кут закручування, дефект.

**Постановка проблеми.** При аналізі подій виходу з ладу пожежно-технічного обладнання в західному регіоні України встановлено, що 60% відмов від загального числа відмов (за місяць 20% виїздів з відмовами пожежно-технічного обладнання) припадає на напірні пожежні рукави.

Напірні пожежні рукава (НПР), разом з іншим пожежним устаткуванням, є одним із основних видів пожежного оснащення і від їх справного стану багато в чому залежить успішне гасіння пожеж.

Значна вартість пожежних рукавів визначає відповідні амортизаційні витрати по експлуатації рукавного господарства, які в більшості випадків перевищують витрати на інші види пожежного устаткування.

Таким чином заходи, що спрямовані на визначення залишкового ресурсу пожежних рукавів, можливості їх ремонту, надійності і безпечності подальшої експлуатації, в значній мірі сприяють підвищенню готовності пожежних частин до дій за призначенням, а також економічній ефективності їх функціонування.

Проблемою на сьогоднішній день є те, що способи випробування НПР, що застосовуються в підрозділах ОРС ЦЗ, не дозволяють діагностувати технічний стан рукава на ранній стадії його пошкодження (до розриву). Тому актуальним є розробка та удосконалення способів випробування, що дозволяють визначити наявність прихованого дефекту до настання граничного стану (розриву), виявлення якого під час гасіння пожежі може призвести до значного збільшення часу її ліквідації.

**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 [2-5].

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]. У роботах [10-12] авторами визначено пружні властивості напірних пожежних рукавів діаметром 51 мм.

Існуючий на сьогодні підхід до випробувань НПР зводиться до випробування їх під тиском до настання граничного стану – розриву [1]. У роботі [13] авторами запропоновано новий спосіб випробування НПР, який полягає у тому, що зразок рукава довжиною  $L \geq 0,8$  м заповнюють водою, один край рукава жорстко закріплюють, а другий обертають відносно повздовжньої осі на кут  $\varphi$  з силою  $F$ , після чого розрахунковим методом визначають модуль пружності НПР та по відхиленню його значення від еталонного судять про стан рукава та наявність дефектів. У статті [14] було визначено вплив декількох циклів закручування на пружні властивості напірного пожежного рукава типу «Т» діаметром 51 мм. Однак на сьогодні не проведено досліджень, спрямованих на визначення впливу дефекту в рукаві на його пружні властивості, що може лягти в основу нової методики випробування напірних пожежних рукавів.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою роботи є експериментальне визначення впливу розміру дефекту (розрізу)  $L_0$  та тиску  $P$  в пожежному напірному рукаві на кут його закручування  $\varphi$  у відповідності до запропонованого способу [13].

Експериментальні дослідження проводились зі зразком пожежного напірного рукава діаметром 51 мм та довжиною 1 м. Дефект наносився штучно у вигляді повздовжнього розрізу (по основі) верхнього армуючого каркасу товщиною  $0,1 \div 0,5$  мм.

На рис. 1 наведено схему експериментальної установки для визначення кута закручування НПР, на якій проводились дослідження. До рами установки 1 приєднані два циліндричні затискачі 6 з гумовими накладками, які утримують правий та лівий краї досліджуваної частини напірного пожежного рукава 3 від прокручування. Головний активний корпус 2, що знаходиться в центральній частині установки, призначений для навантаження і, відповідно, повороту середини досліджуваної частини напірного пожежного рукава фіксованим крутним моментом за допомогою затискача 12 з гумовими накладками, який закріплено на головному активному корпусі та затискає рухому центральну частину НПР за допомогою фіксаторів 9. Навантаження крутним моментом відбувається за допомогою вантажу 5, троса 4 та напрямної 8. Кут закручування фіксується стрілкою-показчиком 11 на відповідній шкалі вимірювача деформації 10. До рами установки 1 прикріплено одну опору кочення 7 для тросу, яка виконана у виді ролика, вісь якого перпендикулярна напрямку тросу. Підшипники попереджують прогин досліджуваної центральної частини НПР.

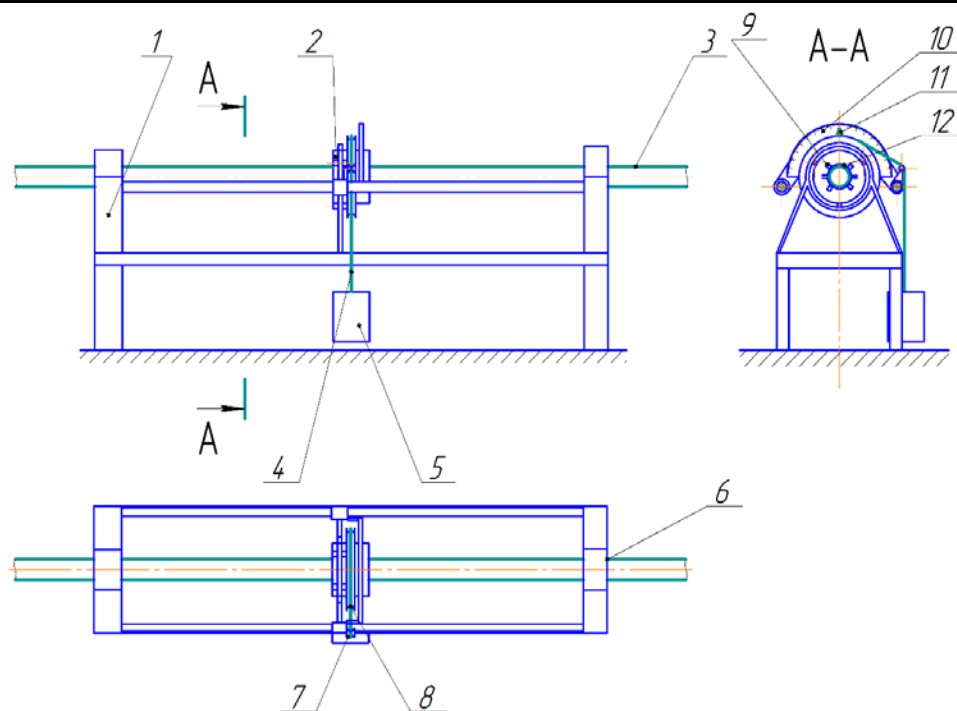


Рис. 1. Схема експериментальної установки для визначення кута закручування пожежних напірних рукавів

На рис. 2 наведено фотографії експериментальної установки під час проведення досліджень.



Рис. 2. Фотографії проведення досліджень кута закручування НПР

Оскільки в випробуваннях досліджувався вплив тільки двох факторів, то був поставлений експеримент типу  $2^2$  [15].

Для побудови полінома другого порядку використано метод, який запропоновано Г.Є. П. Боксом и К.Б. Вильсоном [16]. У роботі використано ротатбельний план другого порядку, так як він, на відміну від ортогонального, дозволяє передбачити значення функції відгуку з дисперсією [15].

Значення тиску в рукаві  $P$  варіювалося від 0,2 МПа – найменший тиск в НПР до 0,6 МПа – найбільший тиск.

Нижній рівень довжини дефекту становив  $L_{\delta} = 0$  мм, що обумовлено необхідністю простежити зміну кута закручування на новому рукаві. Максимальна довжина дефекту –  $L_{\delta} = 100$  мм.

Для проведення дослідження складено план повного двочинникового експерименту, рівні варіювання чинників якого наведено в табл. 1.

**Табл. 1. Рівні варіювання чинників**

Інтервал варіювання та рівень чинників	Тиск в рукаві	Довжина дефекту
	$P$ , МПа	$L_0$ , мм
Нульовий рівень $x_i = 0$	0,4	50
Інтервал варіювання	0,2	50
Нижній рівень $x_i = -1$	0,2	0
Верхній рівень $x_i = +1$	0,6	100
Кодове позначення	$x_1$	$x_2$

У табл. 2 наведено план-матрицю і результати експериментальних досліджень.

**Табл. 2. Результати дослідження ННР діаметром 51 мм з дефектом по основі**

№ дослідю	Планування		Результат					
	$x_1$	$x_2$	$y_1^0$	$y_2^0$	$y_3^0$	$y_4^0$	$y_5^0$	$\bar{y}_0$
1	+1	+1	78	79	81	82	80	80
2	+1	-1	71	71	74	75	76	73,4
3	-1	+1	125	127	128	128	127	127
4	-1	-1	119	120	121	120	121	120,2
5	0	0	90	92	92	93	93	92
6	+1	0	78	77	77	75	75	76,4
7	-1	0	122	123	126	125	125	124,4
8	0	+1	108	110	111	111	110	110
9	0	-1	85	86	89	89	89	87,7

Обробка результатів дослідження проводилась за допомогою програми STATISTICA 10.0.

У результаті обробки результатів дослідження отримано рівняння регресії у кодованих значеннях чинників

$$y_{51}^0 = 95,16 - 23,63x_1 + 5,95x_2 + 3,67x_1^2 + 2,12x_2^2 - 0,05x_1x_2. \quad (1)$$

Для того, щоб отримати рівняння в натуральних значеннях чинників, використані рівняння (2-3):

$$x_1 = \frac{P - x_{10}}{\Delta x_1}; \quad (2)$$

$$x_2 = \frac{L_0 - x_{20}}{\Delta x_2}, \quad (3)$$

де  $x_{1_0}$  та  $x_{2_0}$  – значення відповідного чиннику на нульовому рівні (табл. 1), а  $\Delta x_1$  та  $\Delta x_2$  – їхні інтервали варіювання за тією ж таблицею.

В результаті розрахунків отримаємо рівняння

$$y_{51}^{\circ} = 91,75P^2 + 0,00085L_{\delta}^2 - 191,3P + 0,0362L_{\delta} - 0,005P L_{\delta} + 153,17. \quad (4)$$

За допомогою програмного пакету STATISTICA 10.0 побудовано поверхню відгуку залежності зміни кута закручування напірного пожежного рукава  $\varphi$  діаметром 51 мм від довжини дефекту  $L_{\delta}$  та тиску в рукаві  $P$ .

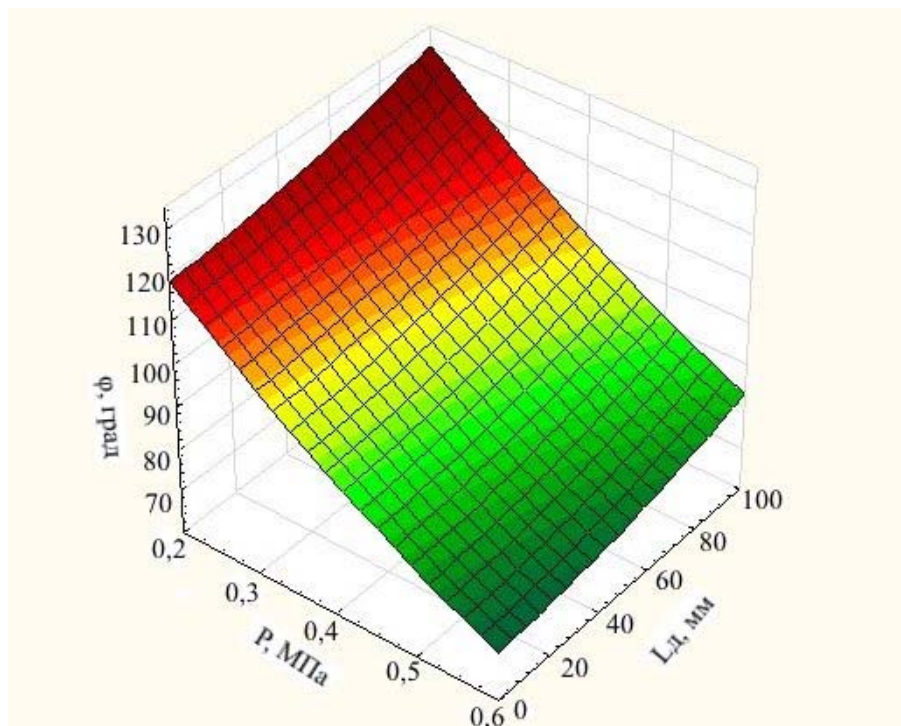


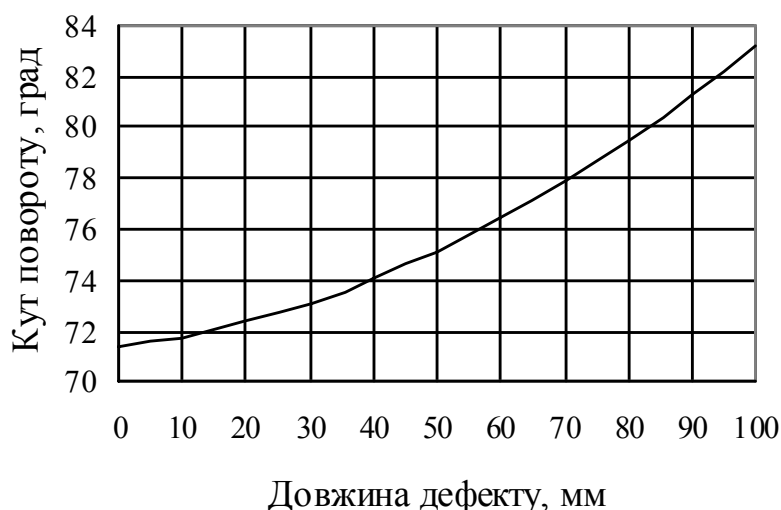
Рис. 3. Поверхня відгуку залежності (4)

Аналізуючи отриману поверхню відгуку залежності зміни кута закручування пожежного напірного рукава діаметром 51 мм від довжини дефекту та тиску в рукаві можна зробити висновок, що зміна кута закручування від названих параметрів має лінійний характер. При цьому можна бачити, що вплив довжини дефекту на кут закручування у запропонованому діапазоні не перевищує  $10^{\circ}$ .

Можна також зробити висновок, що для всіх значень тиску зміна кута закручування від довжини дефекту має однаковий характер, тому для практичного застосування доцільно використовувати для дослідження рукавів тиск  $P=0,6$  МПа, який можна вільно отримати за будь-яких умов. Ураховуючи це, можна записати

$$\varphi = 71,42 + 0,000848L_{\delta}^2 + 0,0332L_{\delta}. \quad (5)$$

Залежність кута повороту від довжини дефекту при постійному тиску  $P=0,6$  МПа, яка визначена рівнянням 5, наведена на рис. 4.



**Рис. 4.** Експериментальна залежність кута закручування рукава Ø 51 мм від довжини дефекту по основі

**Висновки.** У роботі наведено результати експериментальних досліджень з визначення кута закручування напірних пожежних рукавів з дефектом у вигляді повздовжнього розрізу. Визначено, що зміна тиску в НІР не впливає на характер зміни кута закручування рукава в залежності від довжини дефекту. В результаті досліджень отримано рівняння (5), яке можна використовувати у подальших дослідженнях та при розробці методики випробування пожежних напірних рукавів для визначення довжини дефекту.

## 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 [Електронний ресурс]: Учебник / Под. ред. М.Д. Безбородько. – 2-е изд. перераб. и дополн. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1989. – 336 с.: ил. – 95 к. – Режим доступа: [http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/book\\_158/index.html](http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/book_158/index.html).
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. – 488 с.
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. 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. – Режим доступу: [http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol36/Ppb\\_2014\\_36\\_25.pdf](http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol36/Ppb_2014_36_25.pdf).

11. 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. – Режим доступу: [http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol37/Ppb\\_2015\\_37\\_26.pdf](http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol37/Ppb_2015_37_26.pdf).

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

13. Пат. 108407 Україна, МПК (2016.01) F15B 19/00. Спосіб випробування пожежних напірних рукавів / Ларін О.М., Виноградов С.А., Назаренко С.Ю., Чернобай Г.О., Васильев С.В., Ларін О.О., Калиновський А.Я.; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № и 2016 01226, заяв. 12.02.2016; опубл. 11.07.2016, бюл. № 13.

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

15. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – К.: Техника, 1975. – 168 с.

16. Vox G.E.V. On the Experimental Attainment of Optimum Conditions / G.E.O. Vox, K.V. Wilson // Journal of the Royal Statistical Society. – Series B. – 1951, 13, №1. – P. 1-45.

*Отримано редколегією 12.03.2017*

С.Ю. Назаренко, Г.А. Чернобай, А.Н. Ларин, С.А. Виноградов

**Экспериментальное определение угла закручивания напорных пожарных рукавов, имеющей дефект**

Рассматривается методика и результаты экспериментальных исследований зависимости угла закручивания от давления и длины дефекта в напорном пожарном рукаве.

**Ключевые слова:** рукав, напорный пожарный рукав, рабочее давление, испытания, угол закручивания, дефект.

S. Nazarenko, G. Chernobay, A. Larin, S. Vinogradov

**Experimental definition of a corner of a twisting of pressure head fire hoses, faulty**

The technique and results of pilot studies of dependence of a corner of a twisting from pressure and length of defect in a pressure fire hose is considered.

**Keywords:** pressure fire hose, working pressure, tests, twisting corner, defect.