

УДК 614.84

*С. Ю. Назаренко, к.т.н., ст. викладач, НУЦЗУ,
Г. О. Чернобай, к.т.н., доцент, доц., каф., НУЦЗУ,
Р. І. Коваленко, к.т.н., ст. викладач, НУЦЗУ,
Т. Ю. Бутенко, к.т.н., с.н.с., НУЦЗУ,
В. В. Асоцький, к.психол.н., нач. відділу, НУЦЗУ*

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

(представлена д.т.н. Куценко Л. М.)

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 φ 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. У роботі [15] розглядаються результати експериментальних досліджень залежності кута закручування від тиску та довжини дефекту (по основі) в НПР типу «Т» діаметром 51 мм. Однак на сьогодні не проведено досліджень, спрямованих на визначення впливу дефекту (по утку) 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 φ 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 поперечного розрізу (по утку) верхнього армуючого каркасу товщиною $0,1 \pm 0,5$ мм.

У роботі [15] наведено опис та схема експериментальної установки, методика проведення експерименту.

На рис. 1 наведено фотографії експериментальної установки під час проведення досліджень.

Оскільки в випробуваннях досліджувався вплив тільки двох факторів, то був поставлений експеримент типу 2^2 [16].

Для побудови полінома другого порядку використано метод, який запропоновано Г.Є.П. Боксом и К.Б. Вильсоном [17]. У роботі використано ротатабельний план другого порядку, так як він, на відміну від ортогонального, дозволяє передбачити значення функції відгуку з дисперсією [16].



Рис. 1. Фотографії проведення досліджень кута закручування НПР

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 $L_0 = 0$ мм, що обумовлено необхідністю простежити зміну кута закручування на новому рукаві. Максимальна довжина дефекту – $L_0 = 100$ 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.

Обробка результатів дослідження проводилась за допомогою програми STATISTICA 10.0.

Табл. 2. Результати дослідження НПР діаметром 51 мм з дефектом по утку

№ дослідю	Планування		Результат					\bar{y}^y
	x_1	x_2	y_1^y	y_2^y	y_3^y	y_4^y	y_5^y	
1	+1	+1	84	85	86	85	85	85
2	+1	-1	71	71	74	75	76	73,4
3	-1	+1	134	135	134	136	135	134,8
4	-1	-1	119	120	121	120	121	120,2
5	0	0	99	98	102	101	100	100
6	+1	0	82	83	83	84	83	83
7	-1	0	129	129	130	130	130	129,6
8	0	+1	110	111	111	112	112	111,2
9	0	-1	85	86	89	89	89	87,7

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

$$y_{51}^y = 101,07 - 23,87x_1 + 8,28x_2 + 4,7x_1^2 - 2,15x_2^2 - 0,75x_1x_2. \quad (1)$$

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

$$x_1 = \frac{P - x_{1_0}}{\Delta x_1}; \quad (2)$$

$$x_2 = \frac{L_d - x_{2_0}}{\Delta x_2}, \quad (3)$$

де x_{1_0} та x_{2_0} – значення відповідного чиннику на нульовому рівні (таблиця 1), а Δx_1 та Δx_2 – їхні інтервали варіювання за тією ж таблицею.

В результаті розрахунків отримаємо рівняння:

$$\varphi_{51}^y = 117,5P^2 - 0,00086L_d^2 - 209,6P + 0,282L_d - 0,075PL_d + 155,68. \quad (4)$$

За допомогою програмного пакету STATISTICA 10.0 побудовано поверхню відгуку залежності зміни кута закручування напірного пожежного рукава φ діаметром 51 мм від довжини дефекту L_d та тиску в рукаві P .

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° , тому для практичного застосування доцільно використовувати тиск $P=0,6$ МПа, який можна вільно отримати за будь-яких умов. Ураховуючи це, можна записати:

$$\varphi = 72,22 - 0,00086L_d^2 + 0,237L_d. \quad (5)$$

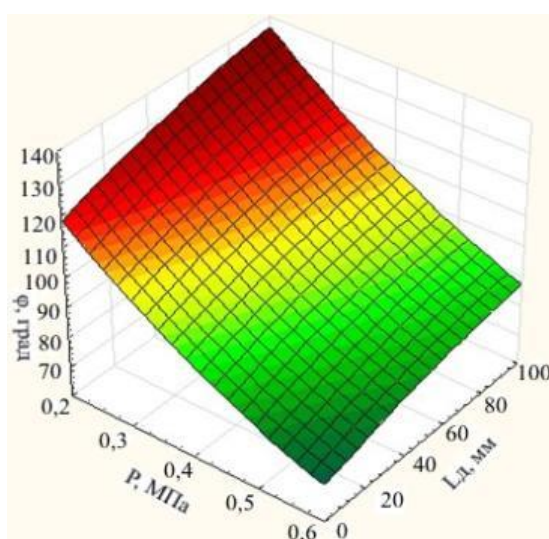


Рис. 3. Поверхня відгуку залежності (4)

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 $\varnothing 51$ мм від довжини дефекту по утку

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. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 1998. XII, С. 32. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61729
2. Пожарная техника : учебное пособие / М. Д. Безбородько и др. Москва, 1989. С. 336.
3. Иванов Е. Н. Противопожарное водоснабжение: Москва: Стройиздат, 1986. С. 315.
4. Качалов А. А., Воротынцев Ю. П., Власов А. В. Противопожарное водоснабжение: Москва: Стройиздат, 1985. С. 286.
5. Щербина Я. Я. Основы противопожарной техники: Киев, 1977. С. 234.
6. Бидерман В. Л. Механика тонкостенных конструкций: Москва: Машиностроение, 1977. С. 488.
7. Светлицкий В. А. Механика трубопроводов и шлангов: Москва: Машиностроение, 1982. С. 280.
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., Коханенко В. Б., Назаренко С. Ю. Визначення дисипативних властивостей напірного пожежного рукава. Проблеми пожежної безпеки. 2014. № 36. С. 141–149.

11. Ларін О. М., Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю. Визначення поздовжньої жорсткості рукавів з внутрішнім діаметром 51мм, якими оснащуються пожежні потяги. Збірник наукових праць ДонІЗТ. 2014. № 37. С. 151–156.

12. Ларин А. Н., Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю., Коханенко В. Б. Определение поперечной жёсткости пожарных рукавов диаметром 51 мм. Чрезвычайные ситуации: Образование и наука: международный научно-практический журнал. 2016. ТОМ 11, № 1. С. 22–26.

13. Спосіб випробування пожежних напірних рукавів: пат. 108407 Україна. № и 201601226; заявл. 12.02.2016 ; опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13. С. 4.

14. 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.

15. Ларін О. М., Чернобай Г. О., Назаренко С. Ю., Виноградов С. А. Експериментальне визначення кута закручування напірного пожежного рукава, що має дефект. Проблеми пожежної безпеки. 2017. № 41. С. 117–123.

16. Винарский М. С., Лурье М. В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях: Киев: Техника, 1975, С. 168.

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

Отримано редколегією 10.01.2020

С. Ю. Назаренко, Г. А. Чернобай, Р. И. Коваленко, Т. Ю. Бутенко, В. В. Асоцкий
Экспериментальное определение угла закручивания напорного пожарного рукава, имеющий продольный 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, R. Kovalenko T. Butenko, V. Asotskyi
Experimental determination of the twist angle of a pressure head fire hose having a longitudinal defect

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.