

УДК 624.012

*О.М. Ларін, д-р. техн. наук, проф., Г.О. Чернобай, канд. техн. наук, доц., С.Ю. Назаренко***ВИЗНАЧЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ ЖОРСТКОСТІ РУКАВІ З ВНУТРІШНІМ ДІАМЕТРОМ 51 ММ, ЯКИМИ ОСНАЩУЮТЬСЯ ПОЖЕЖНІ АВТОМОБІЛІ**

Розглядається визначення деяких механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості рукавів з внутрішнім діаметром 51 мм якими оснащенні пожежні автомобілі.

*Ключові слова:* рукав, напірний пожежний рукав, робочий тиск, випробування.

*O. Larin, Doc. of Sc. (Eng.), prof., G. Chernobay, Cand. of Sc. (Eng.), Docent, S. Nazarenko***DEFINITION LONGITUDINAL STIFFNESS SLEEVE WITH INNER DIAMETER OF 51 MM, WHICH ARE EQUIPPED WITH FIRE TRUCK**

We consider the determination of some mechanical properties, including longitudinal stiffness hoses with an inner diameter of 51 mm which equip fire trucks.

*Keywords:* sleeve, pressure fire hose, working pressure, test.

Напірні пожежні рукава є гнучкими трубопроводами, які використовуються в пожежних автомобілях 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 озброєння 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 боєздатності пожежних частин, а також економічній ефективності їх функціонування.

Конструкція пожежних рукавів, їх типорозміри і характеристики, галузі застосування, умови експлуатації та методи випробувань наведені у відповідних нормативних документах [1–2].

Аналіз літературних джерел, присвячених методам розрахунків напірних пожежних рукавів, показав, що вони здебільшого зводяться до розрахунку втрат тиску в мережі [3–8].

Результати теоретичних і експериментальних досліджень міцності силових елементів напірних пожежних рукавів, а саме армуючого каркасу, який повністю сприймає зусилля, які обумовлені наявністю гідравлічної дії внутрішнього тиску рідини усередині рукава, наведені в роботах [9–10].

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, що і було метою роботи.

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.

Для проведення відповідних робіт було використано дослідну установку ДМ – 30 М (рис. 1), яка встановлена в лабораторії кафедри прикладної механіки Національного університету цивільного захисту України.



Рисунок 1 – Дослідна машина ДМ-30М із встановленим зразком рукава



Рисунок 2 – Дослідна машина із тарировочним пристроєм

Проведення тарировки штатного динамометра дослідної установки (рис. 2) проводилось шляхом послідовного навантаження із використанням зразкового динамометра (рис. 3) і наступною побудовою відповідних характеристик та визначенням необхідних коефіцієнтів.

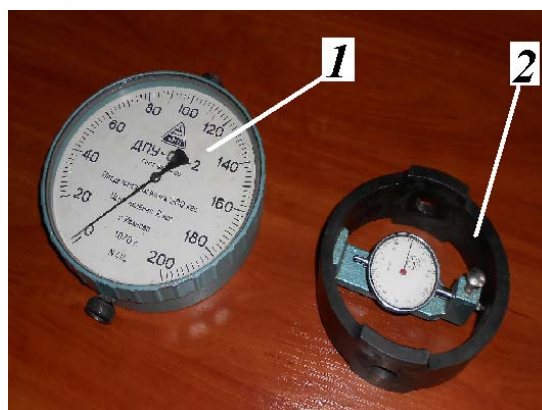


Рисунок 3 – Прилади для тарировки дослідної установки: 1 – зразковий динамометр, 2 – штатний динамометр

Дослідний зразок пожежного рукава типу «Т» діаметром 51 мм і випробувальною довжиною  $l = 160$  мм (рис. 4), було закріплено відповідними пристроями на дослідній машині і проведено цикл випробувань з його навантаження.

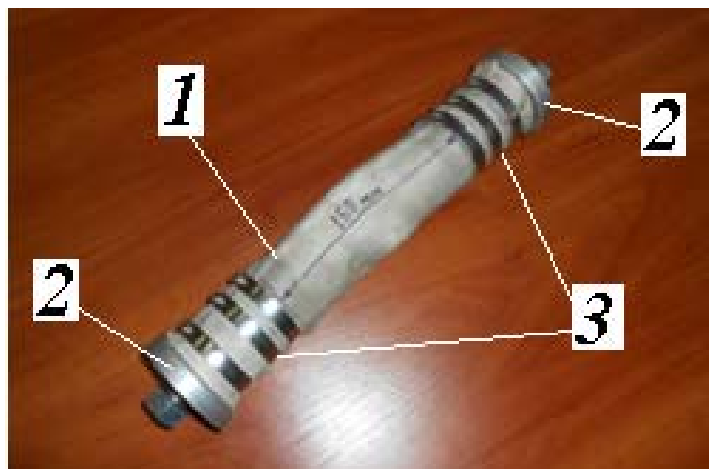


Рисунок 4 – Випробувальний зразок пожежного рукава діаметром 51 мм: 1 – фрагмент рукава, 2 – кріпильні пристрої, 3 – хомути

Навантаження проводилось з постійним кроком подовження зразка (1 мм) із фіксацією відповідного зусилля (кН).

Початковий (1) режим навантаження проводився з недеформованим фрагментом пожежного рукава з випробувальною довжиною 160 мм. Максимальна величина деформації становила  $\Delta l_1^{\max} = 20 \cdot 10^{-3}$  м, при навантаженні  $F_1^{\max} = 4,68$  кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила  $\Delta l_1^{\text{зал}} = 12 \cdot 10^{-3}$  м.

При повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві хвилини після першого, максимальна величина деформації становила  $\Delta l_2^{\max} = 8,0 \cdot 10^{-3}$  м, при навантаженні  $F_2^{\max} = 4,32$  кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила  $\Delta l_2^{\text{зал}} = 4,0 \cdot 10^{-3}$  м.

Числові параметри наступних режимів навантаження (3–5), які було проведено з аналогічними двохвилинними інтервалами, практично не відрізняються один від одного. Їх максимальна величина деформації становила  $\Delta l_{3-5}^{\max} = 8,0 \cdot 10^{-3}$  м, при навантаженні  $F_{3-5}^{\max} = 5,12$  кН. Залишкова деформація фрагменту після розвантаження була відсутня, тобто  $\Delta l_{3-5}^{\text{зал}} = 0$ .

Результати випробувань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1– Результати випробувань зразку пожежного рукава діаметром 51 мм

| Деформація, мм | Навантаження, кН |         |         |         |         |
|----------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
|                | Режим 1          | Режим 2 | Режим 3 | Режим 4 | Режим 5 |
| 0              | 0,00             | 0,00    | 0,00    | 0,00    | 0,00    |
| 1              | 0,12             | 0,71    | 0,84    | 0,72    | 0,78    |
| 2              | 0,24             | 1,44    | 1,56    | 1,44    | 1,44    |
| 3              | 0,36             | 1,91    | 2,16    | 2,04    | 2,16    |
| 4              | 0,48             | 2,40    | 2,76    | 2,64    | 2,88    |
| 5              | 0,72             | 2,92    | 3,36    | 3,36    | 3,48    |

Продовження таблиці 1.

|    |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|
| 6  | 0,91 | 3,48 | 3,96 | 3,95 | 3,96 |
| 7  | 1,08 | 3,89 | 4,43 | 4,44 | 4,44 |
| 8  | 1,32 | 4,32 | 5,11 | 5,12 | 5,12 |
| 9  | 1,56 | –    | –    | –    | –    |
| 10 | 1,80 | –    | –    | –    | –    |
| 11 | 2,04 | –    | –    | –    | –    |
| 12 | 2,28 | –    | –    | –    | –    |
| 13 | 2,52 | –    | –    | –    | –    |
| 14 | 2,88 | –    | –    | –    | –    |
| 15 | 3,12 | –    | –    | –    | –    |
| 16 | 3,41 | –    | –    | –    | –    |
| 17 | 3,60 | –    | –    | –    | –    |
| 18 | 4,08 | –    | –    | –    | –    |
| 19 | 4,32 | –    | –    | –    | –    |
| 20 | 4,68 | –    | –    | –    | –    |

Діаграми, які відповідають результатам випробувань наведені на рисунку 5:

- графік 1 відповідає початковому режиму навантаження недеформованого фрагменту пожежного рукава;
- графік 2 – режиму повторного навантаження, який проведено через дві хвилини після першого;
- графік 3–5 відповідає наступним трьом режимам навантаження, які проведені з аналогічними часовими інтервалами і практично не відрізняються один від одного за числовими параметрами.

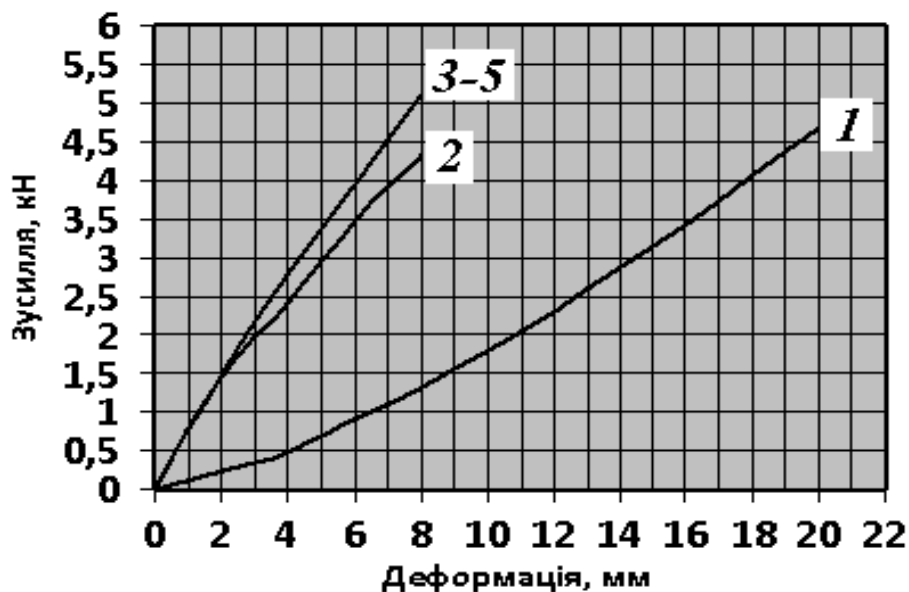


Рисунок 5 – Діаграми навантажень випробувального зразка пожежного рукава внутрішнім діаметром 51 мм.

Майже лінійна залежність між навантаженням та деформацією фрагменту пожежного рукава дозволяє визначити його усереднену жорсткість, яка становить:

$$- \text{ режим 1} \quad C_1 = \frac{F_1^{\max}}{\Delta l_1^{\max}} = \frac{4,68}{20 \cdot 10^{-3}} = 234 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$- \text{ режим 2} \quad C_2 = \frac{F_2^{\max}}{\Delta l_2^{\max}} = \frac{4,32}{8 \cdot 10^{-3}} = 540 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$- \text{ режими 3-5} \quad C_{3-5} = \frac{F_{3-5}^{\max}}{\Delta l_{3-5}^{\max}} = \frac{5,12}{8 \cdot 10^{-3}} = 640 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Для подальших досліджень доцільно визначити жорсткість ( $k$ ) пожежного рукава приведену до одиниці його довжини ( $L=1000$  мм):

$$- \text{ режим 1} \quad k_1 = \frac{C_1 \cdot \ell}{L} = \frac{234 \cdot 160}{1000} = 37,44 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$- \text{ режим 2} \quad k_2 = \frac{C_2 \cdot \ell}{L} = \frac{540 \cdot 160}{1000} = 86,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$- \text{ режими 3-5} \quad k_{3-5} = \frac{C_{3-5} \cdot \ell}{L} = \frac{640 \cdot 160}{1000} = 102,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

При регламентованому стандартом [1] робочому тиску  $P_{\text{роб}} = 1,6$  МПа, поздовжня складова сили гідравлічного тиску в пожежному рукаві із внутрішнім діаметром 51 мм становить

$$F_{\text{роб}} = P_{\text{роб}} \frac{\pi d^2}{4} = 1,6 \cdot 10^6 \frac{\pi (51 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 3,27 \text{ кН},$$

що спричиняє відносну поздовжню деформацію:

$$- \text{ режим 1} \quad \varepsilon_1 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_1 \ell} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{234 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 8,73 \text{ \%};$$

$$- \text{ режим 2} \quad \varepsilon_2 = \frac{F_{\text{роб}}}{C_2 \ell} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{540 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 3,78 \text{ \%},$$

$$- \text{ режим 3-5} \quad \varepsilon_{3-5} = \frac{F_{\text{роб}}}{C_{3-5} \ell} 100\% = \frac{3,27 \cdot 10^3}{640 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 3,19 \text{ \%}.$$

Висновки. Для наступних теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів проведено визначення механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 51 мм в умовах статичного навантаження.

При початковому навантаженні приведена до одиниці довжини ( $l$  м) жорсткість пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром  $51$  мм становить  $37,44$  кН/м, а при повторному навантаженні –  $86,4$  кН/м.

Три наступних навантаження визначили майже однакові жорсткості, усереднене значення яких становить  $102,4$  кН/м.

Експериментально визначені відносні поздовжні деформації пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром  $51$  мм становлять при початковому навантаженні  $8,73$  %, що перевищує нормативні вимоги ( $8\%$ ), при повторному –  $3,78$  %. На наступних трьох навантаженнях відносні деформації майже однакові і становлять у середньому  $3,19$  %, тобто відповідають нормативним вимогам [1].

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3810-98. Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови.
2. ГОСТ 51049-97. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытания.
3. Безбородько, М.Д. Пожарная техника /М.Д. Безбородько, П.П. Алексеев, Б.А. Максимов, Г.И. Новиков – М., 1979. – 435 с.
4. Иванов, Е.Н. Противопожарное водоснабжение / Е.Н. Иванов –М., 1986. – 315с.
5. Качалов, А.А. Противопожарное водоснабжение /А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов – М., 1985. – 286 с.
6. Добровольский, А.А. Пожарная техника /А.А. Добровольский, Ф.Ф. Переслыцких – Киев, 1981. – 239 с.
7. Щербина, Я.Я. Основы противопожарной техники /Я.Я. Щербина – Киев, 1977. – 234 с.
8. Светлицкий, В.А. Механика трубопроводов и шлангов /В.А. Светлицкий. – М.: Машиностроение, 1982. – 280 с.
9. 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.
10. 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.

