

**АНАЛІЗ ПОДАЧІ СУЦЬЛЬНОГО ВОДЯНОГО СТРУМЕНЯ З
ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ТИСКУ, ДІАМЕТРА НАСАДКИ ТА КУТА
НАХИЛУ ЛАФЕТНОГО СТВОЛА НА ДОВЖИНУ СТРУМЕНЯ**

Зміст

Вступ	
1. Теоретичний аналіз характеристик пожежного лафетного ствола.....	5
1.1 Актуальність роботи та постановка проблеми	5
1.2 Аналіз останніх досягнень, публікацій і постановка задач	5
1.3 Об'єкт досліджень	6
1.4 Мета роботи	8
2. Експериментальне дослідження подачі водяного струменя при проведенні дробово факторного експеримента	9
2.1 Методи дослідження	9
2.2. Структура та обсяг роботи.....	9
2.3 Практична значущість	10
3. Математична обробка результатів експериментальних досліджень	11
3.1 Математична обробка результатів дробово-факторного експерименту..	11
3.2 Висновки та конкретні пропозиції.....	21
Висновки	21
Список використаних джерел	22

Вступ

Постановка проблеми. Результати аналізу технічної і довідкової літератури, яка пов'язана з технічними засобами пожежогасіння, показали, що відсутні в повній мірі дані відносно технічних характеристик лафетних стволів, які стосуються довжини подачі суцільного водяного струменя в залежності від тиску рідини, діаметра насадки, кута його нахилу та висоти розміщення над поверхнею землі. Лафетні пожежні стволи головним чином використовують для локалізації і гасіння відкритих пожеж (наприклад, на відкритих складах лісоматеріалів, лісових пожеж тощо). В процесі ліквідації таких пожеж необхідно керувати подачею суцільного струменя в осередок пожежі за рахунок зміни тиску, діаметра насадки, кута нахилу ствола тощо. Тому для розв'язання цієї проблеми з точки зору керування процесом гасіння пожежі ставиться задача, яка полягає в проведенні експериментальних досліджень та отримання на підставі результатів експерименту емпіричної математичної моделі, яка б враховувала вплив на довжину суцільного струменя наведених факторів.

Мета роботи. За результатами експериментальних досліджень отримати математичну модель для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом від змінних чинників, що впливають на процес керування ним при ліквідації пожежі.

Постановка задач та їх розв'язання. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі: 1) провести експериментальні дослідження для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом від змінних чинників, що впливають на процес керування ним при ліквідації пожежі; 2) математично обробити результати експерименту і отримати математичну модель для визначення довжини подачі суцільного струменя води, який подається лафетним стволом; 3) розробити методологію керування процесом вибору довжини суцільного струменя води, який подається лафетним стволом при гасінні пожежі.

Для розв'язування першої задачі були проведені експериментальні дослідження з використанням дробовофакторного експерименту. Для проведення експериментальних досліджень використовували: 1) пожежну автоцистерну МАЗ АЦ-4-60 (5309)-505М; 2) лафетний ствол ПЛС-20П; 3) пожежні рукава для приєднання лафетного ствола до відцентрового насосу пожежної автоцистерни; 4) рулетку на 5 м; 5) кутомір для вимірювання та встановлення кута нахилу ствола відносно земної поверхні; 6) насадки для ствола $d = 25$ мм і $d = 32$ мм.

На підставі отриманих результатів експерименту була розроблена нелінійна математичну модель для визначення довжини подачі суцільного струменя води, який подається лафетним стволом. Розроблена модель враховує також вплив на довжину подачі струменя висоту розміщення лафетного ствола над поверхнею землі. Отримана математична модель для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом дала можливість розробити методику керування довжиною подачі суцільного струменя води.

Публікація за темою наукової роботи опублікована стаття в науковому збірнику «Пожежна безпека», №35, 2019. – 10 с.

1. Теоретичний аналіз характеристик пожежного лафетного ствола

1.1 Актуальність роботи та постановка проблеми.

Результати аналізу технічної і довідкової літератури, яка пов'язана з технічними засобами пожежогасіння, показали, що відсутні в повній мірі дані відносно технічних характеристик лафетних стволів, які стосуються довжини подачі суцільного водяного струменя в залежності від тиску рідини, діаметра насадки, кута його нахилу та висоти розміщення над поверхнею землі. Лафетні пожежні стволи головним чином використовують для локалізації і гасіння відкритих пожеж (наприклад, на відкритих складах лісоматеріалів, лісових пожеж тощо). В процесі ліквідації таких пожеж необхідно керувати подачею суцільного струменя в осередок пожежі за рахунок зміни тиску, діаметра насадки, кута нахилу ствола тощо. Тому для розв'язання цієї проблеми з точки зору керування процесом гасіння пожежі ставиться задача, яка полягає в проведенні експериментальних досліджень та отримання на підставі результатів експерименту емпіричної математичної моделі, яка б враховувала вплив на довжину суцільного струменя наведених факторів.

1.2 Аналіз останніх досягнень ,публікацій і постановка задач.

Перші технічні дані лафетних стволів були опубліковані в 1988 році в роботі [1]. В цій роботі вказується, що при тиску рідини 0,6 МПа та з діаметрами насадок 22...32 мм довжина суцільного струменя води знаходиться в межах 61...68 м. Стосовно лафетних комбінованих пожежних стволів можна зауважити, що згідно із ГОСТ 9029-72 при робочому тиску 0,4...0,8 МПа довжина суцільного струменя води по крайніх краплях повинна бути в межах 50...60 м. При цьому не враховується діаметр насадки, кут нахилу ствола та його висота над поверхнею землі.

Сучасні опубліковані дані, наприклад, компанією «Tital» (Україна) [2] вказують тільки на довжину подачі суцільного водяного струменя лафетним

стволом 60 м при робочому тиску 0,7 МПа. Аналогічний підхід до технічних характеристик лафетних стволів наведено в роботі інституту державного управління у сфері цивільного захисту [3]. Автори роботи вказують, що при робочому тиску 0,6 МПа довжина подачі суцільного водяного струменя знаходиться в межах 61...68 м.

Результати аналізу сучасного стану по засобам керування довжиною подачі суцільного водяного струменя лафетним стволом показали, що на цей час вони відсутні. Тому ставиться задача для розв'язання поставленої проблеми, яка полягає в проведенні експериментальних досліджень для визначення довжини подачі суцільного водяного струменя лафетним стволом від змінних чинників, що впливають на процес керування довжиною струменя з метою спрощення цього процесу.

1.3 Об'єкт досліджень ПЛС- 20П

Призначення:

Призначений для створення та направлення струменя води або повітряно-механічної піни при гасінні пожеж.

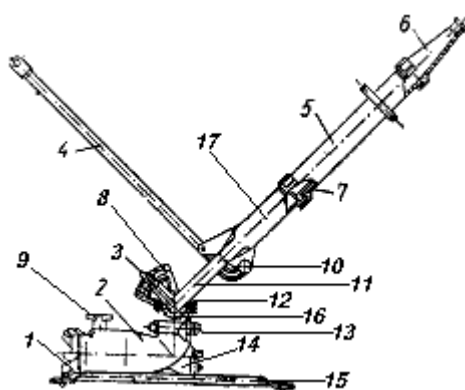
Пристрій

Складається з приймального корпусу 2, поворотного трійника 16, двухрогового розгалуження 17, труби 5, насадка 6. Приємний корпус 2 закріплюється на знімній опорі (лафеті) 15, який складається з двох симетрично вигнутих лап з шипами.

У приймальному корпусі 2 розташований зворотний шарнірний клапан, який дозволяє приєднувати і замінити рукавні лінії до напірного патрубку без припинення роботи ствола.

Приймальний корпус 2 з'єднаний з поворотним трійником 16, поворотний

трійник - з двухрожковим розгалуженням 17. Поворотні з'єднання ущільнені кільцевими гумовими манжетами. У середині корпусу 5 труби встановлений чотирьохсмуговий заспокоювач 7. Для подачі повітряно-механічної піни водяний насадок 6 на корпусі труби замінюють на повітряний-пінний.



Переносний лафетних стовбур ПЛС-20П

1-напірний патрубок; 2-приймальний корпус; 3-гвинт пристрою фіксації переміщення стовбура у вертикальній площині; 4-рукоятка управління стволом; 5-корпус труби; 6-водяний насадок; 7-заспокоювач; 8-сегмент (завзята майданчик) пристрою фіксації переміщення стовбура у вертикальній площині; 9-фіксатор на опорі для кріплення приймального корпусу; 10-фіксатор рукоятки управління стволом; 11-патрубок (ріжок) двухрожкової розгалуження; 12-хомутіві з'єднання поворотного трійника і двухрожкової розгалуження; 13-Хомутова з'єднання приймального корпусу і поворотного трійника; 14-виступ з прорізом; 15-знімна опора (лафет); 16-поворотний трійник; 17-двухрожкової розгалуження

Тип	Переносний
Робочий тиск, МПа	0.6
Разхід води, л/с	20
Середня дальність водяного струменя, м	55
Маса, кг	16.5
Середня дальність пінного струменя, м	40
Умовний прохід, мм	2x77
Можливі діаметри насадок (стандартні), мм	25,28,32

1.4 Мета роботи

отримати математичну модель для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом від змінних чинників, що впливають на процес керування ним при ліквідації пожежі.

2. Експериментальне дослідження подачі водяного струменя при проведенні дробово факторного експеримента

2.1 Методи дослідження

Для визначення довжини компактного струменя води не доцільно використовувати таку велику кількість експериментів, наведемо приклад основні фактори які враховуються це безпосередні кут нахили, діаметр насадки, тиск в насосі. А додаткові це висота встановлення лафетного ствола. Припустим що якщо змінних насадок всього 3 типи то кутів нахилу ствола та зміни подачі тиску можна поставити безліч варіантів. Тому для вирішення цієї проблеми ми проведемо дробово-факторний експеримент і в кінцеву формулу додамо коефіцієнт зміни висоти встановлення на вплив довжини струменю.

2.2 Структура та обсяг роботи

Проведення науково дослідного експерименту при рандомізації впливу факторів та максимізації їх можливих змін для встановлення максимальної різниці вихідної довжини компактного струменя в наслідок чого провести розрахунки та визначити математичну формулу, яка покаже поточну зміну довжини струменя при будь якій комбінації чинників(тиск в насосі, діаметр насадки та кут нахилу).

Складання план-матриці експерименту здійснюється таким чином: наприклад, для x_1 рівні чергують в кожному досліді, для x_2 – через два досліді, для x_3 паралельних – через чотири і т.д. План-матриця для даного прикладу буде мати вигляд приведений в табл.

Дослід	x_1	x_2	x_3
1	- 1	- 1	+ 1
2	+ 1	- 1	- 1
3	- 1	+ 1	- 1
4	+ 1	+ 1	+ 1

2.3 Практична значущість

Визначення дальності подачі водяного струменя з мінімальною похибкою та виведення теоретичної методички яка розширить уявлення про можливості даного ствола. Збільшить і доповнить детальну інформацію яка вже існує, про тактико технічні характеристики ПЛС-20 П. При виникненні пожежі, де буде необхідне застосування лафетного ствола через параметри і обсяги пожежі

3. Математична обробка результатів експериментальних досліджень

3.1 Математична обробка результатів дробово-факторного експерименту

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі: 1) провести експериментальні дослідження для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом від змінних чинників, що впливають на процес керування ним при ліквідації пожежі; 2) математично обробити результати експерименту і отримати математичну модель для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом; 3) розробити методологію керування процесом вибору довжини суцільного струменя води, який подається лафетним стволом при гасінні пожежі.

Для розв'язання **першої задачі** проводимо експериментальні дослідження з використанням дробовофакторного експерименту типу 2^{3-1} . Спочатку виконуємо кодування чинників для перекладу натуральних факторів в безрозмірні величини, щоб мати нагоду побудувати стандартну ортогональну план-матрицю експерименту. Результати кодування наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Рівні зміни факторів

Рівні чинників	Робочий тиск P , МПа		Діаметр насадки d , мм		Кут нахилу ствола α , °	
	\tilde{x}_1	$\ln \tilde{x}_1$	\tilde{x}_2	$\ln \tilde{x}_2$	\tilde{x}_3	$\ln \tilde{x}_3$
Верхній (+1)	0,6	0,51	32	3,46	40	3,69
Нульовий (0)	0,4	-	28,5	-	25	-
Нижній (-1)	0,2	-1,61	25	3,22	10	2,30

План проведення дробовофакторного експерименту наведено в табл. 2.

План дробовофакторного експерименту типу 2^{3-1}

Таблиця 2

Дослід	x_1	x_2	$x_3 = x_1 x_2$
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1

Для перетворення незалежних змінних чинників \tilde{x}_i в безрозмірні змінні скористуємося залежністю [4, 5]

$$x_i = \frac{2(\ln \tilde{x}_i - \ln \tilde{x}_{i,\max})}{\ln \tilde{x}_{i,\max} - \ln \tilde{x}_{i,\min}} + 1. \quad (1)$$

На підставі використання залежності (1), отримуємо

$$x_1 = \frac{2(\ln P - 0,51)}{0,51 - (-1,61)} + 1 = 0,94 \ln P + 0,52;$$

$$x_2 = 8,33 \ln d - 27,83;$$

$$x_3 = 1,44 \ln \alpha - 1,65.$$

Рівняння з кодовими змінними має вид

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3. \quad (2)$$

Для гарної відтворюваності результатів дослідів приймаємо *число повторних дослідів* $r = 2$. Для того, щоб внести елемент випадковості впливу цих факторів на результат експерименту, а це необхідне для обґрунтованого використання апарату математичної статистики, встановлюється випадковий порядок постановки дослідів в часі. Ця процедура називається *рандомізацією*. Для її здійснення користуються таблицями випадкових чисел, за допомогою яких виконують нібито витягання номерів з урни. В даному випадку отримали таку послідовність проведення дослідів: 2,3,1, 2,4,1,3,4. В цій послідовності кожне поєднання рівнів (номери дослідів) зустрічається двічі. Паралельні досліді, а в цьому випадку їх два ($r = 2$), передбачаються для оцінки відтворюваності процесу і проведення статистичних оцінок.

Для проведення експериментальних досліджень використовували: 1) пожежну автоцистерну МАЗ АЦ-4-60 (5309)-505М; 2) лафетний ствол ПЛС-

20П; 3) пожежні рукава для приєднання лафетного ствола до відцентрового насосу пожежної автоцистерни; 4) рулетку на 5 м; 5) кутомір для вимірювання та встановлення кута нахилу ствола відносно земної поверхні; 6) насадки для ствола $d = 25$ мм і $d = 32$ мм.

Експериментальні дослідження проводили на НСК ЛДУ БЖД. Площа для вимірювання довжини суцільного струменя була поділена червоними мітками на ділянки довжиною 5 м. Умови та результати досліджень наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Умови та результати дослідів 2^{3-1}

Дослід	x_1		x_2		x_3		Перший дослід $y_{(1)i} = L, \text{ м}$	Другий дослід $y_{(2)i} = L, \text{ м}$	Середнє значення $y_{сер, \text{ м}}$	$\ln y_{\text{під. 3}}$
	Код x_{1i}	Значення P , МПа	Код x_{2i}	Значення d , мм	Код x_3	Значення α , град				
1	-1	0,2	-1	25	+1	40	35	37	36	3,59
2	+1	0,6	-1	25	-1	10	52	54	53	3,97
3	-1	0,2	+1	32	-1	10	40	42	41	3,71
4	+1	0,6	+1	32	+1	40	63	65	64	4,16

Для розв'язання другої задачі, а саме для математичної обробки результатів експерименту і отримання математичної моделі для визначення довжини подачі суцільного струменя води, виконаємо наступне. За результатами виконаних експериментальних досліджень, які наведені в табл. 3, визначаємо значення коефіцієнтів моделі (2) з використанням залежностей.

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \ln \acute{o}_{\bar{n}\acute{a}\acute{o}.3}}{N}; \quad (3)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{1i}) \cdot \ln \acute{o}_{\bar{n}\acute{a}\acute{o}.3}}{N}; \quad (4)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{2i}) \cdot \ln \acute{o}_{\bar{n}\acute{a}\acute{o}.3}}{N}; \quad (5)$$

$$b_3 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{3i}) \cdot \ln \acute{o}_{\bar{n}\acute{a}\acute{o}.3}}{N}. \quad (6)$$

На підставі використання залежностей (3)...(6), отримуємо значення коефіцієнтів моделі (2): $b_0 = 3,97$; $b_1 = 0,21$; $b_2 = 0,08$; $b_3 = 0,018$. В цьому випадку математичну модель можна представити у вигляді

$$y = 3,97 + 0,21x_1 + 0,08x_2 + 0,018x_3. \quad (7)$$

Після цього перевіримо відтворюваність дослідів за критерієм Кохрена

$$G = \frac{S_{pi \max}^2}{S_p^2} \leq G_{(0,05; N; f_r)} = 0,9065, \quad (8)$$

де $S_{pi\max}^2$ - найбільше значення дисперсії розсіювання S_{pi}^2 ; $N = 4$ – кількість дослідів для нашого випадку; $f_r = r - 1 = 2 - 1 = 1$ – число ступенів вільності кожної оцінки; $G_{(0,05; N; f_r)}$ – табличне критичне значення критерія Кохрена.

Визначаємо дисперсію розсіювання. Для цього скористуємося допоміжною табл. 3.

Визначення дисперсії розсіювання значень

результатів експерименту S_p^2

Таблиця 3

№ дослідів	$S_{pi} = \ln y_{(1,2)i} - \ln y_{\text{н\ddot{a}д.з.}}$	S_{pi}^2
1	$S_{p1} = 3,55 - 3,59 = -0,04$	0,0016
1	$S_{p2} = 3,61 - 3,59 = 0,02$	0,0004
2	$S_{p3} = 3,95 - 3,97 = -0,02$	0,0004
2	$S_{p4} = 3,99 - 3,97 = 0,02$	0,0004

3	$S_{p5} = 3,59 - 3,71 = -0,12$	<u>0,0144</u>
3	$S_{p6} = 3,74 - 3,71 = 0,03$	0,0009
4	$S_{p7} = 4,14 - 2,16 = -0,02$	0,0004
4	$S_{p8} = 4,17 - 4,16 = 0,01$	0,0001
$S_p^2 = \sum_{i=1}^8 S_{pi}^2 = 0,0186.$		

Визначаємо критерій Кохрена за залежністю (8)

$$G = \frac{0,0144}{0,0186} = 0,0774 < 0,9065.$$

Відтворюваність процесу забезпечується.

Після цього переходимо до оцінки значущості коефіцієнтів моделі за допомогою критерія Стюдента. Коефіцієнт рахується значущим, якщо виконується нерівність з урахуванням половини довжини довірчого інтервалу

$$|b_i| \geq \Delta b_i = t_{(0,05;f)} S(b_i), \quad (9)$$

де $t_{(0,05;f)}$ – критичне значення критерія Стюдента для $f = N(r - 1)$ (в нашому випадку $f = 4(2 - 1) = 4$) та імовірність 0,05 знаходимо по таблиці; $t_{(0,05;f=4)} = 2,78$;

$$S(b_i) = \pm \sqrt{\frac{S_p^2}{Nr}} = \pm \sqrt{\frac{0,0186}{4 \cdot 2}} = \pm 0,05. \quad (10)$$

Тоді $\Delta b = 2,78 \cdot 0,05 = 0,139$. В цьому випадку значущими коефіцієнтами моделі будуть b_0 та b_1 , але члени регресії з коефіцієнтами b_2 і b_3 залишаємо. Це можна пояснити тим, що на довжину суцільного струменя, як показали результати експерименту, впливає діаметр насадки і кут нахилу лафетного ствола.

Перевірка адекватності математичної моделі за критерієм Фішера. Адекватність обґрунтована, якщо виконується нерівність

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{\epsilon}^2} \leq F_{(0,05;f_1;f_2)}, \quad (11)$$

де S_{ad}^2 - дисперсія адекватності; S_{ϵ}^2 - дисперсія відтворюваності (похибка дослід); $F_{(0,05;f_1;f_2)}$ - табличне значення критерія Фішера; $f_1 = N$; $f_2 = r - 1$;

$$S_{ad}^2 = \frac{r}{N} \sum_{i=1}^N (\ln y_{exp.i} - y_i)^2; \quad (12)$$

$$S_{\epsilon}^2 = \frac{S_p^2}{N(r-1)}; \quad (13)$$

y_i – розрахункове значення параметра за залежністю (7) після підстановки значень (-1) і (+1) у відповідності з матрицею планування дослідів (табл. 2).

Визначаємо розрахункове значення параметра

$$y_1 = 3,97 + 0,21(-1) + 0,08(-1) + 0,018(+1) = 3,67;$$

$$y_2 = 3,97 + 0,21(+1) + 0,08(-1) + 0,018(-1) = 4,05;$$

$$y_3 = 3,97 + 0,21(-1) + 0,08(+1) + 0,018(-1) = 3,8;$$

$$y_4 = 3,97 + 0,21(+1) + 0,08(+1) + 0,018(+1) = 4,25.$$

Тоді $s_{\hat{a}\hat{a}}^2$ за залежністю (12) буде

$$s_{\hat{a}\hat{a}}^2 = \frac{2}{4} [(3,59 - 3,67)^2 + (3,97 - 4,05)^2 + (3,71 - 3,8)^2 + (4,16 - 4,25)^2] = 0,0358.$$

Дисперсія відтворюваності за залежністю (13)

$$s_a^2 = \frac{0,0186}{4(2-1)} = 0,00465.$$

Критерій Фішера

$$F = \frac{0,0358}{0,00465} = 7,7 < F_{(0,05; f_1; f_2)} = 7,7086.$$

Враховуючи, що значення критерія Фішера менше допустимого значення, то отримана математична модель є адекватною результатам експерименту.

Для приведення рівняння (7) з кодованими чинниками у вигляд з натуральними змінними використаємо дані переходу від натуральних значень чинників до кодових безрозмірних з використанням залежності (1). Тоді довжина суцільного струменя L в м без урахування висоти h розміщення лафетного ствола над поверхнею землі може бути визначена за залежністю

$$y = 3,97 + 0,21(0,94 \ln P + 0,52) + 0,08(8,33 \ln d - 27,83) + 0,018(1,44 \ln \alpha - 1,65) = 1,84 + 0,19 \ln P + 0,87 \ln d + 0,03 \ln \alpha.$$

Тоді

$$\ln L = \ln e^{1,84} + \ln P^{0,19} + \ln d^{0,87} + \ln \alpha^{0,03}.$$

Після потенціювання отримаємо

$$L = 6,3P^{0,19} d^{0,87} \alpha^{0,03}. \quad (14)$$

Для врахування в залежності (14) висоти h розміщення лафетного ствола над поверхнею землі були проведені додаткові дослідження, які полягали у визначенні кута падіння суцільного струменя в кінцевій точці його траєкторії (рис. 1).



Рисунок 1. – Траєкторія польоту суцільного струменя лафетного ствола

Багаточисельні заміри кута падіння суцільного струменя в кінцевій точці його траєкторії показали, що цей кут в середньому дорівнює 60° . Тоді з урахуванням тангенса цього кута, отримуємо в кінцевому вигляді

$$L = 6,3P^{0,19}d^{0,87}\alpha^{0,03} + 0,577h. \quad (15)$$

Для розв'язання **третьої задачі**, а саме для розроблення методології керування процесом вибору довжини суцільного струменя води, який подається лафетним стволом в осередок пожежі, скористуємося залежністю (15).

- **Висновки та конкретні пропозиції:**

1. Результати експериментальних досліджень для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом від змінних чинників дали можливість уточнити технічні можливості лафетних стволів і розробити метод керування процесом подачі води при ліквідації пожежі.
2. Розроблена нелінійна математична модель для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом, адекватність якої перевірялося за критерієм Фішера.
3. Для керування процесом подачі води в залежності від необхідної відстані до осередка пожежі запропоновано покроковий метод для збільшення або зменшення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом.

Висновки:

1. Результати експериментальних досліджень для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом від змінних чинників дали можливість уточнити технічні можливості лафетних стволів і розробити метод керування процесом подачі води при ліквідації пожежі.
2. Розроблена нелінійна математична модель для визначення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом, адекватність якої перевірялося за критерієм Фішера.
3. Для керування процесом подачі води в залежності від необхідної відстані до осередка пожежі запропоновано покроковий метод для збільшення або зменшення довжини подачі суцільного струменя води лафетним стволом.

Список використаних джерел

1. Пожарная техника. Ч. 1. Пожарно-техническое оборудование. / А.Ф.Иванов, П.П. Алексеев, М.Д. Безбородько и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 408 с.
2. Технічні характеристики пожежного обладнання. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin.
3. Підручник для підготовки кваліфікованих робітників з професії 5161 «Пожежний-рятувальник». // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ru.calameo.com/read/0038513800b81a395bf46>.
4. Винарский М.С., Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – К.: Техника, 1975. – 168 с.
5. Пляскин И.И. Оптимизация технических решений в машиностроении / И.И. Пляскин. – М.: Машиностроение, 1982. – 176 с.