

ТРИВАЛІСТЬ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ НА ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Для визначення тривалості оперативного розгортання підрозділів ДСНС для ліквідації пожеж на відкритих складах лісоматеріалів були проведені експериментальні дослідження. Дослідження процесу оперативного розгортання виконувалися з використанням дробового факторного експерименту. Тривалість оперативного розгортання визначалася залежно від кількості відділень, кількості пожежних автоцистерн поставлених на пожежні гідранти, кількості пожежних автоцистерн встановлених на пожежне водоймище, кількості скаток пожежних рукавів і кількості ручних стволів. Отримана емпірична залежність адекватна результатам експерименту і може використовуватися на практиці пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС.

Ключові слова: пожежа, оперативне розгортання, пожежно-рятувальне відділення, засоби пожежогасіння.

А.М. Коваль

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАТИВНОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГСЧС ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Для определения продолжительности оперативного развертывания подразделений ГСЧС для ликвидации пожаров на открытых складах лесоматериалов были проведены экспериментальные исследования этого процесса. Исследование процесса оперативного развертывания выполнялось с использованием дробного факторного эксперимента. Продолжительность оперативного развертывания определялась в зависимости от количества отделений, количество пожарных автоцистерн поставленных на пожарные гидранты, количества пожарных автоцистерн поставленных на пожарный водоем, количества скаток пожарных рукавов и количества ручных стволов. Полученная эмпирическая зависимость адекватна результатам эксперимента и может использоваться на практике пожарно-спасательными подразделениями ГСЧС.

Ключевые слова: пожар, оперативное развертывание, пожарно-спасательное отделение, средства пожаротушения.

О.М. Koval

DURATION OF SES UNITS OPERATIONAL DEPLOYMENT DURING FIRE-FIGHTING OPERATIONS ON WOODWORKING COMPANIES

For determining the duration of SES units operational deployment during fire-fighting operations in open timber depots the experimental studies of the process were conducted. Operational deployment research was carried out using a fractional factorial experiment. The duration of operational deployment was determined according to the number of units, the number of fire vehicles set on fire hydrants, the number of fire vehicles set on fire pond, the number of booster hoses and the number of hand barrels. The resulting empirical equations are adequate to experimental results and can be used in fire-rescue practise.

Key words: fire, operational deployment, fire and rescue department, fire extinguishing means.

Постановка проблеми. Процес ліквідації пожежі на будь-якому об'єкті захисту складається з певної кількості технологічних операцій, для багатьох з яких встановлені певні нормативні часові значення їх виконання або вже розроблені математичні залежності для їх визначення. Нормативних даних щодо тривалості оперативного розгортання при ліквідації пожеж на деревообробних підприємствах в нормативних документах не встановлено. В деяких документах наведені тільки рекомендації щодо тривалості виконання оперативного розгортання пожежно-рятувальних підрозділів при ліквідації пожежі на деревообробних підприємствах. Наприклад, в роботі [1] наведено рекомендації щодо тривалості оперативного розгортання при ліквідації пожеж на відкритих складах лісоматеріалів. Відомо, що тривалість оперативного розгортання впливає на продовження процесу вільного горіння, що призводить до додаткових збитків від наслідків пожежі. Тому виникає проблема у визначенні обґрунтованої тривалості оперативного розгортання на деревообробних підприємствах.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В роботі [2] розглянуто результати експериментальних досліджень з визначення тривалості оперативного розгортання для умов міста при виникненні пожежі в багатоповерховому будинку. В процесі виконання експериментальних досліджень використовувався дробовий факторний експеримент. Отримана нелінійна залежність для визначення часу оперативного розгортання є адекватною тільки для багатоповерхових об'єктів, які експлуатуються в житловому секторі або як адміністративні споруди. Крім цього, тривалість процесу оперативного розгортання сил і засобів для ліквідації пожежі в закритих приміщеннях, і навіть в багатоповерхових, вже визначена та її значення наведені в технічній літературі [3-5]. При цьому досліджувався навіть вплив маси пожежно-технічного обладнання на час оперативного розгортання при пожежах в будинках підвищеної поверховості [6].

Але це питання практично не досліджувалося стосовно відкритих складів лісоматеріалів, де процес оперативного розгортання значно складніший і залежить від багатьох чинників: місця виникнення пожежі на кварталі складу, напряму і швидкості вітру, наявності пожежних гідрантів та водоймищ для подачі вогнегасної речовини в зону пожежі, кількості пожежної техніки, площі пожежі за тривалістю її вільного розвитку тощо. В технічній літературі питання визначення тривалості процесу оперативного розгортання сил і засобів на відкритих складах лісоматеріалу розглянуто недостатньо. Частково ці питання розглядалися в роботах [7-11]. Тому експериментальні дослідження для визначення тривалості часу оперативного розгортання на відкритих складах лісоматеріалів є актуальною задачею.

Мета роботи. Отримати на підставі результатів експериментальних досліджень емпіричну залежність для визначення часу оперативного розгортання сил і засобів пожежогасіння для ліквідації пожеж на відкритих складах лісоматеріалів.

Постановка задач та її розв'язання. Для реалізації поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

1. Вибрати технічне устаткування та вимірювальні прилади.
2. Розробити методику планування та математичної обробки результатів експериментів.

На першому етапі для дослідження часових характеристик діяльності пожежно-рятувальних служб в процесі оперативного розгортання на відкритих складах лісоматеріалів використовували таке пожежно-технічне устаткування, технічне спорядження та відповідні вимірювальні прилади: 1) автоцистерни типу АЦ40(130)63Б ДСТУ 3286-95; 2) ручні пожежні стволи типу А ДСТУ 2112-92; 3) ручні пожежні стволи типу В ДСТУ 2112-92; 4) пожежні рукави d77 довжиною скатки 20 м типу К ДСТУ 3810-98; 5) розгалуження пожежне ДСТУ 2111-92; 6) колонки пожежні h-0,5 для відкриття (закриття) підземних гідрантів ДСТУ 2801-94 (висота колонки Н 750 мм); 7) секундомір годинникового типу С ОС пр-2Б-2-000 (на 60 хв); 8) телефонні апарати типу ТАН-70-4, які використовувалися для забезпечення якісного зв'язку в пожежно-рятувальних відділеннях; 9) інструмент для визначення розмірів – рулетка 50 м ГОСТ 427-75.

Експериментальні дослідження виконувалися з використанням сил і засобів пожежогасіння ДПРЧ-12 Самбірського РВ ГУ ДСНС України в Львівській області.

На другому етапі виконуємо планування експериментальних досліджень згідно із рекомендаціями для планування експерименту в технологічних дослідженнях [12, 13].

Фактори (основні), які впливають на тривалість оперативного розгортання сил і засобів пожежогасіння:

- кількість відділень N_6 , яка бере участь в ліквідації пожежі;
- кількість пожежних машин (автоцистерн) $N_{ац з}$, яку необхідно поставити на пожежні гідранти;
- кількість пожежних машин (автоцистерн) – кількість $N_{ац в}$, яку необхідно поставити на пожежне водоймище;
- кількість скаток пожежних рукавів N_p ;
- кількість ручних пожежних стволів типу А N_A ;
- кількість ручних пожежних стволів типу В N_B .

Оперативне розгортання пожежної техніки і обладнання може виконуватися з використанням двох основних схем (рис. 1). Для проведення досліджень приймаємо дробовий факторний експеримент. Такий підхід пояснюється значною кількістю факторів (6 факторів), які впливають на аргумент при проведенні кожного із запланованих експериментальних досліджень.

Дробовий факторний експеримент позначають записом виду 2^{k-p} , де k – кількість факторів; p – кількість взаємодій в повному факторному експерименті типу 2^k , яке підлягає заміні новими (додатковими) факторами ($p = 3$).

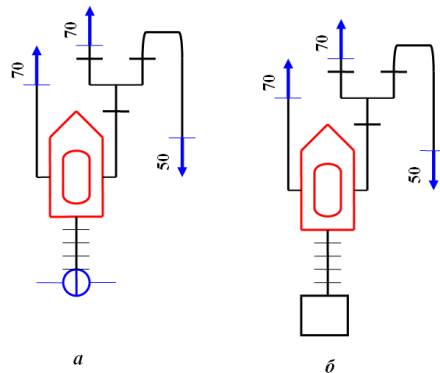


Рисунок 1 – Схеми оперативного розгортання пожежної техніки і обладнання:
а – з використанням гідранта; б – з використанням пожежного водоймища

Загальну кількість дослідів для проведення цього комплексу експериментів з оперативного розгортання можна визначити так

$$N_{роз} = 2^{6-3} = 8. \quad (1)$$

Для впевненості і гарної відтворюваності отриманих результатів дослідів їх необхідно повторити двічі, тобто кількість повторень $r = 2$.

Методика експериментальних досліджень

Кодування факторів необхідне для перекладу натуральних факторів в безрозмірні величини, щоб мати нагоду побудувати стандартну ортогональну план-матрицю експерименту. Для перекладу натуральних змінних в кодові заповнюють таблицю змінних на двох рівнях. Як нульовий рівень факторів звичайно вибирають центр інтервалу. Результати кодування факторів, які досліджуються, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Рівні зміни факторів

Рівні факторів	N_6		$N_{ац з}$		$N_{ац в}$		N_p		N_A		N_B	
	\tilde{x}_1	$\ln \tilde{x}_1$	\tilde{x}_2	$\ln \tilde{x}_2$	\tilde{x}_3	$\ln \tilde{x}_3$	\tilde{x}_4	$\ln \tilde{x}_4$	\tilde{x}_5	$\ln \tilde{x}_5$	\tilde{x}_6	$\ln \tilde{x}_6$
Верхній(+)	5	1,609	3	1,099	2	0,693	60	4,094	10	2,302	5	1,609
Нульовий(0)	4	–	2	–	1	–	40	–	6	–	4	–
Нижній(-)	3	1,099	1	0	1	0	20	2,996	2	0,693	3	1,099

Перетворюємо незалежні змінні \tilde{x}_i в безрозмірні змінні за залежністю

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

$$x_1 = \frac{2(\ln N_g - 1,609)}{1,609 - 1,099} + 1 = 3,92 \ln N_g - 5,3;$$

$$x_2 = \frac{2(\ln N_{au,z} - 1,099)}{1,099 - 0} + 1 = 1,82 \ln N_{au,z} - 1;$$

$$x_3 = \frac{2(\ln N_{au,e} - 0,693)}{0,693 - 0} + 1 = 2,89 \ln N_{au,e} - 1;$$

$$x_4 = \frac{2(\ln N_p - 4,094)}{4,094 - 2,996} + 1 = 1,82 \ln N_p - 6,41;$$

$$x_5 = \frac{2(\ln N_A - 2,302)}{2,302 - 0,693} + 1 = 1,24 \ln N_A - 1,86;$$

$$x_6 = \frac{2(\ln N_B - 1,609)}{1,609 - 1,099} + 1 = 3,92 \ln N_B - 5,3.$$

Складання план-матриці експерименту. Складаємо план-матрицю дробового факторного експерименту типу 2^{6-3} (табл. 2). Рівняння з введенням членів, які враховують взаємодію факторів, записуємо в кодових змінних

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6. \quad (3)$$

Рандомізація дослідів. Встановлюємо випадковий порядок постановки дослідів в часі. У цьому випадку отримали таку послідовність проведення дослідів: 2,4,1,4,8,6,8,5,3,5,1,3,7,2,7,6. В цій послідовності кожне поєднання рівнів (номери дослідів) зустрічаються двічі. Паралельні дослідів передбачаються для оцінки відтворюваності процесу і проведення статистичних оцінок.

Таблиця 2

План-матриця дробового факторного експерименту типу 2^{6-3}

№ дослідів	x_1	x_2	x_3	$x_4 = x_1x_2$	$x_5 = x_1x_3$	$x_6 = x_2x_3$
1	+	+	+	+	+	+
2	-	+	+	-	-	+
3	+	-	+	-	+	-
4	-	-	+	+	-	-
5	+	+	-	+	-	-
6	-	+	-	-	+	-
7	+	-	-	-	-	+
8	-	-	-	+	+	+

Реалізація плану експерименту з оперативного розгортання

В процесі виконання дослідів використовуємо план-матрицю дробового факторного експерименту типу 2^{6-3} (табл. 2), а отримані результати заносимо в табл. 3. Для реалізації плану експерименту використовували 5 відділень, 5 пожежних автоцистерн, 60 скаток рукавів, 10 стволів типу А і 5 стволів типу В. Фрагменти виконання оперативного розгортання зображені на рис. 2.



Рисунок 2 – Процес виконання експериментальних досліджень з оперативного розгортання на відкритому складі лісоматеріалів

Визначення коефіцієнтів моделі. Коефіцієнти регресії за залежністю (3) визначаємо за залежностями

Таблиця 3

Умови та результати дослідів дробового факторного експерименту типу 2^{6-3}

№	N_{σ}		$N_{\alpha\gamma}$		$N_{\alpha\delta}$		N_p		N_A		N_B		Перший дослід y_{1i}	Другий дослід y_{2i}	Середнє значення \bar{y}_i	$\ln \bar{y}_i$
	x_1	Значення	x_2	Значення	x_3	Значення	x_4	Значення	x_5	Значення	x_6	Значення				
1	+	5	+	3	+	2	+	60	+	10	+	5	7,6	8,0	7,8	2,05
2	-	3	+	3	+	2	-	20	-	2	+	5	8,5	8,1	8,3	2,12
3	+	5	-	1	+	2	-	20	+	10	-	3	5,0	5,6	5,3	1,67
4	-	3	-	1	+	2	+	60	-	2	-	3	4,8	5,0	4,9	1,59
5	+	5	+	3	-	1	+	60	-	2	-	3	6,8	6,6	6,7	1,90
6	-	3	+	3	-	1	-	20	+	10	-	3	8,4	8,2	8,3	2,12
7	+	5	-	1	-	1	-	20	-	2	+	5	4,2	4,4	4,3	1,46
8	-	3	-	1	-	1	+	60	+	10	+	5	4,6	4,8	4,7	1,55

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \ln \bar{y}_i}{N} = \frac{2,05 + 2,12 + 1,67 + 1,59 + 1,90 + 2,12 + 1,46 + 1,55}{8} = 1,8; \quad (4)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{1i}) \ln \bar{y}_i}{N} = \frac{2,05(+1) + 2,12(-1) + 1,67(+1) + 1,59(-1) + 1,90(+1) + 2,12(-1) + 1,46(+1) + 1,55(-1)}{8} = -0,037; \quad (4)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{2i}) \ln \bar{y}_i}{N} = \frac{2,05(+1) + 2,12(+1) + 1,67(-1) + 1,59(-1) + 1,90(+1) + 2,12(+1) + 1,46(-1) + 1,55(-1)}{8} = 0,24; \quad (5)$$

$$b_3 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{3i}) \ln \bar{y}_i}{N} = \frac{2,05(+1) + 2,12(+1) + 1,67(+1) + 1,59(+1) + 1,90(-1) + 2,12(-1) + 1,46(-1) + 1,55(-1)}{8} = 0,05; \quad (6)$$

$$b_4 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{4i}) \ln \bar{y}_i}{N} = \frac{2,05(+1) + 2,12(-1) + 1,67(-1) + 1,59(+1) + 1,90(+1) + 2,12(-1) + 1,46(-1) + 1,55(+1)}{8} = -0,035; \quad (7)$$

$$b_5 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{5i}) \ln \bar{y}_i}{N} = \frac{2,05(+1) + 2,12(-1) + 1,67(+1) + 1,59(-1) + 1,90(-1) + 2,12(+1) + 1,46(-1) + 1,55(+1)}{8} = 0,04; \quad (8)$$

$$b_6 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{6i}) \ln \bar{y}_i}{N} = \frac{2,05(+1) + 2,12(+1) + 1,67(-1) + 1,59(-1) + 1,90(-1) + 2,12(-1) + 1,46(+1) + 1,55(+1)}{8} = -0,013. \quad (9)$$

Перевірка відтворюваності дослідів. При однаковому числі паралельних дослідів на кожному поєднанні рівнів факторів відтворюваність процесу перевіряється за критерієм Кохрена

$$G = \frac{S_{pi \max}^2}{S_p^2} \leq G_{(0,05; f_n; f_r)}, \quad (10)$$

де $S_{pi \max}^2$ – найбільше значення з дисперсій розсіювання S_{pi}^2 (береться з третього стовпця табл. 4); S_p^2 – сума дисперсій розсіювання значень результатів експерименту; $f_n = N$ – число незалежних дослідів; $N = 8$ – кількість дослідів для нашого випадку; $f_r = r - 1 = 2 - 1 = 1$ – число ступенів вільності кожної оцінки; $G_{(0,05; f_n; f_r)}$ – табличне критичне значення критерія Кохрена [12]; $G_{(0,05; f_n; f_r)} = 0,6798$.

Визначаємо дисперсію відтворюваності. Для цього скористаємося допоміжною табл. 4, в якій спочатку визначаємо розсіювання дослідів відносно середнього значення

$$S_{pi} = \ln y_{i(1,2)} - \ln \bar{y}_i,$$

а потім дисперсію розсіювання кожного дослідів S_{pi}^2 , на підставі яких визначаємо дисперсію результатів всіх експериментів за залежністю

$$S_p^2 = \sum_{i=1}^{16} S_{pi}^2.$$

Тоді

$$G = \frac{0,0036}{0,01232} = 0,3045 < G_{(0,05; f_n; f_r)} = 0,6798,$$

тобто відтворюваність процесу забезпечується.

Оцінка значущості коефіцієнтів регресії виконується за допомогою критерія Стьюдента. Коефіцієнт вважається значущим, якщо виконується нерівність з урахуванням половини довжини довірчого інтервалу [12]

$$|b_i| \geq \Delta b_i = t_{(0,05; f)} S(b_i), \quad (11)$$

де $t_{(0,05; f)}$ – критичне значення критерія Стьюдента для $f = N(r - 1)$ (в нашому випадку $f = 8(2 - 1) = 8$) і $\alpha = 0,05$; $t_{(0,05; f)} = 2,31$; $\Delta b_i = 2,31 \cdot 0,0098 = 0,0226$.

Результати оцінки значущості коефіцієнтів регресії показали, що всі коефіцієнти крім b_6 є значущими. Але не враховувати коефіцієнт b_6 не можна, тому що він необхідний для встановлення впливу стволів N_B на тривалість оперативного розгортання. В цьому випадку залишених членів апроксимуючого полінома буде $m = 7$, а математична модель набуває виду

$$y = 1,8 - 0,037x_1 + 0,24x_2 + 0,05x_3 - 0,035x_4 + 0,04x_5 - 0,013x_6. \quad (12)$$

Визначення дисперсії розсіювання значень
результатів експерименту S_p^2

№	$S_{pi} = \ln y_{i(1,2)} - \ln \bar{y}_i$	S_{pi}^2
1	$S_{p1} = \ln y_{1(1)} - \ln \bar{y}_1$	0,0004
2	$S_{p2} = \ln y_{1(2)} - \ln \bar{y}_1$	0,0009
3	$S_{p3} = \ln y_{2(1)} - \ln \bar{y}_2$	0,0004
4	$S_{p4} = \ln y_{2(2)} - \ln \bar{y}_2$	0,0009
5	$S_{p5} = \ln y_{3(1)} - \ln \bar{y}_3$	0,0036
6	$S_{p6} = \ln y_{3(2)} - \ln \bar{y}_3$	0,0025
7	$S_{p7} = \ln y_{4(1)} - \ln \bar{y}_4$	0,0004
8	$S_{p8} = \ln y_{4(2)} - \ln \bar{y}_4$	0,00036
9	$S_{p9} = \ln y_{5(1)} - \ln \bar{y}_5$	0,0003
10	$S_{p10} = \ln y_{5(2)} - \ln \bar{y}_5$	0,0002
11	$S_{p11} = \ln y_{6(1)} - \ln \bar{y}_6$	0,00006
12	$S_{p12} = \ln y_{6(2)} - \ln \bar{y}_6$	0,0003
13	$S_{p13} = \ln y_{7(1)} - \ln \bar{y}_7$	0,0006
14	$S_{p14} = \ln y_{7(2)} - \ln \bar{y}_7$	0,0004
15	$S_{p15} = \ln y_{8(1)} - \ln \bar{y}_8$	0,0006
16	$S_{p16} = \ln y_{8(2)} - \ln \bar{y}_8$	0,0004
$S_p^2 = \sum_{i=1}^{16} S_{pi}^2$		0,01232

Перевірка адекватності моделі виконується за допомогою критерію Фішера. Адекватність обґрунтована, якщо виконується нерівність

$$F = \frac{S_{aa}^2}{S_a^2} \leq F_{(0,05;f_1;f_2)}, \quad (13)$$

де S_{aa}^2 – дисперсія адекватності; S_a^2 – дисперсія відтворюваності (похибка дослідів);

$$S_{aa}^2 = \frac{r}{N-m} \sum_{i=1}^N (\ln \bar{y}_i - y_i)^2; \quad (14)$$

$$S_a^2 = \frac{S_p^2}{N(r-1)}; \quad (15)$$

y_i – розрахункове значення параметра за залежністю (12) після підстановки значень (+1) і (-1) у відповідності з матрицею планування дослідів (табл. 3). В нашому випадку отримаємо y_1, y_2, \dots, y_8 , з використанням з табл. 3 для розрахунків значень $\ln \bar{y}_1, \ln \bar{y}_2, \dots, \ln \bar{y}_8$;

$F_{(0,05;f_1;f_2)}$ – табличне критичне значення критерія Фішера при $\alpha = 0,05; f_1 = N - m = 8 - 7 = 1; f_2 = N(r - 1) = 8(2-1) = 8; F_{(0,05;f_1;f_2)} = 5,3177$ [12].

Визначаємо дисперсію адекватності і відтворюваності відповідно за залежностями (14) і (15)

$$S_{aa}^2 = \frac{2}{8-7}[(2,05 - 2,045)^2 + (2,12 - 2,109)^2 + (1,67 - 1,661)^2 + (1,59 - 1,585)^2 + (1,90 - 1,891)^2 + (2,12 - 2,115)^2 + (1,46 - 1,695)^2 + (1,55 - 1,539)^2] = 0,1114;$$

$$S_a^2 = \frac{0,01232}{8(2-1)} = 0,00154.$$

Згідно з рекомендаціями [12, 13], у випадку, коли S_a^2 на декілька порядків менша за S_{ad}^2 , критерій Фішера визначають так

$$F = \frac{0,00154}{0,1114} = 0,014 < F_{(0,05;f_1;f_2)} = 5,3177,$$

тобто модель (12) адекватна.

Представлення рівняння з кодованими факторами у вигляді з натуральними змінними. Для приведення рівняння (12) з кодованими факторами у вигляді з натуральними змінними використовуємо залежність (2). В цьому випадку отримуємо рівняння виду, в якому замість кодових позначень x_1, x_2, \dots, x_6 проставляємо зв'язок між кодовим і натуральним виразом за залежністю (2).

Всі цифрові значення спрощуються та скорочуються, що дає змогу отримати спочатку рівняння виду

$$y = 1,8 - 0,037(3,92 \ln N_a - 5,3) + 0,24(1,82 \ln N_{ao,a} - 1) + 0,05(2,89 \ln N_{ao,a} - 1) - 0,035(1,82 \ln N_p - 6,41) + 0,04(1,24 \ln N_A - 1,86) - 0,013(3,92 \ln N_B - 5,3),$$

а потім

$$\ln \tau_{\gamma c} = e^{1,93} + \ln N_a^{-0,146} + \ln N_{ao,a}^{0,44} + \ln N_{ao,a}^{0,14} + \ln N_p^{-0,06} + \ln N_A^{0,05} + \ln N_B^{-0,05}.$$

Після потенціювання отримаємо модель для визначення часу оперативного розгортання залежно від кількості сил (відділень) та основних засобів пожежогасіння

$$\tau_{\gamma c} = 6,89 N_a^{-0,146} N_{ao,a}^{0,44} N_{ao,a}^{0,14} N_p^{-0,06} N_A^{0,05} N_B^{-0,05}. \quad (16)$$

Висновки

1. На підставі виконання дробового факторного експерименту та отриманих результатів розроблена адекватна математична модель, яка дає змогу обґрунтовано визначати час оперативного розгортання підрозділів ДСНС при ліквідації пожежі на відкритих складах лісоматеріалів. Отримана емпірична залежність для визначення часу оперативного розгортання сил і засобів для ліквідації пожежі на відкритих складах лісоматеріалів може використовуватися в підрозділах ДСНС для прогнозування часових можливостей пожежно-рятувальних підрозділів по прибутті на місце виникнення пожежі.

2. Результати аналізу математичної моделі для визначення часу оперативного розгортання показали, що для зменшення тривалості оперативного розгортання в першу чергу необхідно залучати більшу кількість пожежно-рятувальних відділень. Наприклад, зі збільшенням кількості відділень від одного до шести $\tau_{роз}$ зменшується в 1,3 раза.

3. При збільшенні встановлення на пожежні гідранти від однієї пожежної автоцистерни до чотирьох $\tau_{роз}$ збільшується приблизно в 1,88 раза.

Список літератури

1. Рекомендации по тушению пожаров на открытых складах лесоматериалов. – М.: ВНИИПО МВД России, 1995.- 76 с.
2. Гуліда Е. М. Встановлення часу оперативного розгортання пожежно-рятувальних підрозділів для ліквідації пожежі в умовах міста / Е. М. Гуліда, Д. П. Войтович // Зб. наукових праць «Проблеми пожежної безпеки». – Вип. 37. – Харків: НУЦЗ України, 2015. – С. 47-55.
3. Войтович Д. П. Підвищення ефективності функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожежі / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.02 / Д. П. Войтович – Львів: ЛДУ БЖД, 2011. – 20 с.
4. Кимстач И. Ф. Организация тушения пожаров в городах и населенных пунктах / И. Ф. Кимстач. – М: Стройиздат, 1997. – 142 с.
5. Пархоменко Р. В. Пожежна тактика / Р. В. Пархоменко, Б. В. Болібрех, Д. О. Чалий. – Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2013. – 416 с.
6. Аветісян В. Г. Вплив маси пожежно-технічного обладнання на час оперативного розгортання при пожежах в будинках підвищеної поверховості / В. Г. Аветісян, Л. М. Куценко // Зб. наукових праць «Проблеми пожежної безпеки». – Вип. 35. – Харків: НУЦЗ України, 2014. – С. 10-13.
7. Курбатский О. М. Результаты исследования тушения пожаров лесобирж / О. М. Курбатский // Вопросы пожаротушения и пожарной профилактики: Сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО, 1959. – С. 41-52.
8. Курбатский О. М. Тушение пожаров на складах лесопиломатериалов / О. М. Курбатский, И. И. Петров // Успехи пожарной науки и техники: Сб. науч. тр. – М.: Стройиздат, 1967. – С. 60-66.
9. Повзик Я. С. Пожарная тактика / Я. С. Повзик, П. П. Клюс, А. М. Матвейкин. – М.: Стройиздат, 1990. – 335 с.
10. Кимстач И. Ф. Пожарная тактика / И. Ф. Кимстач, П. П. Девлишев, Н. М. Евтюшкин. – М.: Стройиздат, 1984. – 590 с.
11. Гасіння пожеж на складах лісоматеріалів. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://asyan.org/potr/f/%D0%91%>.
12. Пляскин И. И. Оптимизация технических решений в машиностроении / И. И. Пляскин. – М.: Машиностроение, 1982. – 176 с.
13. Винарский М. С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М. С. Винарский, М. В. Лурье. – К.: Техника, 1975. – 168 с.

