

*Е.М. Гуліда, д.т.н., професор, ЛДУ БЖД,
Д.П. Войтович, к.т.н., ЛДУ БЖД*

ВСТАНОВЛЕННЯ ЧАСУ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖІ В УМОВАХ МІСТА

(представлена д-ром техн. наук Тарасенком О.А.)

Для проведення оперативного розгортання підрозділами ОРС ЦЗ необхідно в залежності від виду об'єкту знати його прогнозовану тривалість. З цією метою сплановано методику проведення експериментальних досліджень даного процесу на основі дробового факторного експерименту. За результатами експериментів отримано залежність часу оперативного розгортання залежно від кількості відділень, які беруть участь в оперативному розгортанні; від загальної кількості технічних приладів, що використовуються для подачі вогнегасячих речовин; від кількості вододжерел, що використовуються в процесі ліквідації пожежі, а також від поверху будівлі, на якому виникла пожежа.

Ключові слова: підрозділи ОРС ЦЗ, оперативні дії, оперативне розгортання, математична модель, дробовий факторний експеримент.

Постановка проблеми. Процес гасіння пожежі, що виконується підрозділами оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (далі – ОРС ЦЗ) складається з ряду оперативних дій. Частина з них являються загальними діями та виконуються на кожній із пожеж у вигляді послідовного процесу, інша частина – окремі дії, які виконуються чи не виконуються залежно від оперативної обстановки на пожежі. Виходячи із загальної позиції вимог керівних документів оперативні дії підрозділів ОРС ЦЗ повинні здійснюватись у найкоротші часові періоди та з дотриманням встановлених вимог безпеки. Якщо для певних операцій є встановлені нормативні часові значення їх виконання або існують залежності, за допомогою яких вони описуються то для проведення оперативного розгортання такі рекомендації не конкретизовані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Частково певні етапи проведення оперативного розгортання можуть бути прирівняні до виконання нормативів з пожежно-стройової підготовки [1]. Проте дані нормативи розраховані на часові норми, що передбачають участь у їх виконанні певної конкретної кількості особового складу, яка на сьогоднішній день не відповідає фактичній комплектації структурних підрозділів ОРС ЦЗ за рахунок не доукомплектування у відповідності до штатного розпису. Кількість варіантів проведення оперативного розгортання в практичній діяльності значно перевищує їх кількість у згаданих вище нормативах.

О.В. Альбоцій у своїй роботі розглядає задачу визначення функціональної залежності часу оперативного розгортання підрозділів ОРС

ЦЗ від рівня їх оперативного вишколу [2]. Вирішення цієї задачі пропонується із використанням методів теорії планування експерименту. Результатом роботи є опис методики проведення експериментальних досліджень для оцінки часу проведення оперативного розгортання, який залежить від наявного пожежно-технічного озброєння підрозділу. Чим вищий оперативний вишкіл підрозділу тим менший час, що затрачається ним для виконання оперативного розгортання. Даний параметр може використовуватись як кращий результат до якого слід прагнути у практичній діяльності, проте для використання його як індикатора допустимого часу, що може затратитись підрозділом на пожежі під час виконання оперативного розгортання без обґрунтування факторів, які впливають на даний процес, не може.

В роботі П.А. Ковальова обґрунтування нормативів оперативного розгортання здійснено на основі статистичного підходу до аналізу результатів експерименту [3]. Автор стверджує можливість більшості варіантів оперативного розгортання описати за допомогою нормального закону розподілу. Для порівняльної норми задаються оцінки імовірності виконання нормативу, що розглядається, у заданий час. Їх можна отримати шляхом розрахунку середньозважених оцінок з усіх можливих результатів. Як і у попередній праці автором не наводиться в процесі визначення нормативів обґрунтування факторів, що впливають на даний процес, а лише пропонується порівняльна норма на базі експертної оцінки.

В. Г. Аветісян, Л. М. Куценко у своїй праці [4] розглядають вплив маси пожежно-технічного обладнання на час оперативного розгортання при пожежах в будинках підвищеної поверховості, де серед значної кількості наведених факторів, які впливають на даний процес, автори виділяють лише коефіцієнти впливу маси пожежно-технічного обладнання на швидкість руху пожежного, спроможності його переміщення.

Враховуючи вищезазначене, існує необхідність в отриманні залежності для опису часу проведення оперативного розгортання підрозділами ОРС ЦЗ під час ліквідації пожеж в умовах міста із врахуванням тих факторів, що впливають на даний процес.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є отримання на основі експериментальних досліджень залежності, яка дозволить описати часові значення виконання оперативного розгортання підрозділами ОРС ЦЗ в процесі гасіння пожеж для їх польшого використання в практичній діяльності при проведенні оперативних розрахунків, контролю за виконанням дій за призначенням тощо.

Оперативне розгортання підрозділів ОРС ЦЗ в розрізі гасіння пожеж проводиться після їх прибуття до місця виклику одночасно із розвідкою. Воно поділена на три основні етапи [5]:

- *підготовка до розгортання* – включає роботи з постановки пожежно-рятувального автомобіля на вододжерело, зняття необхідного пожежно-технічного обладнання для використання у процесі гасіння пожежі, рятувальних робіт тощо, інші підготовчі заходи;

- *попереднє розгортання* – роботи на етапі підготовки до розгор-

тання, прокладання магістральних ліній із під'єднанням розгалужень, переніс та розміщення біля місця їх встановлення робочих рукавних ліній, іншого необхідного пожежно-технічного обладнання тощо;

- повне розгортання – завершується виходом ствольників на свої позиції та подачею вогнегасячої речовини у прилади гасіння.

Виконання черговості та одночасності етапів оперативного розгортання на кожній із пожеж визначається оперативною обстановкою та можливістю керівника гасіння пожежі одразу визначити вирішальний напрямок оперативних дій, позиції виходу ствольників [5].

Час оперативного розгортання є дуже важливим складовим елементом визначення загального часу вільного розвитку пожежі, від якого значною мірою залежить площа пожежі, особливо при її виникненні у містах. Тому ставиться задача дослідити цей чинник з метою його уточнення шляхом постановки дробового факторного експерименту.

Час виконання оперативного розгортання залежить від ряду факторів, основні з яких це кількість відділень $N_{в}$, що приймають участь у ньому, необхідність встановлення пожежно-рятувального автомобіля на вододжерело $N_{вд}$, кількість технічних приладів, що використовуються для подачі вогнегасячих речовин $N_{см}$ та поверх будівлі $z_{П}$ на якому виникла пожежа.

Згідно із даними форми 2/ПЖГ-1 Табелю термінових та строкових донесень з питань цивільного захисту [6] на сучасному етапі в процесі ліквідації пожеж в більшості випадків використовують технічні прилади подачі вогнегасячих речовин у вигляді води, тому для проведення експериментальних досліджень приймаємо 1-2 стволи на кожне відділення. Кількість наявних вододжерел від одного до двох. При цьому в даному випадку не враховується віддаленість вододжерела від місця виникнення пожежі. Це обумовлюється розкладом виїзду згідно якого на пожежу у житловому секторі міста висилається не менше двох пожежних автомобілів. За такої умови один пожежний автомобіль без встановлення його на вододжерело може забезпечити необхідну витрату вогнегасячих речовин на протязі часу τ [7]

$$N_{np}^2 = (S_n \cdot I_p) / q_{np} = (100 \cdot 0,10) / 3,7 = 2,7 \approx 3 \text{ ств РСК-50,}$$

де S_n – площа пожежі, наближене значення до значення максимальної площі пожежі у житловому секторі, m^2 ; I_p – розрахункова інтенсивність подачі води на гасіння, приймаємо для житлового сектору IV ступеню вогнестійкості, $л/с \cdot m^2$; q_{np} – витрата води з одного приладу гасіння, для даних умов приймаємо ствол типу РСК-50, $л/с$;

$$\tau = W_u / \sum (N_{np} \cdot q_{np}) \cdot 60 = (2360) / 3 \cdot 3,7 \cdot 60 = 2,7 \approx 3,5 \text{ хв.,}$$

де W_u – об'єм води в цистерні пожежного автомобіля, в даному випадку автомобіль з найменшим запасом вогнегасячої речовини АЦ-

40(130)63Б, л; N_{np} – кількість приладів гасіння, шт.

Середній час встановлення другого автомобіля на вододжерело [8, табл. 9.7, 16.2], яке віддалене на відстань до 500 м, не буде перевищувати даний показник, що забезпечить безперебійну подачу вогнегасячої речовини на гасіння пожежі.

Враховуючи аналіз сучасного стану ліквідації пожеж у містах приймаємо для проведення експериментальних досліджень $z_{II\max} = 5$.

Для реалізації плану досліджень та зменшення їх кількості використовуємо дробовий факторний експеримент виду 2^{4-1} , який називається півреплікою від повного факторного експерименту 2^4 , з отриманням після математичної обробки результатів досліджень нелінійної математичної моделі.

Кількість дослідів

$$N = 2^{4-1} = 8.$$

Рівні зміни факторів наведено в табл. 1, кодування факторів – табл. 2.

Табл. 1. Рівні зміни факторів

Рівні факторів	Кількість відділень		Кількість стволів		Кількість пожежних вододжерел		Кількість поверхів будівлі	
	N_{ϵ}	$\ln N_{\epsilon}$	N_{cm}	$\ln N_{cm}$	$N_{\epsilon\delta}$	$\ln N_{\epsilon\delta}$	z_{II}	$\ln z_{II}$
Нижній (-)	1	0	1	0	1	0	1	0
Нульовий (0)	2,5	-	4,5	-	1,5	-	3	-
Верхній (+)	4	1,39	8	2,08	2	0,69	5	1,61

Табл. 2. Кодування факторів

Інтервал варіювання та рівень факторів	Кількість відділень N_{ϵ}	Кількість стволів N_{cm}	Кількість пожежних вододжерел $N_{\epsilon\delta}$	Поверх будівлі z_{II}
Нульовий рівень, $x_i = 0$	2,5	4,5	1,5	3
Інтервал варіювання, δ_i	1,5	3,5	0,5	2
Нижній рівень, $x_i = -1$	1	1	1	1
Верхній рівень, $x_i = +1$	4	8	2	5
Кодове позначення	x_1	x_2	x_3	x_4

Для проведення дробового факторного експерименту типу 2^{4-1} необхідно для четвертого фактору прийняти умови змішування факторів на підставі *визначаючого контрасту*

$$1 = x_1 x_2 x_3 x_4.$$

В цьому випадку

$$x_4 = x_1 x_2 x_3,$$

що дозволяє приймати при кожному досліді рівень зміни фактору x_4 .

Перетворимо незалежні натуральні змінні N_{ϵ} , N_{cm} , $N_{\epsilon\delta}$, z_{II} в кодові безрозмірні змінні за залежностями

$$x_1 = \frac{2(\ln N_{\epsilon} - \ln N_{\epsilon \max})}{\ln N_{\epsilon \max} - \ln N_{\epsilon \min}} + 1 = \frac{2(\ln N_{\epsilon} - 1,39)}{1,39 - 0} + 1 = 1,44 \ln N_{\epsilon} - 1; \quad (1)$$

$$x_2 = \frac{2(\ln N_{cm} - \ln N_{cm \max})}{\ln N_{cm \max} - \ln N_{cm \min}} + 1 = \frac{2(\ln N_{cm} - 2,08)}{2,08 - 0} + 1 = 0,96 \ln N_{cm} - 1; \quad (2)$$

$$x_3 = \frac{2(\ln N_{\epsilon d} - \ln N_{\epsilon d \max})}{\ln N_{\epsilon d \max} - \ln N_{\epsilon d \min}} + 1 = \frac{2(\ln N_{\epsilon d} - 0,69)}{0,69 - 0} + 1 = 2,9 \ln N_{\epsilon d} - 1; \quad (3)$$

$$x_4 = \frac{2(\ln z_{\Pi} - \ln z_{\Pi \max})}{\ln z_{\Pi \max} - \ln z_{\Pi \min}} + 1 = \frac{2(\ln z_{\Pi} - 1,61)}{1,61 - 0} + 1 = 1,24 \ln z_{\Pi} - 1. \quad (4)$$

Реалізацію плану експерименту, який повторюємо двічі, заносимо в табл. 3. Для його реалізації використовувались три пожежні автоцистерни, пожежна авто драбина укомплектовані ПТО у відповідності до норм табельної належності згідно наказу ДСНС України від 29.05.2013 № 358, особовий склад чергових караулів ДПРЧ-1, ДПРЧ-3 у складі чотирьох відділень, бойовий одяг та спорядження, секундомір, умовна пожежа у житловому секторі (пр. Чорновола, 99) (рис. 1).

Табл. 3. Умови та результати дослідів

Дослід	x_1	x_2	x_3	$x_4 = x_1 x_2 x_3$	y_{i1} , хв.	y_{i2} , хв.	$y_{i \text{ сеп}} = \frac{y_{i1} + y_{i2}}{2}$, хв.	$\ln y_{i \text{ сеп}}$
1	-1	-1	-1	-1	4,2	4,5	4,35	1,47
2	+1	-1	-1	+1	6,7	6,9	6,8	1,92
3	-1	+1	-1	+1	7,8	7,9	7,85	2,06
4	+1	+1	-1	-1	5,7	5,8	5,75	1,75
5	-1	-1	+1	+1	6,7	6,5	6,6	1,89
6	+1	-1	+1	-1	5,2	5,5	5,35	1,68
7	-1	+1	+1	-1	5,1	4,9	5,0	1,6
8	+1	+1	+1	+1	9,0	9,1	9,05	2,2

Отримаємо кореляційне рівняння (модель) з кодovими значеннями факторів

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4. \quad (5)$$

Визначаємо коефіцієнти кореляційного рівняння наступним чином

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \ln y_{i \text{ сеп}}}{N} = \frac{1,47 + 1,92 + 2,06 + 1,75 + 1,89 + 1,68 + 1,6 + 2,2}{8} = 1,821; \quad (6)$$

$$b_j = N^{-1} \sum_{n=1}^N x_j \ln y_{i \text{ сеп}}, \quad j = \overline{1,4}. \quad (7)$$



Рис. 1. Процес виконання експериментальних досліджень по оперативному розгортанню особового складу в багатоповерховому будинку

В цьому випадку отримуємо кореляційне рівняння з кодовими значеннями факторів

$$y = 1,821 + 0,066x_1 + 0,081x_2 + 0,021x_3 + 0,196x_4. \quad (8)$$

Після перевірки відтворюваності дослідів за критерієм Кохрена, значущості коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента було встановлено, що отримане рівняння за критерієм Фішера адекватно результатам експерименту. Це дає підставу перейти від кодових значень факторів до натуральних. В цьому випадку маємо

$$y = 1,821 + 0,066(1,44 \ln N_g - 1) + 0,081(0,96 \ln N_{cm} - 1) + 0,021(2,9 \ln N_{\text{вод}} - 1) + 0,196(1,24 \ln z_{II} - 1). \quad (9)$$

$$y = 1,457 + 0,095 \ln N_g + 0,078 \ln N_{cm} + 0,061 \ln N_{\text{вод}} + 0,243 \ln z_{II}. \quad (10)$$

$$\ln \bar{\tau} = \ln e^{1,457} + \ln N_g^{0,095} + \ln N_{cm}^{0,078} + \ln N_{\text{вод}}^{0,061} + \ln z_{II}^{0,243}. \quad (11)$$

Після потенціювання отримаємо

$$\bar{\tau} = 4,29 N_g^{0,095} \cdot N_{cm}^{0,078} \cdot N_{\text{вод}}^{0,061} \cdot z_{II}^{0,243}. \quad (12)$$

де N_g – кількість відділень, яка бере участь в оперативному розгортанні; N_{cm} – кількість технічних приладів, що використовуються для подачі вогнегасячих речовин; $N_{\text{вод}}$ – кількість вододжерел, що використовую-

ються в процесі ліквідації пожежі (у випадку якщо вододжерела не задіяні в рівняння замість значення 0 підставляємо 1); Z_{II} – поверх будівлі, на якому виникла пожежа.

Приклад 1. Визначимо час виконання оперативного розгортання за наступних вихідних умов: кількість відділень, яка бере участь в оперативному розгортанні $N_e = 2$, кількість технічних приладів, що використовуються для подачі вогнегасячих речовин $N_{cm} = 2$, кількість вододжерел, що використовуються в процесі ліквідації пожежі $N_{\text{вд}} = 1$, поверх будівлі, на якому виникла пожежа $Z_{II} = 1$. Тоді отримаємо

$$\bar{\tau} = 4,29 \cdot 2^{0,095} \cdot 2^{0,078} \cdot 1^{0,061} \cdot 1^{0,243} = 4,84 \text{ хв.} \quad (13)$$

Приклад 2. У цьому випадку ускладнюємо вихідні умови: кількість відділень, яка бере участь в оперативному розгортанні $N_e = 4$, кількість технічних приладів, що використовуються для подачі вогнегасячих речовин $N_{cm} = 4$, кількість вододжерел, що використовуються в процесі ліквідації пожежі $N_{\text{вд}} = 2$, поверх будівлі, на якому виникла пожежа $Z_{II} = 5$. Тоді отримаємо

$$\bar{\tau} = 4,29 \cdot 4^{0,095} \cdot 4^{0,078} \cdot 2^{0,061} \cdot 5^{0,243} = 8,4 \text{ хв.} \quad (14)$$

На підставі аналізу отриманих результатів можна стверджувати, що вони не відповідають рекомендованим значення (наприклад, в роботах [7, 9]). Тому необхідно проводити подальшу роботу в цьому напрямку з метою розроблення нормативних документів за допомогою яких можливе встановлення дійсного часу оперативного розгортання.

Під час визначення часу оперативного розгортання на шостий та вищі поверхи доцільно враховувати фізичні можливості пожежного по перенесенню пожежно-технічного оснащення β та коефіцієнт затримки k_3 [4, 8]

$$\bar{\tau}' = \beta \cdot k_3 \cdot \bar{\tau}, \text{ хв.} \quad (15)$$

На підставі апроксимації досліджень у [4, 8] значення коефіцієнтів можна отримати за допомогою наступних емпіричних залежностей

$$\beta = 1,24 \exp [0,0147z_{II}]. \quad (16)$$

$$k_3 = \exp [0,0111m_{\text{ПТО}}], \quad (17)$$

де $m_{\text{ПТО}}$ – маса пожежно-технічного оснащення, яке використовується в процесі оперативного розгортання, кг.

Висновки. 1. Використана для проведення експериментальних досліджень методика дробового факторного експерименту дозволила отримати необхідну математичну модель у вигляді емпіричної залежності, яка показала повну адекватність результатам експерименту.

2. Отримана математична модель для визначення часу оперативного розгортання в процесі ліквідації пожежі для умов міста залежно від кількості відділень, які беруть участь в оперативному розгортанні; від загальної кількості технічних приладів, що використовуються для подачі вогнегасячих речовин; від кількості вододжерел, що використовуються в процесі ліквідації пожежі, а також від поверху будівлі, на якому виникла пожежа.

3. Для отримання часу оперативного розгортання на шостий та вищі поверхи необхідно додатково враховувати можливості пожежного по перенесенню пожежно-технічного оснащення β та коефіцієнт затримки k_3 .

ЛІТЕРАТУРА

1. Нормативи по пожежно-стройовій підготовці – К.: УДПО МВС України, 1995. – 14 с.

2. Альбошій О. В. Підхід до оцінювання часу бойового розгортання як функції бойового вишколу особового складу / О.В. Альбошій // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2009. – Вип. 10. – С. 23-28.

3. Ковальов П.А. Особливості обґрунтування нормативів для оперативно-рятувальних підрозділів / П.А. Ковальов // Проблемы пожарной безопасности. – 2009. – Вып. 25. – С. 111-113.

4. Аветисян В.Г. Вплив маси пожежно-технічного обладнання на час оперативного розгортання при пожежах в будинках підвищеної поверховості / В.Г. Аветисян, Л.М. Куценко // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. трудов. – Харьков, 2014. – Вып. 35. – С. 10-13.

5. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту / затверджений наказом МНС України від 13.03.2012 № 575. – К., 2012. – 152 с.

6. Табель термінових та строкових донесень з питань цивільного захисту / затверджений наказом ДСНС України від 11.10.2014 № 578. – К., 2014. – 225 с.

7. Пархоменко Р. В. Пожежна тактика : практикум [вид. 2-ге] / Р. В. Пархоменко, Б. В. Болібрех, Д. О. Чалий. – Кам'янець-Подільський: ПП „Медобори-2006”, 2013. – 416 с.

8. Тербнев В. В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В.В. Тербнев. – М.: Пожкнига, 2004. – 248 с.

9. Бут В.П. Практичний посібник з пожежної тактики: практичний посібник / В.П. Бут, Л.Б. Куціший, Б.В. Болібрух. – Львів: СПОЛОМ, – 2003. – 122 с.

Э.Н. Гулида, Д.П. Войтович

Установление времени оперативного развертывания пожарно-спасательных подразделений для ликвидации пожара в условиях города

Для проведения оперативного развертывания подразделениями ОСС ГЗ необходимо в зависимости от вида объекта знать его прогнозируемую продолжительность. С этой целью спланировано методику проведения экспериментальных исследований данного процесса на основе дробного факторного эксперимента. По результатам экспериментов получена зависимость времени оперативного развертывания в зависимости от количества отделений, участвующих в оперативном развертывании; от общего количества технических приборов, используемых для подачи огнетушащих веществ; от количества водоисточников, используемых в процессе ликвидации пожара, а также от этажа здания, на котором возник пожар.

Ключевые слова: подразделения ОСС ГЗ, оперативные действия, оперативное развертывание, математическая модель, дробный факторный эксперимент.

E. Gulida, D. Voytovych

Setting the time of rapid deployment of fire-rescue units for liquidate fire in a city

For the rapid deployment of ORS CP necessary depending on the type of object to know its projected duration. To this aim, methodology of experimental studies of the process based on a fractional factorial experiment are planned. As a result of experiments received the time dependence deploy depending on the number of branches that are involved in the operational deployment; the total number of technical devices which used for feeding extinguisher substances; on the number of water sources used during fire suppression, as well as the floor of the building where the fire have been occurred.

Keywords: ORS CP units, operational actions, rapid deployment, the mathematical model, a fractional factorial experiment.