

Е.М.Гуліда, д. т. н., проф., І.О. Мовчан, к.т.н., Д.П. Войтович
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГНОЗОВАНОГО ЧАСУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Отримані залежності для розрахунку прогнозованого часу гасіння пожежі пожежно-рятувальними підрозділами на промислових підприємствах з використанням необхідної техніки та пожежно-технічного устаткування.

Постановка проблеми. Розрахунок сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів для гасіння пожежі є одним з важливих елементів планування бойових дій, які в першу чергу впливають на тривалість ліквідації пожежі. Для розроблення, наприклад, оперативного плану пожежегасіння необхідно орієнтуватися на середньостатистичне значення часу гасіння пожежі. В довідковій літературі наведено орієнтовні значення тривалості гасіння пожежі на певних об'єктах. Але ці данні не охоплюють всі можливі об'єкти, особливо промислових підприємств, і не дозволяють з достатньою точністю визначити всі необхідні чинники для визначення сил і засобів гасіння пожежі. Тому найбільш доцільним є встановлення залежностей для визначення прогнозованого часу гасіння пожежі на промислових підприємствах.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Відповідно до [1, 2] тривалість реальної пожежі може коливатися в значних межах, проте в більшості випадків вона не перевищує 2-3 години. На промислових підприємствах тривалість ліквідації пожежі знаходиться в межах 2-3 години і більше. В нормативних документах з протипожежного водопостачання розрахункову тривалість гасіння пожежі приймають 3 години [3], на підставі чого визначають запаси вогнегасних засобів. Тривалість гасіння пожежі, впливає на економічні та оперативно-тактичні заходи та потребує науково-практичного обґрунтування.

Тривалість гасіння пожежі залежить від багатьох чинників, сукупність яких не дозволяє передбачити значення цієї величини в кожному випадку. Проте, на основі досліджень великої кількості ліквідованих пожеж можна встановити вірогідну оцінку тривалості її гасіння. При цьому доцільно окремо досліджувати різні типи та класи пожеж.

Тривалість гасіння пожеж розглядають як нерозривну випадкову величину τ_r , що описується відповідною функцією розподілу [3]

$$F(\tau) = P\{\tau_r < \tau\}, \quad (1)$$

де $P\{\tau_r < \tau\}$ – імовірність того, що тривалість гасіння пожежі буде меншою деякого значення τ .

Результати статистичних досліджень [4] показують, що тривалість гасіння пожежі τ_r , описується за допомогою розподілу Ерланга [5], для нульового порядку якого застосовують експоненціальний закон розподілу

$$F(\tau) = P\{0 \leq \tau_r < \tau\} = \int_0^{\tau} \mu e^{-\mu\tau} d\tau = 1 - e^{-\mu\tau}, \quad (2)$$

де $\mu = 1/\tau_{\text{сер}}$; $\tau_{\text{сер}}$ - середньостатистичне значення тривалості ліквідації пожежі.

Для нормування тривалості гасіння пожежі рекомендують [4, 6] розглядати імовірність протилежної випадкової події $P\{\tau_r \geq \tau\}$, тобто імовірність того, що τ_r буде не меншим деякого значення τ . З урахуванням імовірності ризику ε прогнозована тривалість гасіння пожеж виходить за межі нормативного значення t_n , яке наведено в довідковій літературі [3, 7, 8, 9, 10]. В зазначених джерелах не наведено залежностей для визначення прогнозованого часу гасіння пожежі в залежності від її класу. Тому ставиться задача отримати та науково обґрунтувати залежність для визначення прогнозованого часу гасіння пожежі.

Постановка задачі та її розв'язання. Мета роботи – отримати залежності для визначення прогнозованого часу гасіння пожежі на промислових підприємствах на підставі основних положень стосовно розрахунку сил і засобів, щодо планування бойових дій пожежно-рятувальних підрозділів.

Отримання залежності для визначення часу, який витрачається пожежно-рятувальним підрозділом безпосередньо на операцію гасіння для пожеж класу А (в якості вогнегасного засобу використовується вода).

Для отримання залежності, за допомогою якої можна розрахувати прогнозований час гасіння пожежі на промислових підприємствах, необхідно на *першому етапі* визначити питомий розхід вогнегасної рідини ($\text{л}/\text{м}^2$), який би забезпечував повну її локалізацію. Згідно даних УкрНДПБ МНС України середньостатистична тривалість локалізації пожежі на промислових підприємствах України дорівнює $\tau_d = 39$ хв. Виходячи зі значення середньостатистичної тривалості локалізації пожежі, визначимо питомий розхід вогнегасної речовини на 1 м^2 площі гасіння S_r . Згідно рекомендації [3] для гасіння пожеж на промислових підприємствах використовують в більшості випадків стволи А, а для захисту – стволи Б.

Приймаємо інтенсивність подавання вогнегасного засобу для га-

сіння $I_{\Gamma}=0,2 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$, а для захисту – $I_3=0,05 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ [3]. Результати теоретичних досліджень які були виконані авторами, показали, що площа захисту приблизно у 2...2,2 рази більша площі гасіння, що було прийнято в розрахунках для визначення загальної витрати вогнегасної речовини. Фактичний розхід вогнегасної речовини визначали згідно рекомендацій [3] за залежністю

$$Q_{\phi} = 3,7(2N_A + N_B), \text{ л/с} \quad (3)$$

де N_A, N_B – кількість стволів А і Б відповідно, яку визначали з заокругленням до цілого числа в більшу сторону, прийнявши за основу витрати вогнегасної речовини для стволів А і Б відповідно 7,4 та 3,7 л/с. Тоді

$$N_A = \frac{S_{\Gamma} \cdot I_{\Gamma}}{7,4}, \text{ шт}; \quad N_B = \frac{S_3 \cdot I_3}{3,7}, \text{ шт.} \quad (4)$$

Загальну витрату вогнегасної речовини з урахуванням часу $\tau_{\text{л}}$ визначаємо за залежністю

$$W = Q_{\phi} \cdot t_{\text{л}} \cdot 60, \text{ л.} \quad (5)$$

Тоді питому витрату вогнегасної речовини Q_{Π} можна визначити за залежністю

$$Q_{\Pi} = \frac{W}{S_{\Gamma}}, \text{ л/м}^2 \quad (6)$$

Результати розрахунків для визначення Q_{Π} в залежності від S_{Γ} в ежах від 50 до 800м² зображенні на рис.1. Графічна залежність 1 побудована з використанням формули (6), а графічна залежність 2 на підставі апроксимації графічної залежності 1 з використанням трендової степеневної моделі пакету прикладних програм Microsoft Excel.

На підставі апроксимації отримуємо рівняння для визначення питомої витрати вогнегасної речовини Q_{Π} виду $y=1418,4x^{-0,1071}$ в залежності від площі гасіння S_{Γ} , тобто

$$Q_{\Pi} = 1418,4S_{\Gamma}^{-0,1071}, \text{ л/м}^2 \quad (7)$$

На *другому етапі* визначаємо загальну витрату вогнегасної речовини на локалізацію пожежі

$$W = Q_{\Pi} \cdot S_{\Gamma} = 1418,4S_{\Gamma}^{-0,1071} \cdot S_{\Gamma} = 1418,4 \cdot S_{\Gamma}^{0,893}, \text{ л.} \quad (8)$$

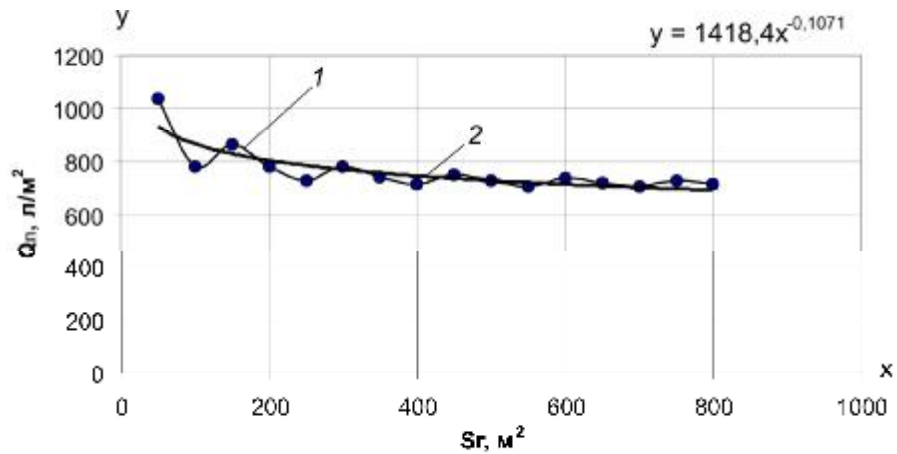


Рис.1. Залежність питомої витрати вогнегасної речовини від площі гасіння.

На *третьому етапі* визначаємо час локалізації пожежі з використанням залежностей (3) та (5)

$$\tau_{\text{л}} = \frac{W}{Q_{\text{ф}} \cdot 60} = \frac{1418,4 \cdot S_{\Gamma}^{0,893}}{3,7(2N_{\text{А}} + N_{\text{Б}}) \cdot 60} = \frac{6,39 \cdot S_{\Gamma}^{0,893}}{2N_{\text{А}} + N_{\text{Б}}}, \text{ хв.} \quad (9)$$

На *четвертому етапі* визначаємо прогнозований час гасіння пожежі

$$\tau_{\Gamma} = \frac{6,39 \cdot S_{\Gamma}^{0,893}}{2N_{\text{А}} + N_{\text{Б}}} \cdot K_{\Pi}, \text{ хв.} \quad (10)$$

де $K_{\Pi} = S_{\Pi}/S_{\Gamma}$ – коефіцієнт, який враховує прогнозований час гасіння пожежі.

Крім цього, враховуємо інтенсивність подачі вогнегасної речовини введенням поправочного коефіцієнта $K_{\text{І}}$ та коефіцієнта $K_{\text{д}}$, який враховує використання відповідного діаметра насадки на стволах А. З урахуванням цих коефіцієнтів залежність для визначення прогнозованого часу гасіння набуває наступного вигляду

$$\tau_{\Gamma} = \frac{6,39 \cdot S_{\Gamma}^{0,893}}{2N_{\text{А}} + N_{\text{Б}}} \cdot K_{\Pi} \cdot K_{\text{І}} \cdot K_{\text{д}}, \text{ хв.} \quad (11)$$

Значення коефіцієнтів $K_{\text{І}}$ та $K_{\text{д}}$ отримано на підставі багаточисельних розрахунків для визначення фактичної витрати вогнегасної рідини в процесі визначення часу локалізації пожежі. Значення цих коефіцієнтів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів K_I та K_d

Інтенсивність подачі вогнегасної речовини							Діаметра насадки на стволах А					
$I, \text{л/с} \cdot \text{м}^2$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	$d, \text{мм}$	19	25	28	32	38
K_I	1,32	1,16	1,0	0,88	0,7	0,58	K_d	1,0	0,85	0,75	0,67	0,5

Для перевірки точності прогнозування тривалості гасіння пожежі, що визначається за залежністю (11), було виконано порівняння дійсного часу ліквідації пожежі з розрахунковим за залежністю (11). Була розглянута пожежа, яка виникла на підприємстві ТЗОВ «Львівдрев» 25 березня 2008 року (м. Львів, вул. Городоцька 172) [11]. Місце виникнення – склад готової продукції; форма пожежі – кутова 180° : Розміри приміщення дозволяли ввести стволи для гасіння по фронту: На гасіння пожежі було подано 2 ствола А з діаметром насадок 28мм та 1 ствол Б. 19год 46хв – введення перших стволів; 20год 38хв – локалізація пожежі; 21год 31хв – пожежа ліквідована. Площа пожежі $S_{\Pi} = 169\text{м}^2$.

Для розрахунку прогнозованого часу ліквідації пожежі за залежністю (11) визначимо наступні данні: виходячи з форми пожежі (кутова 180°) розраховуємо радіус пожежі R

$$R = \sqrt{\frac{2S_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 169}{3,14}} = 10,4 \text{ м};$$

площа гасіння в цьому випадку буде

$$S_{\Gamma} = 0,5\pi[R^2 - (R - h)^2] = 0,5 \cdot 3,14[10,4^2 - (10,4 - 5)^2] = 123,2 \text{ м}^2;$$

з урахуванням інтенсивності подачі вогнегасної рідини та діаметру насадок згідно із табл.1 $K_I = 1$; $K_d = 0,75$, а коефіцієнт $K_{\Pi} = S_{\Pi}/S_{\Gamma} = 169/123,2 = 1,37$.

Тоді час локалізації пожежі буде

$$\tau_{\text{л}} = \frac{6,39 \cdot S_{\Gamma}^{0,893}}{2N_A + N_B} \cdot K_I \cdot K_d = \frac{6,39 \cdot 123,2^{0,893}}{2 \cdot 2 + 1} \cdot 1 \cdot 0,75 = 70,5 \text{ хв};$$

Прогнозований час ліквідації пожежі буде

$$\tau_{\Gamma} = \tau_{\text{л}} K_{\Pi} = 70,5 \cdot 1,37 = 96,7 \text{ хв}.$$

Виходячи з аналізу результатів ліквідації пожежі можна констатувати наступне: дійсний час локалізації пожежі $\tau_{\text{л}} = 52\text{хв}$; загальний час ліквідації пожежі 105хв. За залежністю (11) прогнозований час ло-

калізації пожежі $\tau_{\text{л}} = 70,5 \text{ хв}$, а прогнозований час ліквідації пожежі $96,7 \text{ хв}$. Результати проведених досліджень зображені на рис.2, на якому графічна залежність 1 показує дійсний час локалізації та ліквідації пожежі, а графічна залежність 2 – прогнозований розрахунковий час локалізації та ліквідації пожежі. Відносна похибка прогнозованого часу ліквідації пожежі у порівнянні з дійсним часом складає 7,9%. Багаточисельні порівняльні розрахунки показали, що відносна похибка прогнозованого часу ліквідації пожежі у порівнянні з дійсним часом не перевищує 10%.

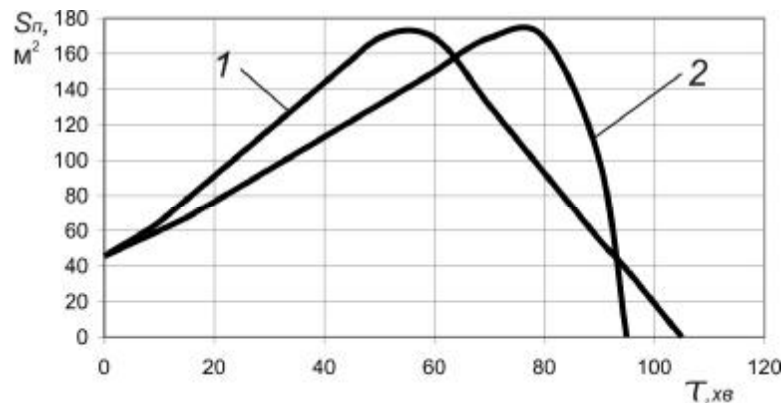


Рис.2. Графічна залежність розвитку та ліквідації пожежі.

Встановлення залежності для визначення часу, який витрачається пожежно-рятувальним підрозділом безпосередньо на операцію гасіння пожеж класу В (в якості вогнегасного засобу використовується піна).

Аналогічно методу, який був наведений вище, для визначення прогнозованого часу гасіння пожеж класу В була отримана наступна залежність

$$\tau_{\Gamma} = \frac{0,42 \cdot S_{\Gamma}^{0,9233}}{N_{\Gamma\text{ПС}}} \cdot K_{\Pi} \cdot K_{\text{Ір}} \cdot K_{\Gamma\text{ПС}}, \text{ хв.} \quad (12)$$

де S_{Γ} — площа гасіння, м^2 ; $N_{\Gamma\text{ПС}}$ — кількість стволів ГПС; де $K_{\Pi} = S_{\Pi}/S_{\Gamma}$ — коефіцієнт, який враховує прогнозований час гасіння пожежі, $K_{\text{Ір}}$ — коефіцієнт, який враховує інтенсивність подачі 6% розчину при гасінні пожеж повітряно-механічною піною; $K_{\Gamma\text{ПС}}$ — коефіцієнт, який враховує використання відповідного типу ствола ГПС. Значення коефіцієнтів $K_{\text{І}}$ та $K_{\Gamma\text{ПС}}$ наведені в табл.2.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів $K_{\text{Ір}}$ та $K_{\Gamma\text{ПС}}$

Інтенсивність подачі 6% розчину повітряно механічної піни							Тип ствола ГПС			
$I, \text{л/с} \cdot \text{м}^2$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,35	тип	ГПС 200	ГПС 600	ГПС 2000
$K_{\text{Ір}}$	3,0	1,52	1,0	0,75	0,60	0,43	$K_{\Gamma\text{ПС}}$	2,7	1,0	0,33

Порівняльний аналіз розрахункових результатів з дійсними показав, що відносна похибка τ_T за залежністю (12) по відношенню до дійсного τ_T не перевищує 12,3%.

Висновки

1. Отримано залежності, які дозволяють визначати прогнозований час гасіння пожеж класу А і В на промислових підприємствах.
2. Залежність для визначення прогнозованого часу ліквідації пожеж на промислових підприємствах дозволяють розробляти теоретично обґрунтовані оперативні плани пожежегасіння та здійснювати контроль по виконанню бойових дій, та підставою для визначення нормативного часу ліквідації пожеж.
3. Отримані залежності для визначення прогнозованого часу гасіння пожежі можуть в подальшому вдосконалюватися на підставі результатів статистики по ліквідації пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баратов А.Н., Пчелинцев В.А. Пожарная безопасность. – М.: Изд. Ассоциации троит. вузов, 1997. –171 с.
2. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. – М.: Изд. ВПТШ МВД СССР, 1980. –255 с.
3. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. - М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.
4. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы. – М: Стройиздат, 1981. – 96 с.
5. Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Изд. „Пожнаука”, 2000. – 482с.
6. Брушлинский Н.Н., Микеев А.К., Бозуков Г.С. и др. Совершенствование организации и управления пожарной охраны. / Под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1986. – 152с.
7. Бут В.П., Куцций Л. Б., Болібрух Б.В. Практичний посібник з пожежної тактики. – Л.: СПОЛОМ, 2003. – 122 с.
8. Повзик Я.С., Ключ П.П., Матвейкин А.М. Пожарная тактика. - М.:Стройиздат, 1990.-334с.
9. Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовий А.С., та ін. Пожежна тактика. – Харків.: Основа, 1998. – 592 с.
10. Кимстач И.Ф., Девлишев П.П., Евтюшкин Н.М. Пожарная тактика. - М., Стройиздат 1994. – 590 с.
11. Журнал опису пожеж Залізничного районного відділу м. Львова ГУ МНС України у Львівській обл. Початок ведення журналу 20 лютого 2008 року.