

## ЛІТЕРАТУРА

1. Макаренко В.Л., Жукова Н.Е., Карягина Н.В. Исследование ПАВ для охлаждения продуктов сгорания генератора инертных газов. В кн.: Физико-химические основы применения поверхностно активных веществ: Тез. докладов республ. конф. ДонГУ, 1981, С.112.
2. Первушин Ю.В. Устойчивость пен и анализ экспериментальных возможностей ее исследования. Журнал прикладной химии, Л.: Наука, 1978, С.856-860.
3. Файнерман В.Б., Погарский В.К., Левитасов Я.М., Лылык С.В. Исследование процесса генерирования пены. Журнал прикладной химии, т.15, № 7, 1982, С.1550-1655.
4. Перцов А.В., Борачук В.Ф., Чистяков Б.Е., Щукин Е.Д. Испарение дисперсионной среды и устойчивость пен. Доклады академии наук СССР, 1980, т. 250, № 4, С.906-909.
5. Чарков В.П., Шецер Г.М. Исследование реологических свойств воздушно-механической пены. В сб.: Горючесть веществ и химические средства пожаротушения. М.: ВНИИПО, 1979, вып. 6, С. 26 – 29.
6. Кругляков П.М. Определение устойчивости пены по увеличению концентрации раствора ПАВ, вытекающего из нее, Коллоидный журнал, 1982, 44, № 2, С.348-351.
7. Каин К.Б. Исследование вытекания жидкости из пен (синерезис). В кн.: Пены, их получение и применение (Тез. докладов II-й Всесоюзной конференц.), Шебекино, 1979, С.34-36.
8. Гришин Н.В., Мутрисков А.Я., Маминов О.В. О структуре динамической пены в присутствии поверхностно-активных веществ в жидкой фазе / Журнал прикладной химии, 1976, т. 49, вып. 11, С. 2546 – 2547.
9. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия, 1983, 262 с.
10. Макаренко В.Л., Горб В.Ю., Карягина Н.В. Пенное охлаждение парогазоводяной смеси в генераторах инертного газа / Методы и средства ведения горноспасательных работ: Сб. науч. трудов // ВНИИГД, 1980, С. 46 - 50.
11. Первушин Ю.А. Определение нижнего и верхнего температурного предела газа для устойчивого пенообразования на сетках. – В сб.: Горноспасательное дело, 1976, № 12, С. 13-14.

УДК 614.84

*Б.В.Болібрух, к.т.н., Т.В.Окрепкий., А.І.Шурин  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### **ВПЛИВ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПОРЯДЖЕННЯ РЯТУВАЛЬНИКА НА ТАКТИКУ ВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ**

В даній роботі пропонується ввести зміни в план пожежогасіння щодо порядку розробки оперативних документів, в поданні інформації про горюче навантаження, можливу густину теплового потоку та інших небезпечних фізико-хімічних параметрів. Завдяки чому можемо визначити на момент прибуття першого підрозділу необхідний вид захисного одягу пожежника відповідного рівня, що буде мати безпосередній вплив на ефективність проведення аварійно-рятувальних робіт під час гасіння пожежі.

Забезпечення безпечних умов роботи рятувальників є пріоритетною тактичною задачею, рішення якої сприяє підвищенню ефективності діяльності підрозділів оперативно-

рятувальної служби цивільного захисту під час ліквідації надзвичайної ситуації. Пожежа - багатогранний комплекс фізико-хімічних і теплофізичних процесів, являє собою джерело значної кількості небезпечних факторів, до яких відносяться теплові потоки, продукти горіння, підвищення температури, задимлення та інші [5, 6]. При пожежі може мати місце руйнування будівельної конструкції і технологічного обладнання, супроводжується виникненням потужних електромагнітних та іонізуючих випромінювань [2]. Небезпечні фактори пожежі по можливості повинні бути враховані як на стадії розробки планів пожежогасіння, так і при прийнятті оперативних рішень залежно від обстановки, що склалась на пожежі.

На сьогодні всім відомо, що якість проведення аварійно-рятувальних робіт залежить не тільки від професійного рівня підготовки спеціалістів, але і від забезпеченості його необхідним спорядженням і обладнанням.

Враховуючи значний спектр завдань, які стоять перед оперативно-рятувальними службами цивільного захисту та відповідно виконання окремих завдань, кожний підрозділ та рятувальник зокрема повинні вміти прогнозувати свої тактичні можливості [1]. На нашу думку тактичні можливості підрозділу значною мірою залежать від надійності захисту особового складу – чим вищий рівень захисту та забезпеченість спорядженням, тим вищий рівень тактичних можливостей.

При подачі вогнегасних засобів в зону горіння ствольщики в більшості випадків повинні працювати на мінімальних відстанях від зони горіння, безпосередньо відчуваючи вплив інтенсивності теплового випромінювання на собі. За статистикою до 25% випадків загибелі людей на пожежі трапляється від теплової дії. Тому для запобігання перегрівання і теплових ударів необхідно дотримуватися безпечних періодів роботи особового складу.

Розглядаючи тактичні можливості підрозділів під час гасіння пожеж, в першу чергу повинно братись до уваги наявність небезпечних факторів пожежі та вплив теплового випромінювання і високотемпературних факторів на захисний одяг рятувальника (див.рис.1).

Кожного року NFPA-(НАЦІОНАЛЬНА СПІЛКА ЗАХИСТУ ВІД ПОЖЕЖ) в США публікує дані які описують уточнені деталі загибелі пожежників. Згідно з цим звітом, наприклад в 2001 році загинуло 99 пожежників, що є найбільшими втратами серед пожежників в історії США [9]. В звіті NFPA наводить наступні цифри: смерть від серцевого нападу – 40%, внутрішні пошкодження – 27%, асфіксія – 15%, інші – 7%, від вогню – 4%, від обвалів – 3%. Більшість із них - це серцеві напади з тепловим ударом.

В зв'язку з цим проблеми забезпечення безпеки рятувальників і підвищення ефективності пожежогасіння постійно досліджуються.

Так в Австралії проведено дослідження гасіння пожеж з використанням ручних зусиль в зоні теплової дії і результати засвідчують, що встановлена густина теплового потоку сягає 3280 кВт/м по фронту пожежі.

Температура в зоні робіт пожежників незалежно від швидкості вітру може бути підвищена не більше ніж на 3° С. Густина теплового випромінювання сягала 1,6 кВт/м<sup>2</sup>, що незначно перевищує умови сонячного опромінення і пояснюється тим, що пожежники працювали на значній відстані від полум'я і при випромінюванні > 2 кВт/м<sup>2</sup> з'являється боліве відчуття, від дії теплового потоку на відкриті ділянки шкіри [9].

Обмінне теплове навантаження досягає 480 Вт., що визначається дією пожежі і захисними параметрами одягу. Повне теплове навантаження дорівнює 688 - 488 Вт., плюс внутрішньообмінна сила від фізичного навантаження 200 Вт., від дії опромінення пожежею. Якщо це тепло не відводиться, то температура тіла підвищується на 1° С через кожні 6 хвилин, що призведе до теплового удару через 30 хвилин [9].

Цей показник суттєво впливає на тактику ведення дій з гасіння пожежі, розрахунок та залучення необхідної кількості особового складу підрозділів оперативно рятувальних служб цивільного захисту. Особовий склад підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного

захисту, виконуючи завдання за функціональними призначеннями, постійно перебуває в зоні дії небезпечних факторів [1, 7]. Враховуючи специфіку проведення аварійно-рятувальних робіт, спеціальний одяг повинен захищати від високих температур та інших небезпечних факторів для нормального функціонування організму людини [7].



*Рис. 1. Перелік температурних факторів та агресивних реагентів, що впливають на захисний одяг пожежника при ліквідації надзвичайних ситуацій*

Для прикладу розглянемо задачу:

Як визначити теплове випромінювання від пожежі, яка відбулася від розливу рідкого ізопентану на площі 300 м<sup>2</sup> на відстані 40 м від місця розливу, (розрахунок здійснюється згідно з [4]).

Вихідні дані для розрахунку:

- масова швидкість вигорання скраплених вуглеводнів  $m = 0,06 \text{ кг м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ ;
- прискорення вільного падіння  $q = 9,81 \text{ м с}^{-2}$
- густина навколишнього повітря  $P_v = 1,2 \text{ кг м}^{-3}$

Спочатку знаходимо ефективний діаметр  $d$ , м. проливу :

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (1)$$

де,  $F$  – площа розливу рідкого ізопентану, м<sup>2</sup>.

Величину  $F$  визначають, виходячи з топографії місцевості і наявності обвалування. Допускається визначати  $F$  з умови, що 1 л рідини розливається на 0,15 м<sup>2</sup>

$$d = \sqrt{4 \cdot 300 / 3,14} = 19,5 \text{ м}$$

Далі знаходимо висоту полум'я  $H$ , м;

$$H = 42 \cdot d \cdot \left( \frac{m}{P_b \sqrt{q \cdot d}} \right)^{0.61} \quad (2)$$

де  $m$  – часткова масова швидкість вигорання скраплених вуглеводів,  $\text{кг м}^{-2} \text{с}^{-1}$  (допускається при відсутності експериментальних даних приймати рівною  $0,1 \text{ кг м}^{-2} \text{с}^{-1}$ );

$P_b$  – щільність навколишнього повітря,  $\text{кг/м}^3$ ;

$q = 9,81 \text{ м с}^{-2}$  – прискорення вільного падіння

$$H = 42 \cdot 19,5 \cdot \left( \frac{0,06}{1,2 \sqrt{9,8 \cdot 19,5}} \right)^{0,61} = 26,5 \text{ м}$$

Знаходимо кутовий коефіцієнт опромінення  $F_q$ :

$$F_q = \sqrt{F_v^2 + F_H^2} \quad (3)$$

$$\text{де } F_v = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{S} \arctg\left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}}\right) - \frac{h}{S} \cdot \left\{ \arctg\left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}}\right) - \frac{A}{(A^2 - 1)^{1/2}} \cdot \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}}\right) \right\} \right];$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{(B-1/S)}{B^2 - 1} \cdot \arctg\left(\sqrt{\frac{(B+1) \cdot (S-1)}{(B-1) \cdot (S+1)}}\right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}}\right) \right];$$

$$A = (h^2 + S^2 + 1)/(2 \cdot S)$$

$$B = (1 + S^2)/(2 \cdot S)$$

$$S = 2 \text{ r/d};$$

$$h = 2 \text{ H/d};$$

де  $r$  – відстань від геометричного центра розливу до опроміненого об'єкта, м.

$$F_v = \frac{1}{3,14} \left[ \frac{1}{4,1} \arctg\left(\frac{2,72}{\sqrt{4,1^2 - 1}}\right) - \frac{2,72}{4,1} \cdot \left\{ \arctg\left(\sqrt{\frac{4,1-1}{4,1+1}}\right) - \frac{3,08}{\sqrt{3,08^2 - 1}} \arctg\left(\sqrt{\frac{(3,08+1) \cdot (4,1-1)}{(3,08-1) \cdot (4,1+1)}}\right) \right\} \right] = 0,92$$

$$F_H = \frac{1}{3,14} \left[ \frac{2,17 - 1/4,1}{\sqrt{2,17^2 - 1}} \arctg\left(\sqrt{\frac{(2,17+1) \cdot (4,1-1)}{(2,17-1) \cdot (4,1+1)}}\right) - \frac{(3,08 - 1/4,1)}{\sqrt{3,08^2 - 1}} \times \right.$$

$$\left. \times \arctg\left(\sqrt{\frac{(3,08+1) \cdot (4,1-1)}{(3,08-1) \cdot (4,1+1)}}\right) \right] = 0,03236$$

$$A = (2,72^2 + 4,10^2)/(2 \cdot 4,1) = 3,08$$

$$B = (1 + 4,1)/(2 \cdot 4,1) = 2,17$$

$$S = 2 \cdot 40/19,5 = 4,10$$

$$h = 2 \cdot 2,65/19,5 = 2,72$$

$$F_q = \sqrt{0,092^2 + 0,03236^2} = 0,03236$$

Визначаємо за формулою (4) коефіцієнт пропускання атмосфери  $\tau$ :

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4}(r - 0,5 \cdot d)] \quad (4)$$

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4}(40 - 0,5 \cdot 19,5)] = 0,979$$

Далі за формулою (5) знаходимо величину інтенсивності теплового випромінювання  $q$ , кВт м<sup>2</sup>:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau \quad (5)$$

де,  $E_f$  - середньо поверхнева щільність теплового випромінювання полум'я, кВт м<sup>2</sup>

Значення  $E_f$  приймається на основі випробовуваних даних. При їх відсутності дозволяється приймати величину  $E_f = 100$  кВт м<sup>2</sup>.

$F_q$ - кутовий коефіцієнт опромінення;

$\tau$  - коефіцієнт пропускання атмосфери.

$$q = 100 \cdot 0,0975 \cdot 0,979 = 9,5 \text{ кВт м}^2$$

Висновок з задачі: З прикладу визначили теплове випромінювання від пожежі, яка відбулася від розливу рідкого ізопентану площею 300 м<sup>2</sup> на відстані 40 м від місця розливу і дорівнює 9,5 кВт м<sup>2</sup>

Далі, згідно (таблиця 1) із стандартом ДСТУ 4366-2004 „Загальні технічні вимоги та методи випробування” [3], визначили, що теплове випромінювання, яке дорівнює 9,5 кВт м<sup>2</sup>, перевищує допустимий час роботи захисного одягу загального призначення, тому для використання в даному випадку він не підходить.

З вище викладеного випливає, що щільність теплового потоку визначає можливість перебування в зоні дії рятувальника, а часовий фактор впливатиме на спроможність рятувальника виконувати заданий об'єм робіт залежно від захисних властивостей його захисного одягу, що матиме прямий вплив на тактичні можливості як окремо взятого рятувальника, так і підрозділу в цілому.

Таблиця 1

Показник	Норми за видами ЗО пожежника	
	Захисний одяг загального призначення ЗОЗП	Теплозахисний одяг загального типу ТЗОЗТ
Стійкість до дії теплового випромінювання за поверхневої щільності теплового потоку, с, не менше: - 7 кВт/м <sup>2</sup> - 40 кВт/м <sup>2</sup>	180 не встановлюють	180 10
Стійкість до дії відкритого полум'я: - тривалість залишкового горіння, с, не більше; - тривалість залишкового тління, с не більше ніж		2 2
Стійкість до дії температури (теплостійкість), с, не менше: - 185 <sup>0</sup> С - 300 <sup>0</sup> С	300 не встановлюють	не встановлюють 300

На підставі викладеного, нами пропонується до плану пожежогасіння внести зміни щодо порядку розробки оперативних документів згідно схеми (див. рис. 2 ) і завдяки цим даним ми можемо визначити на момент прибуття першого підрозділу необхідний вид захисного одягу пожежника відповідного рівня, що буде мати безпосередній вплив на тактику ведення аварійно-рятувальних робіт під час гасіння пожежі.

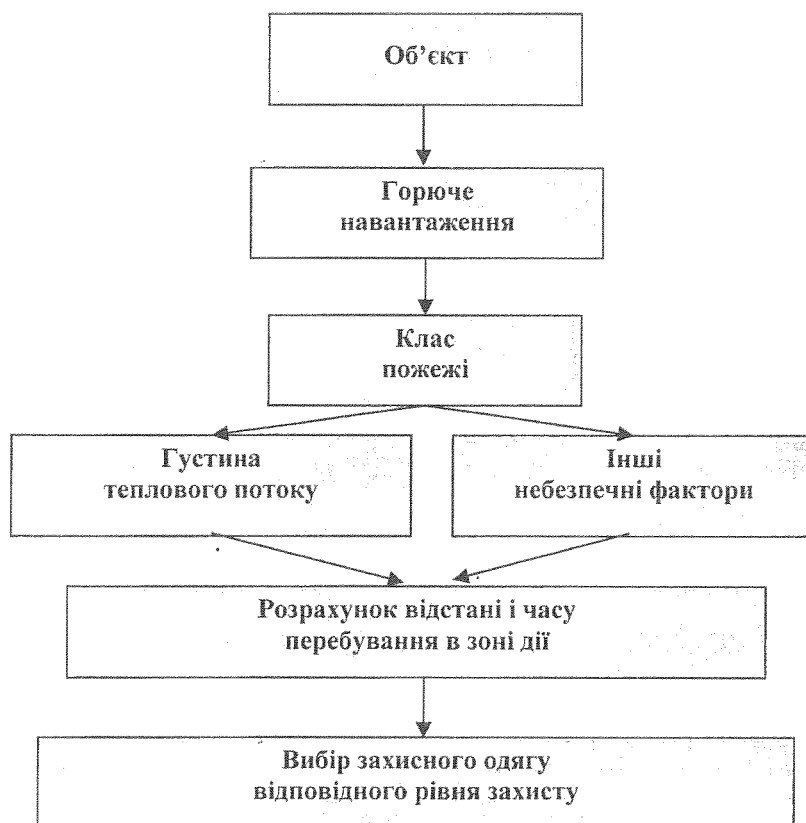


Рис.2. Структурна схема розробки запропонованого розділу в план пожежогашіння

## ЛІТЕРАТУРА

1. З" № 27;,- Москва 2004акон України „Про правові засади цивільного захисту” №1859 – 4 від 24.06.2004 р.
2. Державний стандарт. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019 – 2001 наказ держстандарту України від 19.11.2001. р. № 55.
- 3.Державний стандарт. „Одяг пожежника захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробування,, (ISO 11613:1999, NEQ, EN 469:1995, NEQ) ДСТУ 4366:2004.
4. Рекомендації. „Обеспечение пожарной безопасности объектов хранения и переработки СУГ,, - Москва 2001.
5. ГОСТ 27331-87 „Пожарная техника. Классификация пожаров”.
6. ISO 3941-77 „Пожары. Классификация”.
7. Рекомендації „Тактика действий подразделений пожарной охраны в условиях возможного взрыва газовых баллонов в очаге пожара” - Москва 2001.
8. Бойовий статут пожежної охорони. Наказ МВС України від 29.03.1995 р. №188.
9. Реферативний журнал „Пожарная охрана” (№27; Москва 2004 )