

Ю.В. Луценко, к.т.н., доцент, заст. нач. каф., НУЦЗУ

ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ДЛЯ РЯТУВАЛЬНИКА В ЗАХИСНОМУ ОДЯЗІ ВІДСТАНІ ВІД ОСЕРЕДКУ ПОЖЕЖІ

(представлено д.н. Мізерські А.)

Встановлені аналітичні залежності променевого потоку різної потужності і температур, що діють на людину, яка знаходиться на незначній відстані від осередку пожежі від площі перерізу виробітки на початковій стадії пожежі, а також з урахуванням різного горючого завантаження на стадії розвиненої пожежі.

Ключові слова: параметри пожежі, площа горіння, випромінювання осередку пожежі, спеціальний захисний одяг.

Постановка проблеми. У багатьох випадках оперативній локалізації і гасінню пожеж заважає неможливість підходу до осередку пожежі рятувальників як без захисних засобів, так і в існуючому спеціальному захисному одязі. Тому актуальною залишається проблема розробки нових ефективних видів захисного спецодягу, а також визначення безпечних відстаней до палаючих об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження впливу теплового випромінювання полум'я на оточуючі поверхні виконано шляхом детального аналізу процесів теплообміну [1, 2].

При вивченні питань створення ефективного термозахисного одягу встановлено, що існуючі види спеціального захисного одягу (СЗО) не повною мірою забезпечують необхідний захист, а в окремих випадках створюють додаткові фактори небезпеки [2, 3].

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є розробка способу термінових обчислювань найбільш ефективного гасіння пожеж на їх початковій стадії розвитку первинними засобами пожежогашіння, а також для оцінки інтенсивності променевого потоку, який повинен бути відбитий, розсіяний або поглинений спеціальним захисним одягом. В розрахунках слід зважати, що на практиці часто доводиться ліквідувати пожежі на стадії їх повного розвитку.

Було проведено числовий експеримент на прикладі визначення безпечної відстані знаходження рятувальника від осередку пожежі при горінні конвеєрної стрічки в підземному видобутку. Так, при горінні конвеєрної стрічки, температура в осередку горіння становить [5, 6] $T_2=1370$ К. Спектральний коефіцієнт ослаблення променя та діаметр осередку пожежі в даному випадку визначаються [6]

$$\kappa = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot T_2 - 0,5; \quad (1)$$

$$D \approx 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}} \approx 1,13 \sqrt{S}, \quad (2)$$

що для прийнятої в експериментально-натурних дослідженнях площі пе-

перерізу $S=4 \text{ м}^2$ дорівнює відповідно 1,7 і 4,5 м^2 .

Значення γ , β і T_{ef} залежать від величини добутку (числа Бугера) [6]:

$$B_u = \kappa \cdot D. \quad (3)$$

Так, для гірничих виробіток, у яких $3\text{м}^2 \leq S \leq 10\text{м}^2$, число Бугера дорівнює $3,3 \leq B_u \leq 6,0$, а ефективна температура приймається $T_{ef}=0,905 T_c$.

В діапазоні (3) середнє значення $\gamma=0,16$, а $\beta=2,00$. Враховуючи, що $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ і підставляючи значення T_{ef} в (18) [3], отримаємо передбачено завищене значення $q, \text{ Вт}/\text{м}^2$, яке відповідає вимогам безпеки

$$q = 27,4 \cdot \frac{S}{x^2} 10^3, \quad (4)$$

де x – відстань від осередку пожежі до одягненої в спеціальний захисний одяг (СЗО) людини.

Для визначення припустимої (критичної) відстані $x_{кр}$, м , на яку можна наблизитись до межі осередку, прийmemo, відповідно [4], $q_{кр}=1 \text{ кВт}/\text{м}^2$, тоді із (4)

$$x_{кр} = 4,1\sqrt{S}. \quad (5)$$

Крім оперативних розрахунків з використанням виразів (4, 5) згідно [5], проводились дослідження та подальші розрахунки коефіцієнта опромінювання СЗО для шахтних умов при розвинених пожежах.

Результати розрахунків наведені в табл. 1. При розрахунках приймалася ступінь чорноти випромінюючого тіла $\varepsilon=1$, при якій випромінююча потужність осередку пожежі буде максимальною. Відстань від осередку горіння до одягненого в СЗО рятувальника задавалося рівним $x=5 \text{ м}$, як гранично припустиме при активному способі гасіння пожежі. Температура поверхні СЗО приймалася рівною $T_0=300 \text{ К}$.

Табл. 1. Залежність інтенсивності променевого потоку від площі перерізу видобутку і виду горючого матеріалу

Вид горючого матеріалу	Випромінювана потужність пожежі, $\cdot 10^3, \text{ Вт}/\text{м}^2$	Площа перерізу виробітки, м^2				
		4	6	8	10	12
Дерев'яна кріп	149	7,1	8,3	10,3	12,7	13,7
Конвеєрна стрічка	202	9,8	11,5	14,1	17,3	18,7
Вугілля	267	13,2	15,3	18,8	23,0	24,9

Як видно із результатів (табл. 1), при горінні конвеєрної стрічки в видобутку перерізом 4 м^2 , на людину діє променевий потік $q=9,8 \text{ кВт}/\text{м}^2$, температура $T_c=508 \text{ К}$, що майже в 2,2 рази вище, ніж для початкової стадії пожежі; для перерізу виробітки 12 м^2 – відповідно $18,7 \text{ кВт}/\text{м}^2$, з температурою 722 К , що перебільшує відповідні значення в 1,2 рази.

Наведені розрахунки надали можливості графічного представлення залежностей променевого потоку різної потужності (криві 1, 2, 3) і відповідних температур (криві 4, 5, 6), що діють на людину, яка знаходиться на відстані 5 м від осередку пожежі, при різних значеннях площ перерізу виробітки в початковій стадії розвитку пожежі (рис. 1), а також з урахуванням різних предметів горіння (відповідно криві: 1,4 – горіння дерев'яної кріпи; 2,5 – конвеєрної стрічки; 3,6 – вугілля) в стадії розвинутої пожежі (рис. 2).

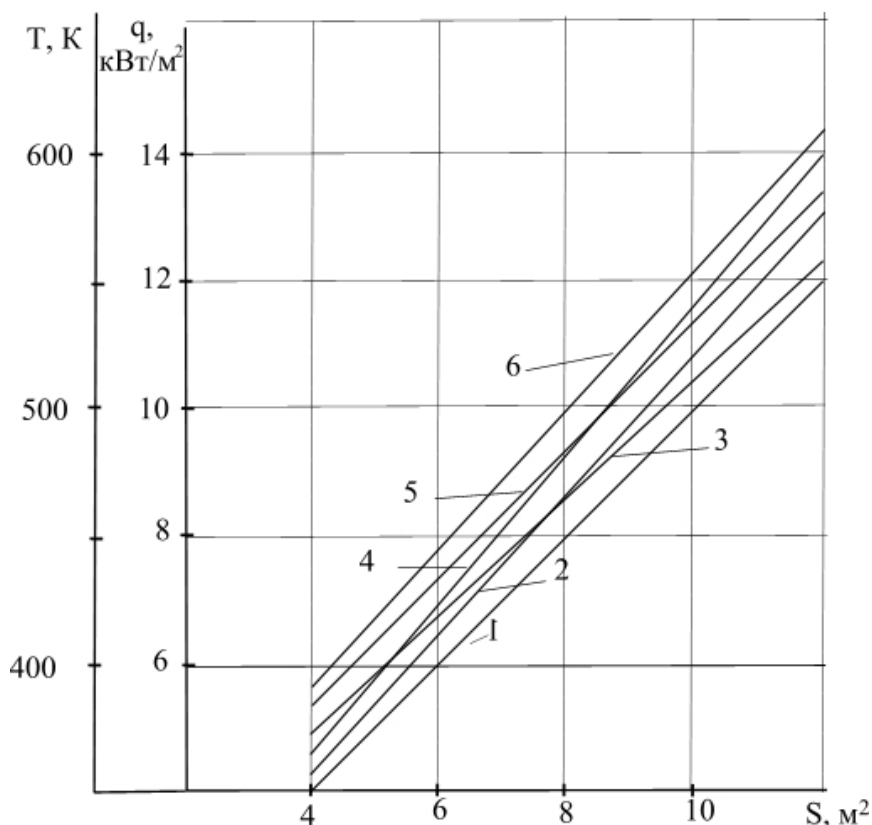


Рис. 1. Залежності променевих потоків (1, 2, 3) і температур (4, 5, 6) від площі перерізу виробітки на початковій стадії розвитку пожежі

Аналіз кривих показує, що мінімальні значення променевого потоку і температури відповідають горінню дерев'яної кріпи, а максимальні – горінню вугілля. Встановлено також, що значення коефіцієнтів опромінювання для розвинутих пожеж пропорційні відношенню \sqrt{S}/x , суттєво перевищують значення, отримані за (4, 5) і становлять додаткову небезпеку при експлуатації одягу. Тому, бралися до уваги [1] експериментальні дослідження коефіцієнтів опромінення (рис. 3) в умовах штольні НДІГС, значення яких використовувались при розрахунках розвинутих пожеж, кількість яких в останні роки зростає. Було запропоновано алгоритм (методика) розрахунку впливу осередку пожежі на СЗО в стадії розвинутої пожежі. Максимальна похибка між розрахунковими і експериментальними даними не перевищує 11%.

При розробці алгоритму розрахунку потужності теплового випромінювання, з метою забезпечення визначеного запасу безпеки використовувалися дані експериментів [4]. При розрахунках також передбачалося, що

вплив на СЗО здійснювався за рахунок променевого теплообміну від джерела горіння, яким при підземних пожежах є весь переріз виробітки. При чому, вплив на теплообмін наявності вугільного пилу в повітряному середовищі нами нехтувався. Таким чином, алгоритм полягає в наступному.

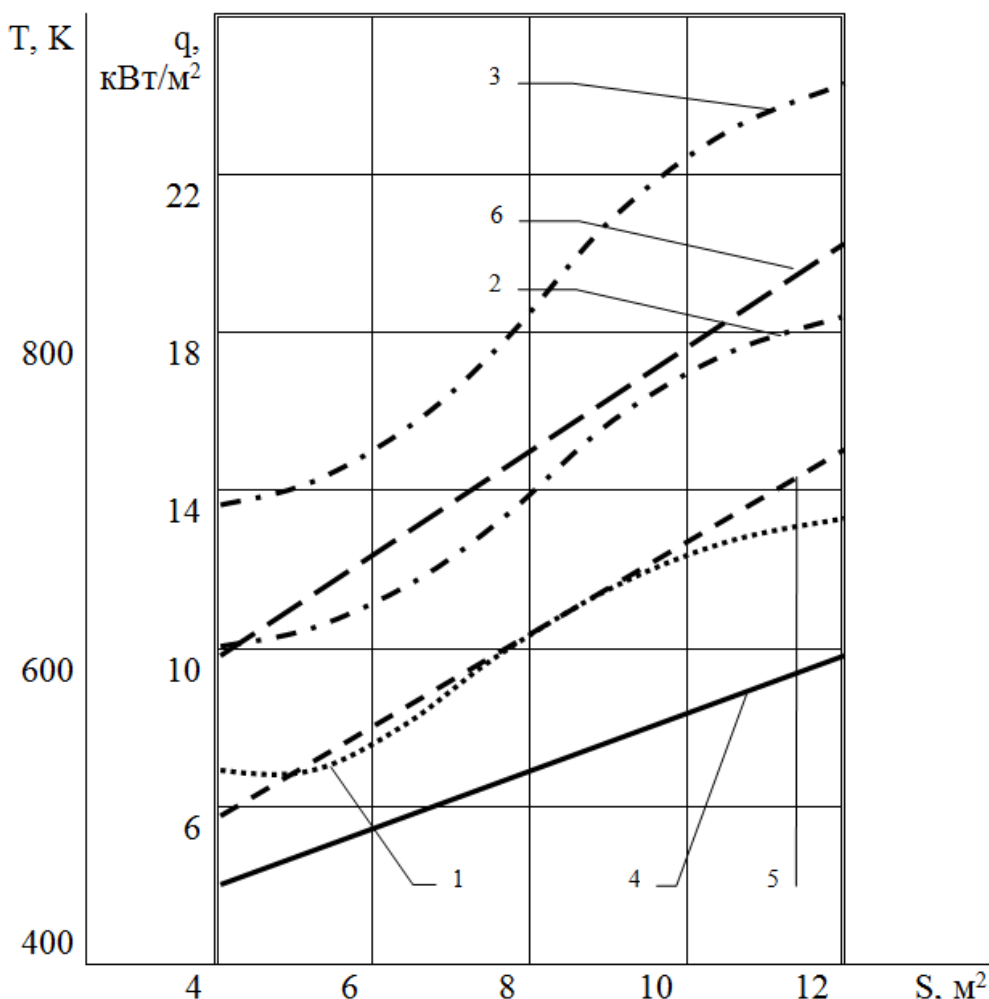


Рис. 2. Залежності променивих потоків (1, 2, 3) і температур (4, 5, 6) від площі перерізу виробітки на стадії повного розвитку пожеж

Визначаємо випромінювану потужність осередку пожежі, (Вт/м²) :

$$E = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_2^4 \cdot 10^{-3}, \tag{6}$$

де ε – ступінь чорноти випромінюючого тіла; $\varepsilon = 0,6...1,0$; σ – стала Стефана-Больцмана ($\sigma=5,67\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$); T_2 – температура горіння (деревини $T_2=1273\text{ К}$; конвеєрної стрічки $T_2=1373\text{ К}$; вугілля $T_2=1473\text{ К}$).

Знаходимо відносний параметр відстані

$$\bar{x} = \frac{x}{\sqrt{S}}, \tag{7}$$

де S – площа поперечного перерізу виробітки, охопленої полум'ям, м².

Визначаємо згідно графіку (рис. 3) коефіцієнт опромінювання κ_0

СЗО в залежності від значення \bar{x} .

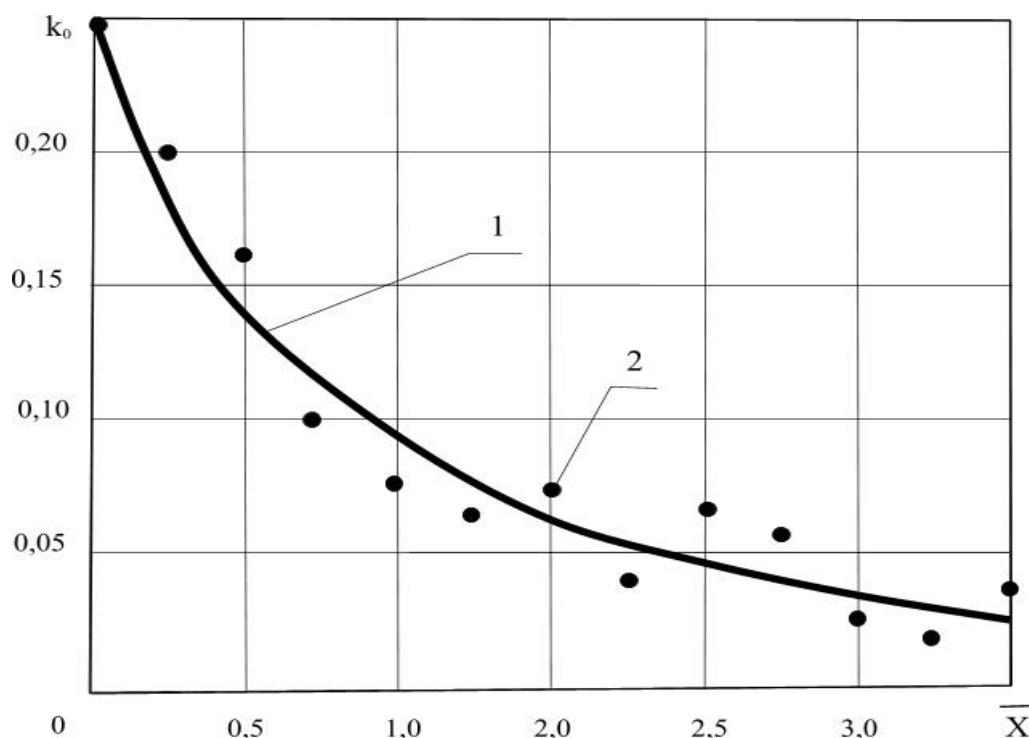


Рис. 3. Залежність коефіцієнта опромінення k_0 від відносної відстані людини у ТЗСО до осередку пожежі \bar{X} : 1 – аналітична; 2 – експериментальна

Розраховуємо інтенсивність (Вт/м^2) падаючого променевого потоку на одиницю площі поверхні костюму

$$q_{\pi} = k_0 \cdot E. \quad (8)$$

Розраховуємо інтенсивність (Вт/м^2) поглинутого костюмом теплового потоку

$$q_n = \varepsilon_k (q_{\pi} - \sigma \cdot T_0^4), \quad (9)$$

де ε_k – ступінь чорноти захисного костюму (орієнтовно $\varepsilon_k \approx 0,9$); T_0 – абсолютна температура СЗО до нагрівання від осередку горіння, яка приймається рівною температурі повітря в виробітці до виникнення аварій, К.

Висновки. На основі вищенаведеної розрахункової схеми визначені очікувані числові значення теплових параметрів при пожежі і їх вплив на СЗО. Результати розрахунків служать основою для визначення складу пакету матеріалів, кількості шарів та проектування схеми охолодження при створенні нових видів СЗО. Встановлені аналітичні залежності променевого потоку різної потужності і температур, що діють на людину, яка знаходиться на незначній відстані від осередку пожежі від площі перерізу виробітки на початковій стадії пожежі, а також з урахуванням різного горючого завантаження на стадії розвиненої пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Колосніченко М.В. Теоретичне обґрунтування впливу променевого теплового потоку на об'єкти при ліквідації аварії / М.В. Колосніченко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001.–№ 1. – С. 7-10.
2. Луценко Ю.В. Визначення гранично-припустимих показників теплового стану людини при роботі в термозахисному спеціальному одязі / Ю.В. Луценко, С.О. Тюпін // Проблеми пожарной безопасности. – Х.: НУЦЗУ, 2016. – вип. 40. – С. 142-146. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1793>.
3. Луценко Ю.В. Теоретичні дослідження впливу осередку пожежі на оточуючі об'єкти / Ю.В. Луценко, О.В. Миргород // Проблеми пожарной безопасности. – Х.: НУЦЗУ, 2018. – вип. 44.– С. 82-88. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8490>.
4. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров: Пер. с англ. / Под ред. Ю. А. Кошмарова. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
5. Алексащенко А.А., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С. Тепло-массоперенос при пожаре. – М.: Стройиздат, 1982. – 173 с.
6. Блох А.Г. Основы теплообмена излучением. – Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 331 с.

Отримано редколегією 14.03.2019

Ю.В. Луценко

Определение безопасного для спасателя в защитной одежде расстояния от очага пожара

Установлены аналитические зависимости лучистого потока различной мощности и температур, что воздействуют на человека, который находится на незначительном расстоянии от очага пожара, от площади сечения выработки на начальной стадии пожара, а также с учетом различной пожарной загрузки на стадии развитого пожара.

Ключевые слова: параметры пожара, площадь горения, излучение очага пожара, специальная защитная одежда.

Yu. Lutsenko

Determination of safe for the rescuer in protective clothing distance from the fire

The analytical dependences of the radiant flux of various powers and temperatures have been established, which affect a person who is located at an insignificant distance from the source of fire, on the cross-sectional area of production at the initial stage of the fire, and also taking into account various fire loads at the advanced fire stage.

Keywords: fire parameters, burning area, radiation from a fire source, special protective clothing.