УДК 614.84

В.В. Ковалишин, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ВИПРОБУВАННЯ СИГНАЛІЗАТОРА НЕБЕЗПЕЧНОГО РІВНЯ ГУСТИНИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ДЛЯ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ПОЖЕЖНИКІВ (СТП-02)

В роботі представлені статистичні дані по травматизму та загибелі пожежників під час виконання службових обов'язків. З використанням математичної моделі побудовані графіки густина теплового потоку на пожежі з врахуванням різних умов: висоти полум'я, температури горіння, розміщення датчиків, зміни теплових потоків під впливом нахилу факела. Проведені полігонні випробування індивідуальних приладів оповіщення про досягнення критичних параметрів теплових потоків для захисного одягу різного типу з використанням манекену та випробувача.

Ключові слова: коефіцієнт безпечної роботи, густина теплового опромінення, сигналізатор теплового потоку, захисний одяг пожежника.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. За 2006÷2012 роки під час виконання завдань за призначенням працівниками пожежно-рятувальних підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту отримано 202 травми, із них 10 – зі смертельними наслідками.

Термічні ураження є однією з основних причин загибелі та травмування пожежних на пожежах, оскільки внаслідок небезпечного рівня густини теплового потоку, який перевищує можливості захисного одягу пожежників, останній виходить з ладу (рис.1). Є декілька можливостей боротьби з цим явищем: зміна тактики гасіння, вибір безпечних відстаней гасіння [1, 2], використання більш досконалого захисного спорядження з приладами контролю температури та густини теплових потоків.

Рисунок 1 – Елементи обгорілого теплозахисного одягу ТК-1200.

Такі випадки непоодинокі і в практичній діяльності, ліквідації пожеж з потужними джерелами теплового опромінення. В [3-7] розглядаються питання розробки та виготовлення приладів, які б попереджали пожежників про досягнення критичних значень інтенсивності теплових потоків для захисного одягу різного призначення. Дуже важливим є не тільки самі прилади - теплові радіометри, але й методика їх випробувань. Особливо важливою є підготовка пожежників до роботи з цими приладами.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. При роботі в тепловідбивному, захисному одязі визначення максимальних теплових потоків відіграє важливу роль, так як пов'язане з безпекою людини. Щоб забезпечити безпеку пожежнику-рятувальнику тепловий потік, на який розрахований захисний одяг пожежника різного типу, повинен мати $q_{к.з.о}$ більше величини теплового

потоку джерела випромінювання (факела) $q_ф$ та з врахуванням коефіцієнта безпеки β, $q_{к.з.о.} \geq \beta q_ф$.

В роботі [5] визначений коефіцієнт безпеки і він дорівнює 1.2. Відповідно до цього коефіцієнту вибрані режими роботи приладу СТП-02 (сигналізатор теплового потоку) [3]. Розглянемо випадок, котрий зустрічається в практичній роботі пожежників. Персональний сигналізатор небезпечного рівня густини теплового потоку (СТП-02) можна розмістити в місцях знаходження вразливих точок на тілі людини, а це: чоло, грудина, живіт, поперек, спина, передпліччя, плече, стегно, гомілка, стопа, кисть. В даному випадку це грудина у місці розташування серця, 1,5метра від рівня землі. Джерелом випромінювання є прямокутне деко розмірами 1,5*0,5 м з площею горіння 0,75м^2 і висотою полум'я Н=3м, Т= 1273 ^{0}К.

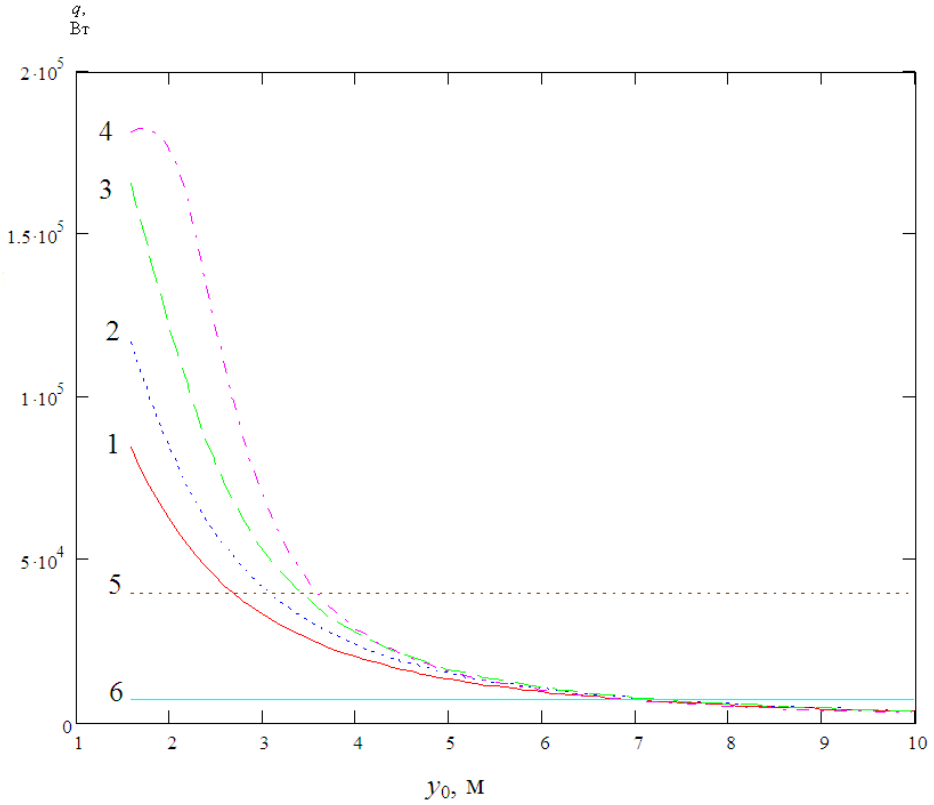

Рисунок 2 – Залежність інтенсивності теплового потоку від відстані до основи полум'я висотою 3 м і шириною 1,5 м, вертикального (крива 1) і нахиленого від вертикалі на кут 15° (крива 2), 30° (крива 3) і 45° (крива 4). Горизонтальна пряма 5 побудована на рівні 40 КВт/м^2, а 6 – на рівні 7 КВт/м^2

З рис. 2 ми бачимо, що при $q_{к.з.о}$ =40 КВт/м^2 (теплове опромінення, яке витримує тепловідбивний костюм протягом певного проміжку часу) і збільшенні кута нахилу полум'я безпечна відстань y_0 збільшується. Якщо це перевести на випадки практичної роботи пожежників то така ситуація може трапитись в будь-яку хвилину на пожежі при зміні швидкості повітряних потоків, наприклад зміна швидкості і напряму вітру. А це свідчить про те, що повинні бути прилади, які забезпечать безпечну роботу в захисному одязі та попереджатимуть завчасно про досягнення безпечної відстані з певним коефіцієнтом безпеки. Наприклад при вертикальному полум'ї $q_{к.з.о.}$=40 КВт/м^2 буде досягнуто на відстані L_1=2,75м, а при нахиленому полум'ї на 30^0 $q_{к.з.о.}$=40 КВт/м^2 на відстані L_3= 3,45 м, безпечна відстань збільшилась.

Аналогічні розрахунки проведені за формулою (16) [5] і для інших випадків, які можуть зустрічатись на пожежі.

Таблиця 1 – Визначення безпечної відстані від полум'я до пожежного у захисному одязі ($q_{к.з.о.}$=40 КВт/м$^{2)}$, що оснащений персональним сигналізатором густини теплового потоку в різних умовах пожежі

Температура поверхні полум'я *T*, К	Висота полум'я *H*, м	Висота розміщення радіометра *h*, м	Відстань від полум'я y_0, м, на якій тепловий потік становитиме 40 КВт/м^2 для кута нахилу площини α°			
			0°	15°	30°	
1200	2,0	1,0	1,287	1,551	1,809	
		1,2	1,270	1,548	1,794	
		1,5	1,180	1,469	1,661	
1200	2,5	1,0	1,393	1,697	2,035	
		1,2	1,411	1,740	2,088	
		1,5	1,393	1,755	2,100	
973	2,0	1,0	0,427	0,672	0,867	
		1,2	0,418	0,723	1,012	
		1,5	0,361	0,744	1,097	
973	2,5	1,0	0,448	0,681	0,824	
		1,2	0,456	0,748	0,973	
		1,5	0,448	0,832	1,194	

З таблиці 1 видно, що датчик СТП-02, який знаходиться на висоті 1,2 м при висоті полум'я 2м і 2,5м як правило більше сприймає опромінення ніж датчик на висоті 1,5 м і відповідно безпечна відстань більша. Теплове опромінення по висоті розміщення датчиків відрізняється. При висоті полум'я 2-2,5м датчики краще розміщувати на висоті 1-1,2м. А ще краще використовувати не менше двох датчиків. Безпечна відстань збільшується з зміною температури полум'я, тобто від того що горить і в якій кількості. Безпечна відстань з нахилом полум'я збільшується (рис. 2) і це необхідно враховувати під час роботи пожежників поблизу полум'я. Теоретичні дослідження стали передумовою проведення експериментальних випробувань..

Випробування проводились відповідно до «Методики полігонних випробувань персонального сигналізатора небезпечного рівня густини теплового потоку (СТП-02) захисного одягу пожежника». Для випробування було відібрано три СТП-02. Параметри спрацювання були перевірені в лабораторних умовах на електричному джерелі опромінення у двох режимах. Прилад працює у двох режимах сигналізації для кожного типу захисного одягу.

Для 1-го типу захисного одягу:

- Режим «Небезпечно». У момент впливу теплового потоку густиною в межах від 5,6 кВт/м^2 до 7 кВт/м^2 включається імпульсивний звуковий сигнал (попереджувальний), який триватиме поки густина випромінювання знаходиться в зоні від 5,6 кВт/м^2 до 7 кВт/м^2.

- Режим «Покинути зону». У момент впливу теплового потоку 7 кВт/м^2 і більше включається неперервний сигнал тривоги, який можливо виключити, затиснувши одночасно протягом 5 секунд дві кнопки з правої і лівої сторони СТП-02. Одночасне затискання кнопок протягом 5 секунд унеможливлює випадкове відключення даного режиму.

Для 2-го типу захисного одягу:

- Режим «Небезпечно». У момент впливу теплового потоку густиною в межах від 32 кВт/м^2 до 40 кВт/м^2 включається імпульсний звуковий сигнал (попереджувальний), який триватиме поки густина випромінювання знаходиться в зоні від 32 кВт/м^2 до 40 кВт/м^2.

- Режим «Покинути зону». У момент впливу теплового потоку 40 кВт/м^2 і більше включається неперервний сигнал тривоги, який можливо виключити, затиснувши одночасно протягом 5 секунд дві кнопки з правої і лівої сторони СТП-02.

Потужність звукового сигналу на відстані 0,3 м становить 90 дБ. Частота сигналу тривоги, 2,8+0,2 кГц. Період повторення попереджувального сигналу 1,0 с. Визначено кут сприйняття теплового опромінення датчиком СТП-02, який для кожного приладу визначається і знаходиться в межах 79-80^0.

Лабораторні випробування не завжди збігаються з полігонними випробуваннями. Після лабораторних випробувань працездатність СТП-02 перевірили на полігоні з використанням манекену. На манекен кріплять 4 датчики. Три з них СТП-02. Було досліджено що при 3л дизельного палива 0,5л бензину А-92 площі горіння 0,75м^2 висота полум'я знаходиться в межах 2-2.5 метри. Відповідно до наших розрахунків безпечна відстань знаходиться в межах 1,18м (при Н=2м, h=1,5м) і 2,1м (при Н=2,5м, h=1,5м). Датчики закріпили відповідно на різній висоті (рис. 3, рис. 4). Всі датчики спрацювали при включеному І режимі в межах 7-8 с попереджувальний сигнал і 10-12 постійний сигнал. В положенні ІІ режиму в межах 18-20 с попередній сигнал (прилад ВТП-01 показував 27-28 КВт/м$^{2)}$. Постійний сигнал почав працювати при 37-40 КВт/м^2 на 25-40 с.

Наступним етапом наших випробувань було використання випробувачів-добровольців. Попередньо перевірили стан здоров'я (тиск, серцебиття, температуру) та допустили до випробування двох випробувачів. Перед входженням в зону високої температури та задимлення випробувач включився в захисний дихальний апарат «Драгер». На куртці захисного одягу встановлювали датчики СПТ-02 за різними схемами. Один датчик, два датчики, два датчики на різних паралелях. Випробувач спочатку підійшов до імітатора вогню фірми «Kidde». Встановлений один датчик на висоти 1,5м. Прилад включений на другий режим. Випробувач відчував високу температуру, а датчик не спрацьовував, декілька раз спробував повернутись на 10-15^0 ту і в іншу сторону до спрацювання сигналу. Переривистий сигнал спрацював через 110 с. Дослід було припинено. Провели три досліди з різними СТП-02, сигналізатор спрацював через 105 с і 102 с.відповідно.

Наступний дослід провели при горінні одного дека з одним датчиком, три рази час спрацювання 100 с, 105 с, 112 с, h=1,5м.

Третій дослід з двома датчиками на висоті h 1,5 м і 1,2 м від рівня горизонтальної поверхні полігону. Спрацювання першого датчику через 70 с в першому досліді, в інших дослідах 71 с і 75 с.

Четвертий дослід, датчики розмістили на висоті 1,20 м і 1,00 м в різних паралелях. Спрацював першим нижній датчик через 54 с, другий спрацював через 71 с, в цей момент почав працювати постійний сигнал у першого СТП-02. З метою безпеки інші досліди проводили до спрацювання попереджувального сигналу. В п'яти дослідах час спрацювання становив 58 с, 54 с, 65 с, 52 с, 69 с. З них в чотирьох випадках спрацьовував нижній датчик, що підтвердило наші теоретичні розрахунки.

Крім того в межах розробки полігону для тренування роботі з високими температурами в захисному одязі та психологічної адаптації пожежників проведено тренування при горінні 4-х дек і роботі газової установки « Kidde».

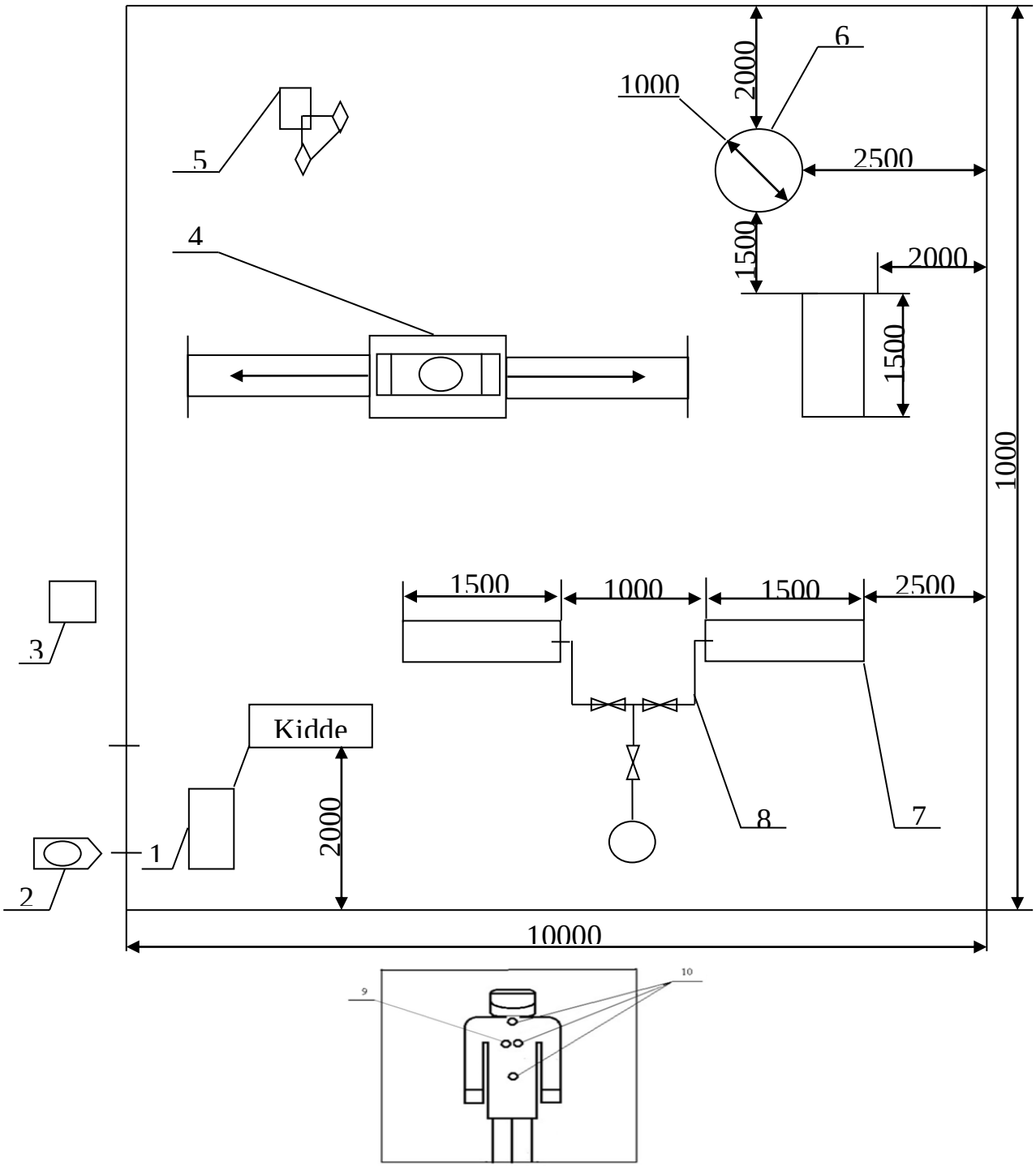

Рисунок 3 – Полігон для перевірки працездатності персонального сигналізатора небезпечного рівня густини теплового потоку для захисного одягу пожежного: 1- газова установка Kidde; 2 - пожежний автомобіль; 3 – медичний пост; 4- манекен, що встановлений на рухомій платформі; 5 – пірометр; 6 – деко з паливом круглої форми; 7 - деко з паливом прямокутної форми; 8 – установка для постійної подачі палива в деко; 9 – датчик приладу ВТП-01 для вимірювання густини теплового потоку закріплений на манекені; 10 – датчик густини СТП-02 для вимірювання теплового потоку закріплений на манекені.

Рисунок 4 – Випробування теплозахисного одягу з використанням приладів ВТП -01 та СТП-02.

Випробувачу поставлено завдання по черзі наблизитись до дек, котрі горять, до спрацювання попереджувального сигналу, відійти на безпечну відстань до припинення сигналу і наблизитись до наступного дека. На всі ці дека і горіння газового фонтану випробувач витратив 8 хвилин з них 3 хвилини на відпрацювання вправи на установці-імітаторі горіння газу рис.6.

Рисунок 5 – Випробувач у теплозахисному одязі, який оснащений СТП-02.

Рисунок 6 – Відпрацювання вправ випробувачем на окремих робочих місцях.

Висновки з даного дослідження.

1. В разі розміщення датчика СТП-02 на грудині на висоті 1,5м час спрацювання найбільший. Це можна пояснити тим, що психологічно людина старається захистити вразливі місця і відвертається від дії високих теплових потоків, високої температури. Це дає можливість зробити висновок, що датчики треба розміщувати на видимих місцях тіла, не в критичних точках, які при роботі пожежник захищає інстинктивно.
2. У випадку розміщення на захисному одязі 2-х датчиків ймовірність їх спрацювання вища. Збільшується кут огляду, який перекривають два датчики. Після кількох відпрацювань вправ при роботі СТП-02 добровольці швидше орієнтуються як діяти.
3. Краще встановлювати два датчика не на одній паралелі і на різній висоті 1-1,2м. При висоті полум'я 3 і більше метрів датчики можна встановлювати і вище.
4. Датчики СТП-02, доцільніше розміщувати в тих місцях, в яких рятувальник менше відчуває температуру і які є краще захищені, і під час роботи дають можливість датчику знаходитись перпендикулярно до центра полум'я.
5. Ні в одному з експериментів, у котрому використовувався СТП-02 не був пошкоджений захисний одяг пожежника.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Пер. с англ. Бомштейна К. Г.; Под ред. Кошмарова Ю. А. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.

2. Романенко П. Н. Теплопередача в пожарном деле / П. Н. Романенко, Н. Ф. Бубырь, М. П. Башкирцев. – М : Высшая школа МВД СССР, 1969. – 425 с.

3. Ковалишин Вол. В. Персональний сигналізатор небезпечного рівня густини теплового потоку для захисного одягу пожежників / Вол. В. Ковалишин, М. М. Семерак, В. В. Ковалишин // Пожежна безпека: зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД. – 2014. – № 24. – С.. 62-67.

4. Мичко А. А. Математичне моделювання теплового випромінювання для випробовування захисного одягу пожежників-рятувальників / А. А. Мичко, А. Д. Кузик, А. С. Лин // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД, 2009. – №14. – С. 171-176.

5. Ковалишин Вол. В. Визначення коефіцієнта безпечної роботи для різного типу захисного одягу пожежників / Вол. В. Ковалишин, А. Д. Кузик, В. В. Ковалишин // Вісник ЛДУ БЖД. – Львів : ЛДУ БЖД, 2014. – №9. – С.11-17.

6. Математичне моделювання та дослідження величини теплового потоку факела пожежі / М. М. Семерак, А. М. Домінік, М. І. Мигаленко, Д. В. Руденко // Вісник ЛДУ БЖД. – 2013. – №7. – С. 210-217.

7. Ковалишин В. В. Методика полігонних випробувань персонального сигналізатора небезпечного рівня густини теплового потоку (СТП-02) захисного одягу пожежника / В.В. Ковалишин, Лин А.С., Вол. В. Ковалишин. – Львів : ЛДУ БЖД, 2014. – 12 с.