

*А.С. Лип, Я.А. Мичко, д-р техн. наук, професор, М.М. Клим'юк, канд. техн. наук, А.В. Івахов
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ФОРМ І РОЗМІРІВ ПОСУДИНИ, А ТАКОЖ ОБ'ЄМІВ ГОРЮЧОЇ РІДИНИ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ДЖЕРЕЛА НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЙОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

У статті подано експериментальні показники параметрів високотемпературного джерела теплового випромінювання, які застосовуються під час оцінювання термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту пожежників. Досліджено вплив параметрів високотемпературних джерел теплового випромінювання на оцінку показника стійкості до теплового випромінювання засобів індивідуального захисту пожежників в умовах наближених до реальних. Продемонстровано характер зміни інтенсивності теплового потоку залежно від тривалості горіння високотемпературного джерела, обґрунтовано вибір оптимальної геометричної форми для високотемпературного джерела.

Ключові слова: тепловий потік, високотемпературне джерело, полігонні випробування, конвективне тепло, термозахисні властивості.

Вступ. Ефективність гасіння пожеж та проведення рятувальних робіт особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів залежить як від наявності і застосування сучасних технічних засобів та вогнегасних речовин, так і від ефективності засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), зокрема захисного одягу пожежників. Діючі нормативні документи, які регламентують вимоги до методик оцінювання термозахисних властивостей ЗІЗ, не гарантують, що до пожежно-рятувальних підрозділів не потраплять неякісні їх зразки, а це, в свою чергу, впливає на показники пожежної статистики.

Аналіз публікацій з цієї тематики свідчить про недостатність інформації стосовно методів та устаткування для дослідження захисних властивостей спеціального одягу пожежників. Вивчення спеціальних матеріалів, які захищають від впливу високотемпературних джерел (теплове випромінювання, конвективне тепло) проводять в основному у лабораторних умовах з використанням стендів. Незалежно від обладнання, яке використовується при цьому, і критеріїв оцінок, їх об'єднує задана величина високотемпературного джерела та його природа. Відсутність в Україні науково обґрунтованих, сучасних, максимально наближених до реальних умов пожеж методик оцінювання стійкості ЗІЗ до теплового випромінювання, конвективного тепла та полум'я, також стримує розроблення нової, більш ефективної продукції протипожежного призначення, що обумовлює актуальність проведення досліджень, спрямованих на їх удосконалення.

Метою роботи є розкриття особливостей впливу виду і геометричних розмірів високотемпературних джерел теплового випромінювання на їх характеристики, як підґрунтя до створення максимально наближеної до реальних умов пожеж методики полігонних випробувань для оцінювання термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту пожежників.

Основна частина. Для виготовлення спеціального одягу пожежника з необхідними захисними властивостями використовуються текстильні матеріали різного асортименту, вибір яких проводиться в лабораторних умовах з використанням стандартного обладнання та з допомогою стендів, де основним устаткуванням вважається манекен. Переваги та недоліки в лабораторних і стендових випробуваннях не можна об'єднувати або замінити в зв'язку з тим, що кожний з них відповідає вимогам кваліметрії, а відтак характеризуються конкретними параметрами і мають свої задачі для проведення досліджень.

Якщо конкретизувати лабораторний і стендовий методи, то в першому випадку експериментатор вибирає матеріали для ЗІЗ пожежника із діючого асортименту, враховуючи контрольно-

вання необхідних і одночасно нормативних показників, а в другому – проводить дослідження на готовому виробі з використанням манекена, яке також відноситься до науково-дослідних.

Стендові випробування слід віднести до оригінальних, але тільки в тому випадку, коли манекен знаходиться в максимально наближених до реальних умовах НС (пожежі). В зв'язку з цим очевидно, що стендові випробування з використанням манекена, які проводяться в закритих об'ємах, слід вважати невідповідними по відношенню до реальних умов експлуатації ЗІЗ, а отримані результати щодо термозахисних властивостей ЗІЗ некоректними відносно НФП, оскільки сумарний вплив теплового випромінювання та конвективного тепла не досліджується, адже відсутнє модельне вогнище. Таким чином стендові випробування спеціального одягу пожежників слід віднести до обмежених. В зв'язку з цим була розроблена діюча схема полігону для вогневих випробувань захисного одягу пожежника, з врахуванням тих недоліків, які були проаналізовані. Відомо, що залежно від місця виникнення горіння, природи горючого матеріалу, об'ємно-планувальних рішень об'єкта, характеристики конструкцій, метрологічних умов і інших факторів, площа пожежі має круглу, прямокутну і кутову форми. Для обґрунтування оптимальної геометричної форми пожежі (прямокутна, кругла, кутова) було проведено установчі експерименти з використанням горючої суміші, яка складалася з: 6000 мл дизельного палива і 500 мл бензину марки А-80. Процес горіння проводили в деках прямокутної і круглої форми.

Площа горіння була розрахована за відомими формулами і дорівнювала $0,75 \text{ м}^2$. Після підпалювання, через 10 с з допомогою радіометра ВТП-01, встановленого на відстані 1,5 м від дек указаної форми (кругла, прямокутна), проводимо заміри зміни величини теплового випромінювання залежно від часу горіння. На основі проведених досліджень та їх аналізу, виявлено (рис. 1), що через 5 с контролю інтенсивність теплового потоку збільшується в деках прямокутної та круглої форми. Так, наприклад, після 20 с від початку контролю горіння, тепловий потік в деку прямокутної форми становив $35,34 \text{ кВт/м}^2$, а круглої – $34,97 \text{ кВт/м}^2$. Збільшення часу процесу горіння приводить до збільшення потужності і на 35 с тепловий потік в прямокутному деку дорівнює $42,22 \text{ кВт/м}^2$, а в круглому – $41,12 \text{ кВт/м}^2$. Час, де контролюючий фактор має однакове значення, дорівнює 60 с від початку контролю, що підтверджується графічними залежностями (рис. 1). Якщо проаналізувати отримані дані, то стає очевидним, що геометрична форма дек, які можна використовувати для полігонного дослідження, за умови однакової їх площі та однакових об'єму і природного складу горючої ріднини, може бути прямокутна та кругла, оскільки теплові потоки від джерел горіння дек вказаних форм площею $0,75 \text{ м}^2$ відрізняються менш ніж на 1 %.

Оптимальні результати показують, що горіння у цьому випадку, слід віднести до перемінного процесу, який можна охарактеризувати мінімальним та максимальним значенням теплового потоку з подальшим його зменшенням незалежно від форми дека. Так, проведені установчі експерименти показали, що після 5 с горіння величина теплового випромінювання у деку прямокутної і круглої форми миттєво збільшилась до $18,61$ і $17,07 \text{ кВт/м}^2$ відповідно, а на 15 с процесу їх значення практично зрівнялися і стали дорівнювали $29,28$ та $28,94 \text{ кВт/м}^2$ (рис. 1).

Суттєве збільшення теплового потоку відбулося на 20 с експерименту від початку горіння згаданої суміші, де його значення стало дорівнювати $35,04 \text{ кВт/м}^2$ в прямокутному деку, та $34,97 \text{ кВт/м}^2$ в деку круглої форми. Якщо час горіння збільшувати, то тепловий потік теж збільшується, і його максимальне значення (41 кВт/м^2) було досягнуто за 35...55 с від моменту загоряння суміші в деках, величина якого максимально не змінювалась до 60 с проведення дослідів. Після вказаного часу, особливо в межах 65...85 с, спостерігається його зменшення в середньому до $26,0 \text{ кВт/м}^2$, а через 5 с – до $16,0 \text{ кВт/м}^2$ (рис. 1).

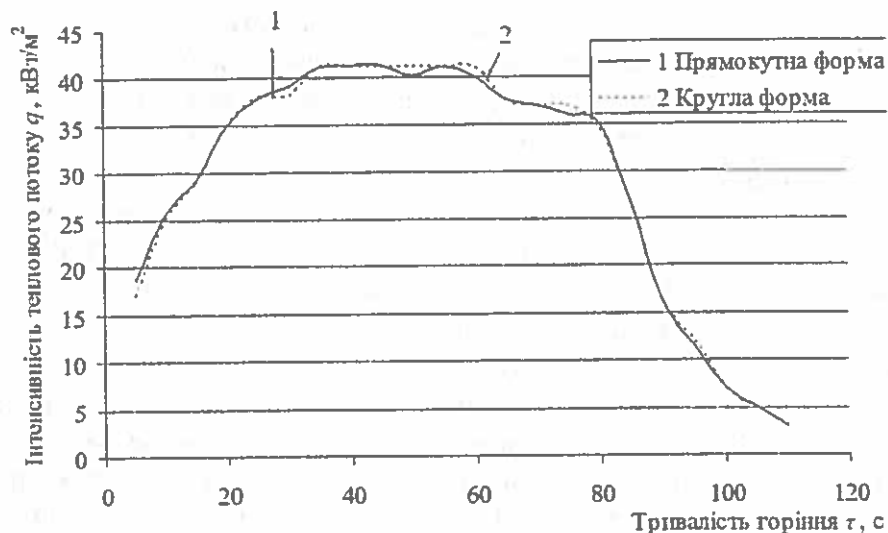


Рис. 1. Залежність зміни величини теплового потоку від тривалості горіння горючої суміші в деку.

Якщо проаналізувати вказаний процес на сотій секунді від початку експерименту, то для дека прямокутної форми значення теплового потоку дорівнювало $7,12 \text{ кВт/м}^2$, на 110 с — $3,04 \text{ кВт/м}^2$, а в деку круглої форми — $7,01 \text{ кВт/м}^2$, та $2,96 \text{ кВт/м}^2$ відповідно (рис. 1).

Таким чином, отримані результати дають підставу стверджувати, що збереження таких сталих умов експериментів, як наприклад, однакова природа горючої рідини і її кількість, що заповнює деку, з однаковими площами горіння, що не впливає на кінетику процесу горіння та на такий термофізичний показник як тепловий потік. Так, тепловий потік у деку прямокутної форми, наприклад, за 10 с становив $25,65 \text{ кВт/м}^2$, то в деку круглої форми — $25,07 \text{ кВт/м}^2$, що становить різницю в $0,58 \text{ кВт/м}^2$ (2,3 %), а коли порівняти показники, отримані, наприклад, за 45 с горіння в деках вказаних форм, що в першому випадку $q = 41,23 \text{ кВт/м}^2$, а в другому — $41,18 \text{ кВт/м}^2$, тобто зменшується всього на 0,12 %. На основі установчих експериментів було доказано, що для створення моделі високотемпературного джерела, можна використовувати ємності (дека) круглої або прямокутної форми.

Отримані залежності спостерігаються упродовж всього експерименту. Їх значення, на нашу думку, за часом контролю 5 с , не суттєво впливають на термозахисні властивості ЗІЗ, а є результатом характеристик полігону відкритого типу (вільне переміщення повітряних потоків, конвективного тепла, протягів тощо), які обумовлюють незначні розбіжності. До такого висновку можна прийти в тому випадку, коли отримані результати усереднити та побудувати узагальнюючу графічну залежність зміни теплового випромінювання від часу горіння горючої рідини в деках прямокутної і круглої форми (рис. 1).

Аналіз дослідів відносно теплового випромінювання, отриманих під час горіння суміші рідини дизельного пального (6000 мл) та бензину марки А-80 (500 мл) в деках показав, що процес можна розділити на три зони. За основний критерій оцінки такого розподілу були взяті показники теплового потоку, які суттєво змінюють свої значення залежно від часу експозиції. Так, тепловий потік постійно зростає від $17,0 \text{ кВт/м}^2$ до $41,0 \text{ кВт/м}^2$ (рис. 2). Зону «б», а саме, починаючи від 60 с до 90 с горіння вказаної суміші, ми вважаємо найактивнішою зоною. У цій зоні упродовж 30 с спостерігається такий режим процесу горіння вказаної суміші, який можна віднести до постійного з максимальним значенням потужності випромінювання (рис. 2). Зона «а», яка знаходиться в межах часу горіння $20 \dots 60 \text{ с}$ характерна тим, впродовж вказаного періоду значення теплового випромінювання постійно збільшується незалежно від форми дека. Так, якщо взяти деку прямокутної форми, то потужність теплового потоку від початку контролю (20 с) і до його кінця (60 с) стрімко збільшується від $18,61 \text{ кВт/м}^2$ до $41,22 \text{ кВт/м}^2$, що ста-

новить різницю в $22,6 \text{ кВт/м}^2$. При проведенні експериментів з використанням дека круглої форми, контролюючий процес до 15 с проходить дещо уповільнено, а після цього, значення теплового потоку практично не відрізняється від попереднього ($41,18 \text{ кВт/м}^2$), оскільки кінцева різниця між ними становить $0,04 \text{ кВт/м}^2$. Отже, на основі отриманих результатів можна стверджувати, що кінетичний процес в деках прямокутної і круглої форми ідентичний, що дає право на їх використання при проведенні полігонних випробувань ЗІЗ. Слід також зазначити, що зона «а» – це зона постійного підвищення значення теплового потоку в часі, що обумовлює вивчення термозахисних властивостей одягу для пожежників при нестационарному режимі (рис. 2). Аналогічні висновки, підтверджені експериментально, можна зробити і після 90 с горіння. Так, уже на 95 с проходження процесу, потужність теплового потоку зменшується в середньому до $38,0 \text{ кВт/м}^2$ що становить – 7,3 %, а на 120 с – до $35,0 \text{ кВт/м}^2$, що становить – 14,6 %, незалежно від форми дек. В кінці процесу горіння на 140 с, значення теплового випромінювання для дека прямокутної форми дорівнювало $3,04 \text{ кВт/м}^2$, а для дека круглої форми – $2,96 \text{ кВт/м}^2$, зменшившись від максимальної величини ($41,0 \text{ кВт/м}^2$) на 92,6 % та 92,8 % відповідно. Тому, на підставі отриманих результатів, указану графічну залежність, де спостерігається зменшення потужності теплового потоку в часі ми відносимо до зони «б» (рис. 2).

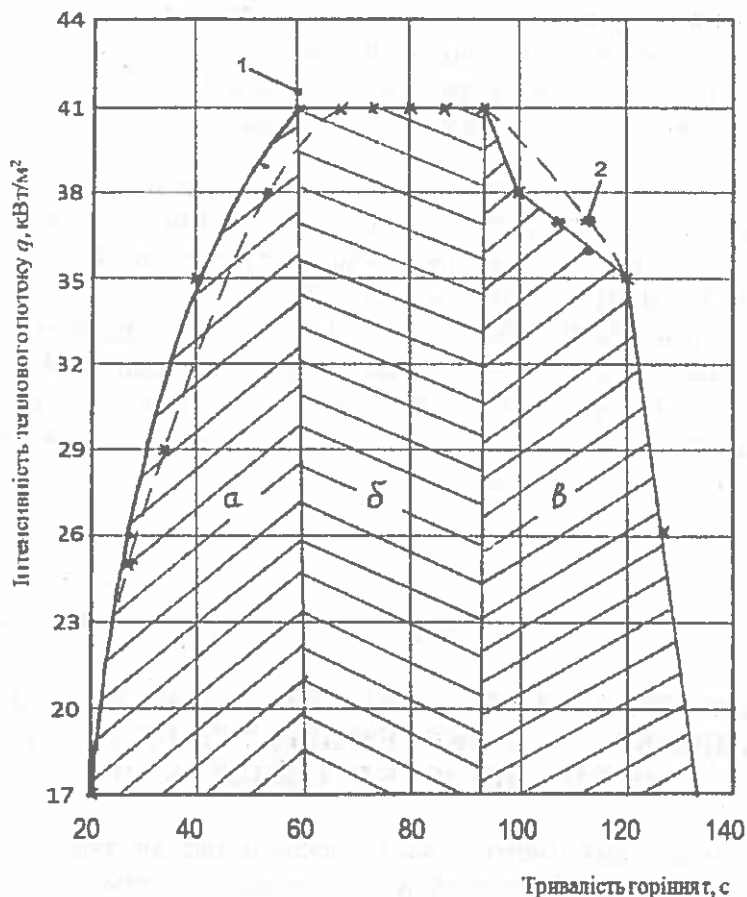


Рис. 2. Залежність зміни величини теплового потоку від тривалості горіння горючої рідини в деках прямокутної (1) та круглої (2) форми

Таким чином, аналіз результатів досліджень свідчить про те, що для проведення полігонних випробувань відносно оцінки термозахисних властивостей спеціального одягу, можна використовувати однакові за площею дека прямокутної або круглої форми. Окрім цього, враховуючи ті зміни значень теплового потоку, які відбуваються в часі, процес горіння можна розділити на такі зони впливу (рис. 2):

а – зона нестационарного активного режиму (НАР);

б – зона стаціонарного режиму (СР);

в – зона нестаціонарного затухаючого режиму (НЗР).

Запропонований розподіл дає змогу охарактеризувати високотемпературне джерело залежно від його природи (бензин, нафта, дизельне пальне тощо), кількості та часу горіння, і таким способом науково-обґрунтовано вибрати оптимальну зону режиму проведення досліджень термозахисних властивостей одягу для пожежників.

Висновки

1. Встановлено, що при однаковій площі джерела горіння $S \leq 1 \text{ м}^2$, форма дека істотно не впливає на значення інтенсивності теплового потоку. Теплові потоки від джерел горіння дек круглої та прямокутної форми площею $S \leq 0,75 \text{ м}^2$ відрізняються менш ніж на 1 %. Це дало змогу у методиці випробувань вибрати дека прямокутної форми для створення протяжних щільних джерел теплового потоку.

2. На основі проведення установчих експериментів було доведено, що зміна величини теплового потоку може бути поділена на три зони: а – зона нестаціонарного активного режиму (НАР), б – зона стаціонарного режиму (СР), в – зона нестаціонарного затухаючого режиму (ЗНР).

3. Розподіл процесу горіння на зони дає змогу охарактеризувати високотемпературне джерело залежно від його природи (бензин, нафта, дизельне пальне тощо), кількості та часу горіння, і таким способом науково-обґрунтовано вибрати оптимальну зону режиму проведення досліджень термозахисних властивостей ЗІЗ пожежників.

Список літератури:

1. НПБ 161-97. Нормы пожарной безопасности. Специальная защитная одежда пожарных от повышенных тепловых воздействий. Общие технические требования. Методика испытаний. – М.: ГУГПС и ВНИИПО МВД России. 1998 – 52 с.
2. Пат. 32071 Україна, МПК (2006), А 41 D 31/00. Полігон для вогневих випробувань захисного одягу пожежника / М.М. Козяр, А.С. Лин, В.В. Ковалишин, В.М. Фірман, Б.В. Штайн, Б. В. Болібрух. № U2007 02747; заявл.15.03.2007; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9. – С. 6.
3. ДСТУ 4466-2006 Пожарная техника. Одежда пожарника защитная. Общие технические требования и методы испытания.

А.С. Лыш, А.А. Мычко, М.М. Клымяк, А.В. Ивахов

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ И РАЗМЕРОВ, А ТАКЖЕ ОБЪЕМОВ ГОРЮЧЕЙ ЖИДКОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ИСТОЧНИКА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В статье наведены экспериментальные показатели параметров высокотемпературного источника теплового излучения, который используется во время оценки термозащитных свойств средств индивидуальной защиты пожарных. Исследовано влияние параметров высокотемпературных источников теплового излучения на оценку показателя стойкости к тепловому излучению средств индивидуальной защиты пожарных в условиях приближенных к реальным. Продемонстрировано характер изменений интенсивности теплового потока в зависимости от длительности горения высокотемпературного источника, обосновано выбор оптимальной геометрической формы для высокотемпературного источника, что используется при полигонных испытаниях теплозащитной одежды.

Ключевые слова: тепловой поток, высокотемпературный источник, полигонные испытания, конвективное тепло, термозащитные свойства.

INFLUENCE OF GEOMETRIC SHAPES AND DIMENSIONS, AND AMOUNT OF COMBUSTIBLE LIQUIDS IN HIGH-TEMPERATURE SOURCE ON ITS IRRADIATION INTENSITY

The article provides experimental characteristic figures of high-temperature source of heat irradiation, which are applied at the assessment of heat-shielding qualities of fire-fighter's personal protective equipment. Influence of high-temperature source of heat irradiation characteristics on the assessment of fire-fighter's personal protective equipment heat irradiation resistance is analysed in close to real-life environment. Patterns of thermal transfer rate change depending on the duration of high-temperature source flaring are displayed. Choice of ultimate geometric shape of high-temperature source is corroborated.

Key words: heat current, high-temperature source, ground test, convection heat, heat-shielding qualities.

