

**МІНІСТЕРСТВО НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ**

**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**ЛИН АНДРІЙ СТЕПАНОВИЧ**

УДК 614.842.615

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ  
ТЕРМОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО  
ЗАХИСТУ ПОЖЕЖНИКІВ**

21.06.02 – пожежна безпека

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Львів – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконано у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності МНС України.

Науковий керівник:

**Мичко Анатолій Андрійович**, доктор технічних наук, професор, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, професор кафедри легкої і харчової промисловості

Офіційні опоненти:

**Костенко Віктор Климентійович**, доктор технічних наук, професор, Донецький національний технічний університет, декан факультету екології і хімічних технологій.

**Гаврилко Олександр Андрійович**, кандидат технічних наук, Національний університет «Львівська політехніка», доцент кафедри будівельних конструкцій та мостів.

Захист відбудеться 11 травня 2011 року о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.874.01 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності МНС України за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

З дисертацією можна ознайомитися у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності МНС України за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

Автореферат розісланий « 8 » квітня 2011 року.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
к.т.н., с.н.с., доцент

В.В. Ковалишин

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Аналіз статистики пожеж в Україні свідчить, що у 2009 році виникло 44015 пожеж, при цьому загинуло 3209 людини. За період з 2003 по 2009 роки кількість травмованих серед особового складу пожежно-рятувальних підрозділів від дії підвищених температур та теплового випромінювання під час гасіння пожеж збільшилась на 14,5%.

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 щодо 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.

Відсутність в Україні науково обґрунтованих, сучасних, максимально наближених до реальних умов пожеж методик оцінювання стійкості ЗІЗ до теплового випромінювання, конвективного тепла полум'я, також стримує розроблення нової, більш ефективної продукції протипожежного призначення, що обумовлює актуальність проведення досліджень, спрямованих на їх удосконалення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами НДР, темами.** Робота виконувалась відповідно до «Програми забезпечення пожежної безпеки» на період до 2010 року, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 01.07.2002 року № 870 згідно з планом науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності МНС України за розділом 2 «Проведення наукових досліджень, щодо діяльності підрозділів НС України» п.10 «Підвищення теплозахисних характеристик одягу пожежників» (держ.реєстр. № 0108U006940).

**Ідея роботи** полягає у створенні максимально наближеної до реальних умов пожеж методики полігонних випробувань для оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників з використанням високотемпературного джерела теплового випромінювання з заданими параметрами, яке забезпечує одночасний вплив на досліджуваний зразок теплового випромінювання, конвективного тепла та полум'я.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної 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.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз статистики травматизму пожежників за останні роки, а також термозахисних властивостей захисного одягу пожежників;

- проаналізувати сучасні методики оцінювання термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту пожежників і виявити шляхи їх удосконалення;

- теоретично обґрунтувати вихідні параметри виготовлення приладу для визначення інтенсивності теплового потоку, придатного до застосування в методиці оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників в умовах, наближених до реальних пожеж;

- розробити математичну модель для визначення інтенсивності теплового потоку залежно від відстані до високотемпературного джерела та термофізичних характеристик полум'я;

- провести експериментальні дослідження з виявлення впливу геометричних форм і розмірів, а також об'ємів горючої рідини високотемпературного джерела на інтенсивність його випромінювання;

- обґрунтувати, розробити та апробувати методику полігонних випробувань з оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників в умовах, наближених до реальних пожеж.

**Об'єкт дослідження** – параметри високотемпературних джерел теплового випромінювання, які застосовуються під час оцінювання термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту пожежників.

**Предмет дослідження** – вплив параметрів високотемпературних джерел теплового випромінювання на оцінку показника стійкості до теплового випромінювання засобів індивідуального захисту пожежників в умовах, наближених до реальних.

**Методи досліджень.** При вирішенні поставлених в дисертації завдань було використано комплексний метод досліджень, який містить аналіз та узагальнення науково-технічних досягнень, які застосовуються у сучасних методиках проведення випробувань, а також спеціального устаткування, яке використовується для дослідження захисного одягу; математичне моделювання для дослідження величини теплового випромінювання залежно від відстані до високотемпературного джерела відповідної площі та форми, термофізичних властивостей полум'я, об'єму та складу горючої суміші; експериментальні дослідження термозахисних властивостей захисного одягу пожежника в умовах полігону з допомогою манекена та випробувачів-добровольців; застосування методів математичної статистики для перевірки достовірності отриманих результатів.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у розкритті 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. При цьому:

- вперше експериментально 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 джерела горіння дек круглої та прямокутної форми площею  $0,75 \text{ м}^2$  відрізняються менше ніж на 1%.

Це дозволило в методиці випробувань вибрати дека прямокутної форми для створення щільних джерел теплового випромінювання в методиці полігонних випробувань;

- вперше встановлено лінійну залежність між величинами інтенсивності випромінювання  $E$  (кВт/м<sup>2</sup>) і вихідного сигналу датчика  $U$  (мВ). Так при зміні інтенсивності теплового потоку від 0,1 до 50 кВт/м<sup>2</sup> збільшується вихідний сигнал датчика від 0,074 до 37,0 мВ. Це стало підґрунтям для створення приладу для вимірювання потужності теплового потоку;

- теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено експоненційну залежність величини теплового потоку від відстані до джерела теплового випромінювання. Так при віддаленні від джерела на віддаль від 1,65 м до 4,55 м, тепловий потік зменшується від 40 кВт/м<sup>2</sup> до 7 кВт/м<sup>2</sup>, що дозволило обґрунтувати геометричні параметри випробувального обладнання методики полігонних випробувань оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників. При цьому враховано площу горіння, склад горючої суміші, температуру горіння та висоту полум'я.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

- на підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень розроблено та створено полігон вогневих випробувань, а також впроваджено методику полігонних випробувань для оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників за одночасної дії теплового випромінювання, конвективного тепла та полум'я;

- проведені дослідження дозволили сформулювати технічні вимоги до захисного одягу пожежників, що увійшли до ДСТУ 7141: 2009 «Одяг пожежника тепловідбивний захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробування»;

- обґрунтовано теоретичні вимоги і вихідні дані та виготовлено прилад радіометр ВТП-01 для визначення потужності теплового потоку, який використовується в запропонованій методиці полігонних випробувань оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників;

- результати роботи впроваджено в навчальний процес ЛДУ БЖД МНС України під час викладання дисциплін «Психологічна підготовка до діяльності в екстремальних умовах» та «Засоби індивідуального та колективного захисту», а також при створенні полігону вогневих випробувань в ЛДУ БЖД МНС України та під час проведення науково-дослідних робіт з розроблення нових видів засобів індивідуального захисту пожежників.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати, які становлять зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно, ним сформульована мета та задачі дослідження, основні наукові положення, проведені теоретичні та експериментальні дослідження, систематизовані та узагальнені наукові результати, розроблена та науково обґрунтована методика полігонних випробувань з оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників. Автор проаналізував теоретичні і практичні основи, а також спеціальне устаткування, яке використовувалось для лабораторних, стендових і полігонних випробувань, обґрунтував вихідні дані і за його безпосередньою

участю створена полігонна база та проведені експериментальні дослідження з оцінювання термозахисних властивостей ЗІЗ пожежників, розроблена математична модель визначення залежності потужності теплового випромінювання від відстані до високотемпературного джерела та від його термофізичних характеристик. Він розробив план проведення експериментів, а також опрацював їх результати. Автору належать основні ідеї, узагальнення і висновки.

Особистий внесок здобувача у роботах, написаних у співавторстві:

[2] – наведено вимоги та етапи розробки і методи випробувань для оцінки термозахисних властивостей захисного одягу пожежників; [3] – проведено експериментальні дослідження, які показали, що робота радіометра ВТП-01 для вимірювання випромінювання до  $50 \text{ кВт/м}^2$  забезпечує використання в останньому термоелектричного приймача випромінювань, який складається із десятиспайної хромель-копелевої термобатареї, на робочі спаї якої нанесений тонкий пористий шар на основі платини; [4] – експериментально визначено інтенсивність теплового потоку залежно від відстані до високотемпературного джерела, яка становить  $7 \text{ кВт/м}^2$  на відстані 4,55 м та  $40 \text{ кВт/м}^2$  – на відстані 1,65 м; [5] – наведено результати досліджень стійкості до дії відкритого полум'я синтетичних матеріалів на основі полієфіуретанового та поліакрилнітрильного покриття; [6] – запропонована математична модель для визначення інтенсивності теплового потоку залежно від відстані до високотемпературного джерела теплового випромінювання та від його термофізичних характеристик; [12] – технічне рішення зі створення полігону для вогневих випробувань захисного одягу пожежників.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на: 7-й Всеукраїнській науково-практичній конференції рятувальників «Пожежна безпека та аварійно-рятувальна справа: стан, проблеми і преспективи» – Київ: УкрНДППБ, 2005 р.; Международной научно-практической конференции: Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации – Гомель: ГИИ, 2008 г.; 5-й Международной научно-практической конференции: «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» – Минск: КИИ, 2009 г.; 9-й Міжнародній науково-практичній конференції «Пожежна безпека – 2009» - Львів: ЛДУ БЖД, 2009 р.; 2-й Научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке» Днепропетровск: ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», 2010 г.;

**Публікації.** За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 11 наукових праць, 6 з яких – в спеціалізованих виданнях, що входять до переліку ВАК України, 5 тез доповідей на міжнародних та національних конференціях, отримано один патент України на корисну модель.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних в роботі літературних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації – 211 сторінок, в тому числі основна частина – 159 сторінок. Дисертація містить 27 таблиць, 48 рисунків, 6 додатків на 52 сторінках та 116 посилань на використані літературні джерела.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі дисертації висвітлено питання і проблеми, пов'язані з вивченням термозахисних властивостей ЗІЗ пожежників.

Проаналізовано вплив високих температур на пожежників. Наприклад, те, що за період з 2003 року по 2009 рік кількість травмованих від дії високих температур збільшилась на 14,5% при проведенні робіт на об'єктах різного призначення, засвідчує, що ймовірні небезпечні фактори пожежі (НФП), які можуть впливати на пожежника загалом, практично не можуть бути унормовані, оскільки кожен окремо взятий фактор має свою специфіку, а їх сукупність здатна призвести до багаторазової небезпечної дії. Роботи, що виконуються пожежниками в екстремальних умовах, належать до складних та небезпечних і проводяться цілодобово та не залежно від пори року. Але у реальних умовах основні НФП, до яких слід віднести відкрите полум'я, теплове випромінювання та конвективне тепло, діють одночасно.

Насамперед необхідно, щоб пожежники були не тільки професійно та психологічно підготовлені, але й екіпіровані надійними та ефективними ЗІЗ, термозахисні характеристики яких повинні бути науково обґрунтовані і досліджені з допомогою приладів і устаткування, що максимально наближають умови експериментів до реальних умов експлуатації.

При проведенні аналізу асортименту спеціального одягу встановлено, що залежно від виду пожежі, умов праці, дії тих чи інших НФП, використовують такі види: захисний одяг пожежника (ЗОП), захисний одяг пожежника загального призначення (ЗОЗП), теплозахисний одяг загального типу (ТЗОЗТ). Кожен вид ЗІЗ для пожежників характеризується теплофізичними, фізико-механічними та ергономічними характеристиками.

Аналіз літератури 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. Лабораторні методи досліджень дають змогу оцінити стійкість зразків матеріалів певної площі до теплового випромінювання інтенсивністю від 7 кВт/м<sup>2</sup> до 40 кВт/м<sup>2</sup>, конвективного та контактного тепла в межах 180 °С – 300 °С.

Стенові випробування проводяться на конкретних виробках (куртка, штани) з використанням манекена в закритих приміщеннях. Якщо стенові випробування матимуть негативні результати, виріб повертається в лабораторію на доопрацювання, а в разі позитивних оцінок – на полігонні дослідження. Отже стенові випробування є необхідною і важливою стадією науково-технічного процесу створення ЗІЗ.

Полігонні випробування – проведення досліджень при залученні випробувальників-добровольців, які можуть бути замінені на манекен в тому разі, коли НФП відносяться до високого класу небезпек. В даному випадку відкрите полум'я та теплове випромінювання слід також віднести до небезпечних факторів пожеж, оскільки вогнища пожежі плануються не

модельними, а такими коли горить конкретна речовина із заданими температурними характеристиками, для захисту від яких розробляється ЗІЗ.

На основі аналізу досліджень сформульовано мету та задачі дисертаційної роботи.

У другому розділі подано теоретичні дослідження методів визначення інтенсивності теплового випромінювання від дії відкритого полум'я, наведено характеристику лабораторних досліджень та стендових випробувань, які свідчать про те, що дослідження термозахисних властивостей спеціального одягу пожежників необхідно проводити в умовах одночасного впливу відкритого полум'я, яке характеризується конкретними значеннями конвективного тепла та теплового випромінювання.

Було зроблено припущення про необхідність використання полігонних випробувань, як одного із основних інструментів для оцінки термозахисних властивостей виробів в умовах, що максимально наближені до реальних.

Оскільки одним із впливових і небезпечних факторів пожежі є теплове випромінювання, то в зв'язку з відсутністю контрольних приладів, було розроблено теоретичну основу і обґрунтовано вихідні параметри виготовлення приладу радіометр ВТП-01. Під час його розробки, для вимірювання потужного випромінювання було розв'язано ряд задач, пов'язаних з метрологічним забезпеченням, вибором спектральної робочої області, підбором приймача випромінювання з необхідними техніко-експлуатаційними параметрами, методикою градуювання та оцінкою її точності.

Для вивчення впливу теплового випромінювання на підкостюмний простір обґрунтовано та вибрано 11 контрольних точок (груди, живіт, стегно, спина, плече, поперек, передпліччя, гомілка, кисть, стопа, чоло) на поверхні манекена, в які були вмонтовані термоопори з діапазоном вимірювання температур від 0 до 500°C. Місця розташування термоопорів на манекені збігаються з оптимальними температурними зонами організму з точки зору фізіології людини.

Променевий тепловий потік, який надходить від полум'я, залежить від ряду факторів, зокрема: температури полум'я, його товщини, концентрації випромінюючих речовин і геометричного відношення між джерелом вогню і приймачем випромінювання. Проте на практиці полум'я не є повністю циліндричної форми, його форма наближається до форми конуса. При математичному моделюванні теплового випромінювання було опрацьовано два методи визначення інтенсивності теплового випромінювання та запропонований свій метод, визначення інтенсивності теплового випромінювання під час випробування захисного одягу пожежника. При розробці нового методу нами розглядалось інтегрування площі поверхні полум'я на вертикально розміщену ділянку поверхні костюма. У першому з відомих методів, рівняння для визначення теплового потоку має такий вигляд:

$$q_r = \frac{0,3m\Delta H_c A_f}{4\pi d^2} \quad (1)$$

де  $A_f$  - площа поверхні пального, м<sup>2</sup>;  $m$  - масова швидкість вигорання, кг/м<sup>2</sup>;  $\Delta H_c$  - теплота згорання, кДж/г;  $r$  - відстань від осі факела до приймача М (рис.1).



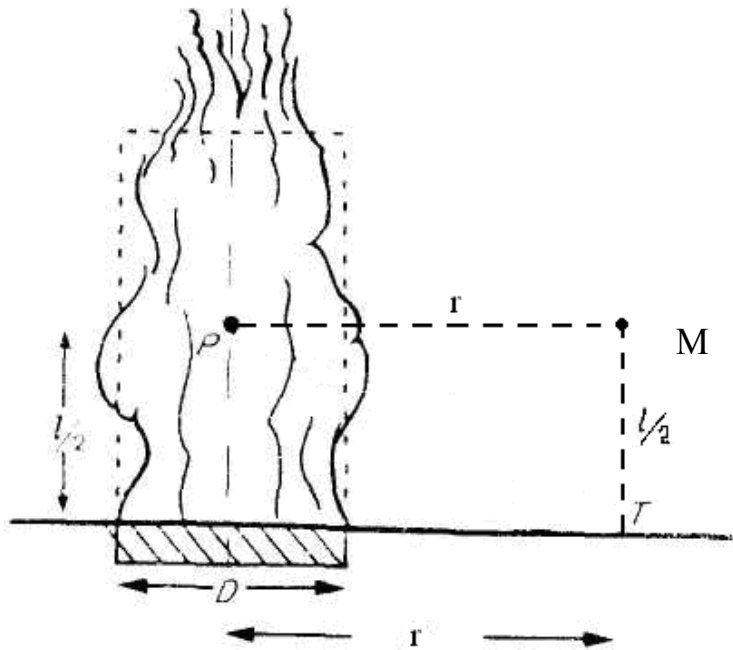


Рис.1. Схема оцінювання променевого теплового потоку

У другому методі для визначення інтенсивності теплового випромінювання, тепловий потік визначається за формулою:

$$q = E_f F_q \tau, \quad (2)$$

де  $E_f$  — середньоповерхнева інтенсивність теплового випромінювання полум'я, кВт/м<sup>2</sup>;

$F_q$  — кутовий коефіцієнт опромінення;

$\tau$  — коефіцієнт пропускання атмосферою.

$E_f$  приймають на основі наявних експериментальних даних. За відсутності даних допускається приймати величину  $E_f$  рівною 40 кВт·м<sup>2</sup> для нафтопродуктів, 40 кВт·м<sup>2</sup> для твердих матеріалів. Розраховують ефективний діаметр горіння рідини  $d$ , м, за формулою

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \quad (3)$$

де  $F$  — площа горіння, м<sup>2</sup>.

Розраховують висоту полум'я  $H$ , м, за формулою

$$H = 42d \left( \frac{M}{\rho_v \sqrt{gd}} \right)^{0,61}, \quad (4)$$

де  $M$  — питома масова швидкість вигорання палива, кг/(м·с);

$\rho_v$  — густина навколишнього повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — прискорення вільного падіння, 9,81 м/с<sup>2</sup>.

Визначають кутовий коефіцієнт опромінення  $F_q$  за формулою

$$E_q = \sqrt{F_v^2 + F_H^2}, \quad (5)$$

$$\text{де } F_v = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{S} \cdot \arctg \left( \frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) - \frac{h}{S} \left\{ \arctg \left( \sqrt{\frac{S-1}{S+1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left( \sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right) \right\} \right], \quad (6)$$

де

$$A = \frac{h^2 + S^2 + 1}{2S},$$

$$S = \frac{2r}{d},$$

$$h = \frac{2H}{d},$$

де  $r$  — відстань від геометричного центра площі горіння до опроміненого об'єкта, м

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{(B-1/S)}{\sqrt{B^2-1}} \cdot \arctg \left( \sqrt{\frac{(B+1)(S-1)}{(B-1)(S+1)}} \right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2-1}} \cdot \arctg \left( \sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right) \right], \quad (7)$$

$$B = \frac{1+S^2}{2S}.$$

Визначається коефіцієнт пропускання атмосфери за формулою

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4}(r-0,5d)]. \quad (8)$$

Проаналізувавши вищевказані методи, які застосовуються для визначення інтенсивності теплового випромінювання, нами було запропоновано новий метод для більш точного визначення теплового випромінювання.

$$d\Phi = I_n \cos \theta \cos \beta dS_2 d\omega; \quad d\omega = \frac{dS_1}{R^2} \quad (9)$$

Для зручності опису прийнято, що основа конуса лежить на площині  $Oxy$  та має радіус  $r$ , а висота конуса  $H$  лежить на осі  $Oz$ . Точку  $M$  розташуємо на  $y_0$  від початку координат у додатному напрямку та на висоті  $z_0$  (рис. 2).

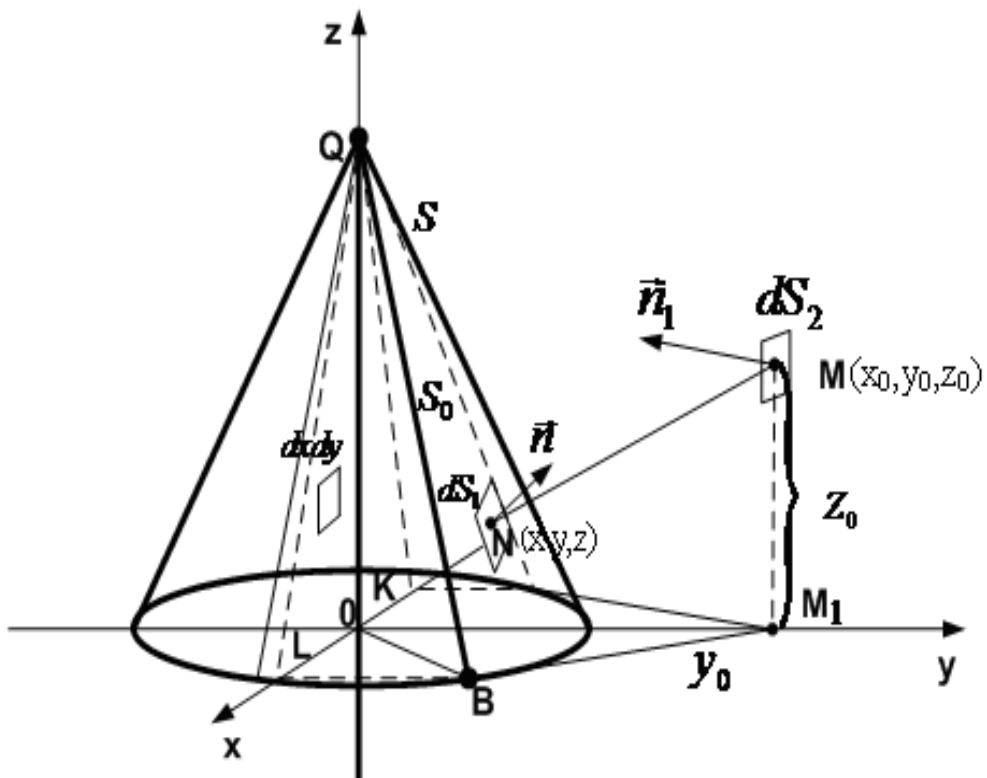


Рис. 2. Схема випромінювання поверхнею конуса

Таким чином тепловий потік, який потрапляє з поверхні конуса на вертикальну ділянку  $dS_2$  визначається за формулою:

$$q = \int_0^H dz \int_{-r\sqrt{\frac{y_0^2-r^2}{H^2}}\left(1-\frac{z}{H}\right)}^{r\sqrt{\frac{y_0^2-r^2}{H^2}}\left(1-\frac{z}{H}\right)} I_n \frac{\left( -\frac{x(x_0-x)}{r\sqrt{\frac{(z-H)^2}{H^2}-\frac{x^2}{r^2}}} - \left( y_0 - r\sqrt{\frac{(z-H)^2}{H^2}-\frac{x^2}{r^2}} \right) + \frac{(z_0-z)(z-H)r}{H^2\sqrt{\frac{(z-H)^2}{H^2}-\frac{x^2}{r^2}}} \right) \left( 2\sqrt{\frac{(z-H)^2}{H^2}-\frac{x^2}{r^2}} - y_0 \right)}{\left( (x_0-x)^2 + \left( y_0 - r\sqrt{\frac{(z-H)^2}{H^2}-\frac{x^2}{r^2}} \right)^2 + (z_0-z)^2 \right)^2} dx \quad (10)$$

Обчисливши (10), одержуємо значення теплового потоку, який потрапляє з поверхні конуса в точку М.

Підставивши експериментальні дані у вищевказані методи, які застосовуються для визначення інтенсивності теплового потоку, бачимо, що відомі методи розрахунку (рис. 3) дають занижену оцінку теплового потоку.

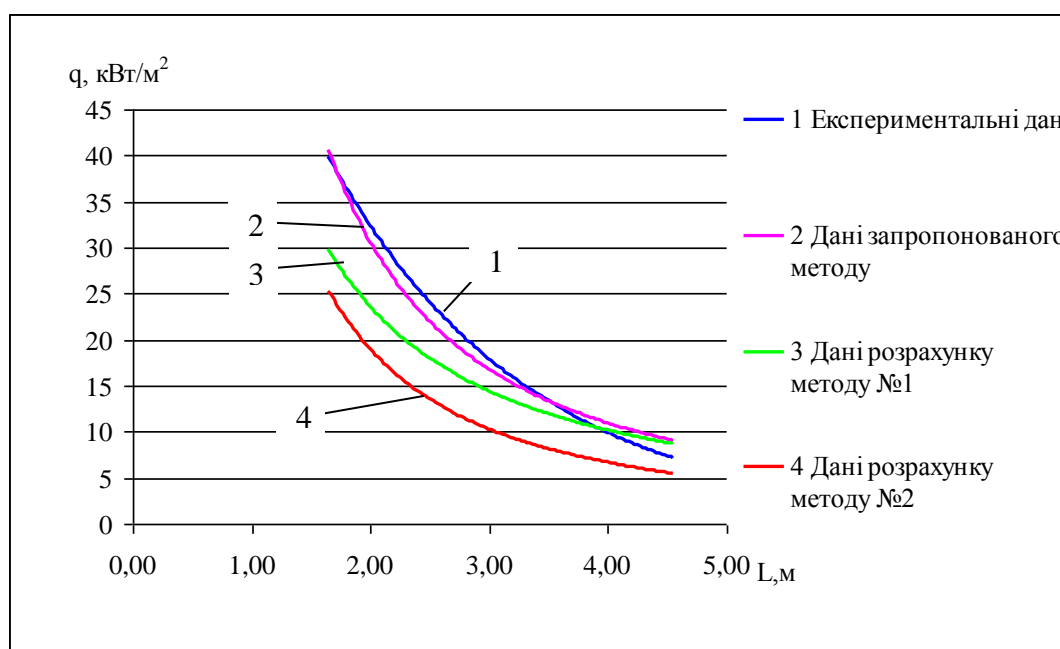


Рис.3. Залежності теплових потоків від відстані до високотемпературного джерела, визначені розрахунковими методами та на підставі експериментальних даних

Розглянувши (рис. 3) дані запропонованого методу для визначення інтенсивності теплового потоку, бачимо, що цей метод розрахунку є найбільш наближеним до експериментальних даних. Таким чином, створений нами метод доцільніше використовувати для визначення інтенсивності теплового випромінювання при проведенні експериментів.

**У третьому розділі** наведено результати досліджень зміни термofізичних характеристик високотемпературних джерел залежно від площі робочих дек та кількості горючої суміші. Для цього, на основі проведеного аналізу та результатів установчих експериментів було доведено, що площа робочого дека починаючи з  $0,075 м^2$  достатня при вирішенні задач, поставлених

в роботі. Якщо до указанного дека залити горючу суміш (300мл дизельного палива + 50 мл бензину А-80 – джерело № 1), то загальний час горіння дорівнює 300 с. Після 10 с проходження процесу площа полум'я збільшилась від  $0,02 \text{ м}^2$  до  $0,15 \text{ м}^2$ . Збільшення часу експерименту приводить до зменшення площі полум'я від  $0,14 \text{ м}^2$  (на 130 с) до його вихідного значення ( $0,02 \text{ м}^2$ ) на 290 с, що свідчить про закінчення процесу.

Якщо площу горіння збільшити у два рази, тобто вона буде дорівнювати  $0,15 \text{ м}^2$  і в декові буде міститись 600 мл дизельного палива і 100 мл бензину А-80 (джерело № 2), то при збільшенні часу горіння результати термофізичних показників теж змінюються. Так, площа полум'я постійно зростає від  $0,02 \text{ м}^2$  до  $0,25 \text{ м}^2$ . Указане збільшення відбувається з 140 с процесу і на 150 с та 160 с стає величиною постійною, а саме –  $0,25 \text{ м}^2$ . Якщо отримані показники порівняти, то за контрольний час (10...160 с) площа полум'я високо температурного джерела зросла на 1250 % і після 30 с постійного значення уже на 170 с спостерігається її зменшення від  $0,24 \text{ м}^2$  до  $0,02 \text{ м}^2$  на 250 с експерименту.

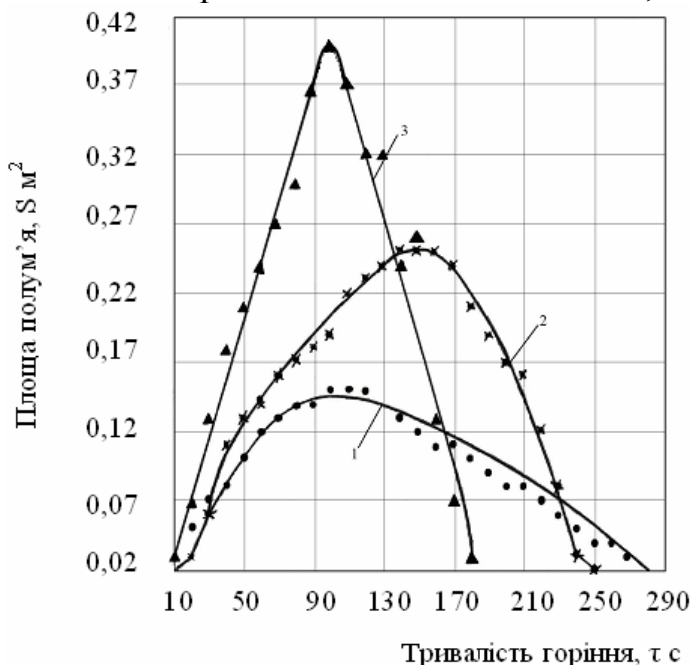


Рис. 4. Залежність величини площі полум'я від тривалості горіння високотемпературних джерел: 1- джерело № 1; 2 - джерело № 2; 3 - джерело № 3

Аналіз отриманих результатів свідчить, що температурні показники суттєво залежать від тривалості процесу горіння. Так, якщо за 50 с від початку реакції  $t = 176 \text{ }^\circ\text{C}$ , а  $t_l = 175 \text{ }^\circ\text{C}$ , то уже на 80 с указані показники збільшуються до  $267 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $264 \text{ }^\circ\text{C}$  відповідно. Отримані залежності прослідковуються тільки до 170 с горіння джерела № 1. Якщо кількість горючої рідини і площу дека збільшити (джерело № 2), то виявлені закономірності відносно температури у нижній та верхній частині об'єкта дослідження зберігаються, але її абсолютне значення набагато більше від значення джерела № 1. Так, якщо порівняти указані підконтрольні показники, то за 50 с горіння джерела № 2 температура в нижній частині  $t = 223,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , а у верхній –  $t_l = 218,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . За цей же час експозиції джерело № 1 характеризується такими показниками:  $t = 176,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , а  $t_l = 175 \text{ }^\circ\text{C}$ , тобто очевидно, що зміна, а саме: збільшення геометричних розмірів дека і об'єму

Аналогічні залежності були отримані, коли площу дека збільшили у три рази ( $0,225 \text{ м}^2$ ), а кількість горючої суміші дорівнювала при цьому 900 мл дизельного палива і 150 мл бензину А-80 (джерело № 3).

Отже на площу полум'я та її зміни в часі впливають геометричні розміри деків та кількість горючої суміші (рис. 4).

Експерименти показали, що при цьому змінюється також і температура в нижній ( $t$ ) та у верхній ( $t_l$ ) частині об'єкта дослідження, при чому  $t > t_l$  (рис. 5).

горючої рідини, призводить до отримання можливих або необхідних показників процесу. Слід зазначити також, що збільшення температури  $t$  і  $t_1$ , як і у першому випадку відбувається постійно, але тільки до певного часу, а саме в межах 120...150 с. Аналогічні закономірності були отримані і в тому разі, коли площа горіння була збільшена до  $0,225 \text{ м}^2$ , тобто втричі, як і об'єм горючої рідини (джерело № 3).

Отримані результати, які пов'язані з інтенсивністю теплового потоку показують, що у нижній частині об'єкта дослідження її значення для усіх без винятку високотемпературних джерел більше, ніж у верхній частині (рис. 6). Так, за 50 с горіння джерела № 1, інтенсивність теплового потоку у нижній частині дорівнює  $13,17 \text{ кВт/м}^2$ , а у верхній -  $12,73 \text{ кВт/м}^2$ , а наприклад, за 130 с  $q=17,25 \text{ кВт/м}^2$ , а  $q_1=16,96 \text{ кВт/м}^2$ .

Якщо проаналізувати джерело № 2, то за тих же 50 с горіння інтенсивність теплового потоку у нижній частині об'єкта дослідження дорівнює  $23,12 \text{ кВт/м}^2$ , а у верхній -  $22,95 \text{ кВт/м}^2$ , а на 130 с -  $q = 28,73 \text{ кВт/м}^2$ , а  $q_1 = 28,35 \text{ кВт/м}^2$ . При цьому слід відмітити, що зростання значення теплового випромінювання відбувається і в тому разі, коли були проведені аналогічні дослідження із джерелом № 3.

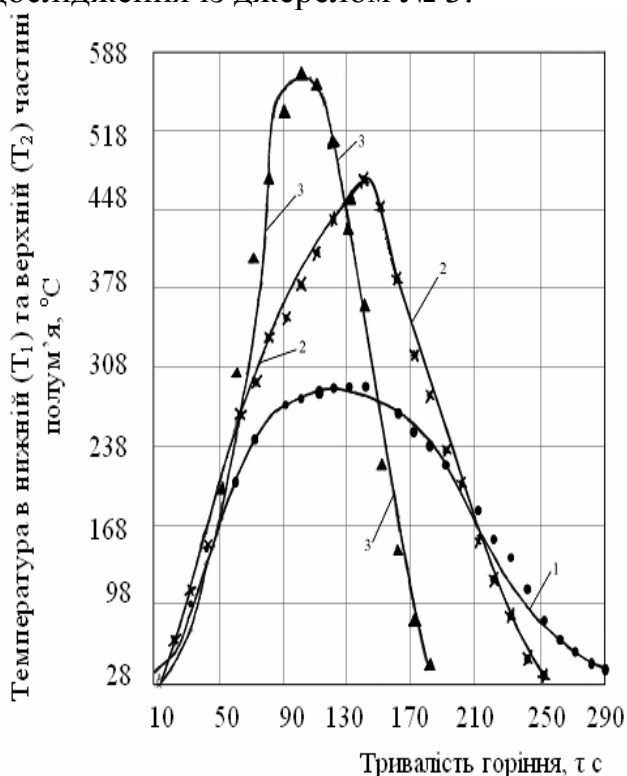


Рис. 5. Зміна температури в нижній (•) і верхній (x) частині об'єкта дослідження на відстані 0,5 м залежно від тривалості горіння високотемпературних джерел: 1- джерело № 1; 2 - джерело № 2; 3 - джерело № 3

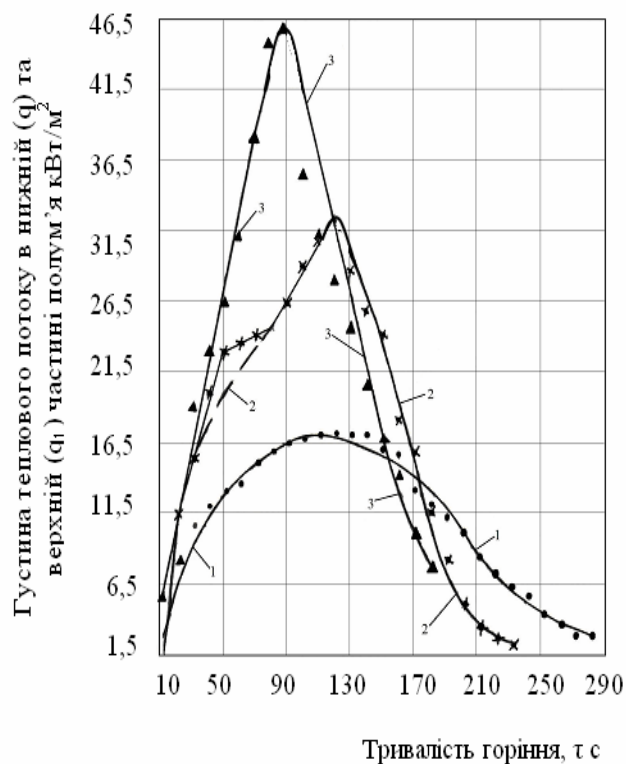


Рис. 6. Зміна інтенсивності теплового потоку в нижній (•) і верхній (x) частині об'єкта дослідження на відстані 0,5 м залежно від тривалості горіння високотемпературних джерел: 1 - джерело № 1; 2 - джерело № 2; 3 - джерело № 3

Аналіз отриманих результатів однозначно свідчить про те, що починаючи від моменту загоряння і до 90 с інтенсивність теплових потоків як у нижній, так

і у верхній частині постійно збільшується. А що стосується їх значення за 50 с горіння, то  $q=26,53$  кВт/м<sup>2</sup>, а  $q_I=26,49$  кВт/м<sup>2</sup>, тобто спостерігається збільшення значення теплового випромінювання.

Таким чином, отримані результати дають підставу стверджувати, що оскільки динаміка указаних процесів залежить насамперед від об'єму горючої рідини, геометричних розмірів деків та часу горіння, то максимальні значення термофізичних показників будуть такими: - для джерела № 1 площа полум'я дорівнює 0,15 м<sup>2</sup> (100...120 с); температура  $t=293$  °С (130 с); температура  $t_I=290,5$  °С (120...130 с); інтенсивність теплового потоку  $q=17,25$  кВт/м<sup>2</sup> (120 с); інтенсивність теплового потоку  $q_I=16,96$  кВт/м<sup>2</sup> (130 с); - для джерела № 2: площ а полум'я дорівнює 0,25 м<sup>2</sup> (140...160 с); температура  $t=478$  °С (140 с); температура  $t_I=477$  °С (140 с); інтенсивність теплового потоку  $q=32,47$  кВт/м<sup>2</sup> (120 с); інтенсивність теплового потоку  $q_I=32,23$  кВт/м<sup>2</sup> (120 с); - для джерела № 3: площа полум'я дорівнює 0,4 м<sup>2</sup> (100 с); температура  $t_I=566$  °С (100 с); інтенсивність теплового потоку  $q=45,95$  кВт/м<sup>2</sup> (90 с); інтенсивність теплового потоку  $q_I=45,55$  кВт/м<sup>2</sup> (90 с).

**У четвертому розділі** на основі проведених досліджень розроблено конструктивно-технологічну схему полігону для вогневих випробувань ЗІЗ пожежників та обґрунтовано методику полігонних випробувань захисного одягу, описано результати експериментальних досліджень, які були отримані на основі запропонованої методики.

Суттєва відмінність між стендовими випробуваннями та полігонними полягає в тому, що під час полігонних манекен може рухатись із заданою швидкістю вздовж високотемпературних джерел, утворених деками круглої чи прямокутної форми, однакової площі і заповнених горючою сумішшю із дизельного палива та бензину А-80.

На основі проведення установчих експериментів було доведено, що зміна величини теплового випромінювання може бути поділена на три зони: а – зона нестационарного активного режиму (НАР), б – зона стаціонарного режиму (СР), в – зона нестационарного затухаючого режиму (ЗНР) (рис. 7).

Запропонований розподіл від часу горіння суміші дає змогу охарактеризувати високотемпературне джерело, а з використанням розробленої математичної моделі – оцінити значення теплового випромінювання залежно від відстані до нього та термофізичних характеристик полум'я.

Відомо, що вибір матеріалів для розробки і виготовлення захисних костюмів проводиться за допомогою лабораторних методів дослідження, а оцінка готових виробів, особливо у більшості європейських держав, контролюється з допомогою стендів для яких використовують манекени типу «Термоман».

Позитивні та негативні характеристики указаних методів проаналізовано в роботі, на їх основі обґрунтовано необхідність проведення досліджень з використанням полігону (рис.8).

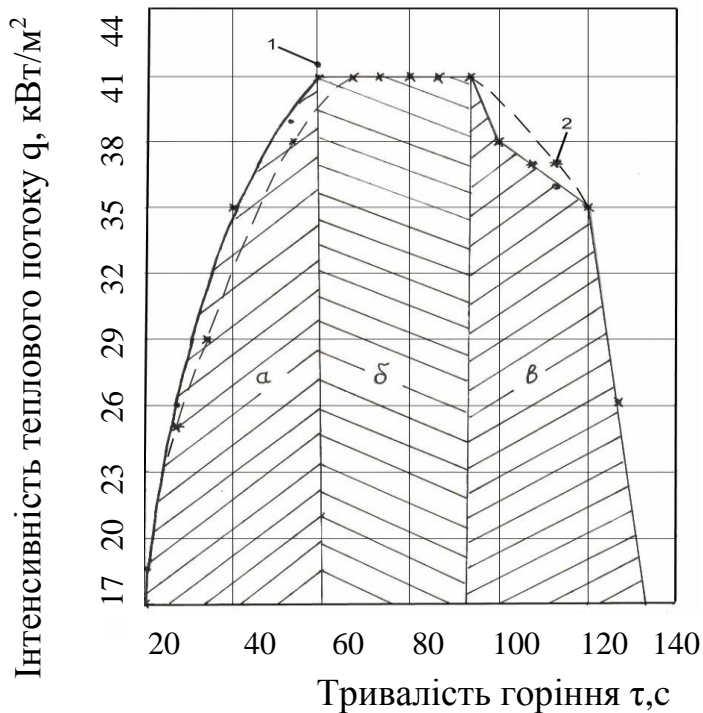


Рис. 7. Залежність зміни величини теплового випромінювання від тривалості горіння горючої рідини в деках прямокутної (1) та круглої (2) форми

вимірювання яких знаходиться в межах від 0 °С до 1400 °С та термоперетворювачі типу РТ-0102.

Враховуючи універсальні можливості полігонних досліджень, експерименти були проведені в режимі «стенд» з використанням манекена та в режимі «полігон» – із залученням випробувачів-добровольців.

Для створення заданих температурних режимів застосовуються макетні вогнища пожежі (дека площею 0,75 м<sup>2</sup>, які заповнені горючою рідиною). Відстані від деків до об'єкта дослідження визначається розрахунковим методом, а для контролю температури газоповітряного середовища на поверхні костюма використовують термopари ТХА-1007, робочий діапазон

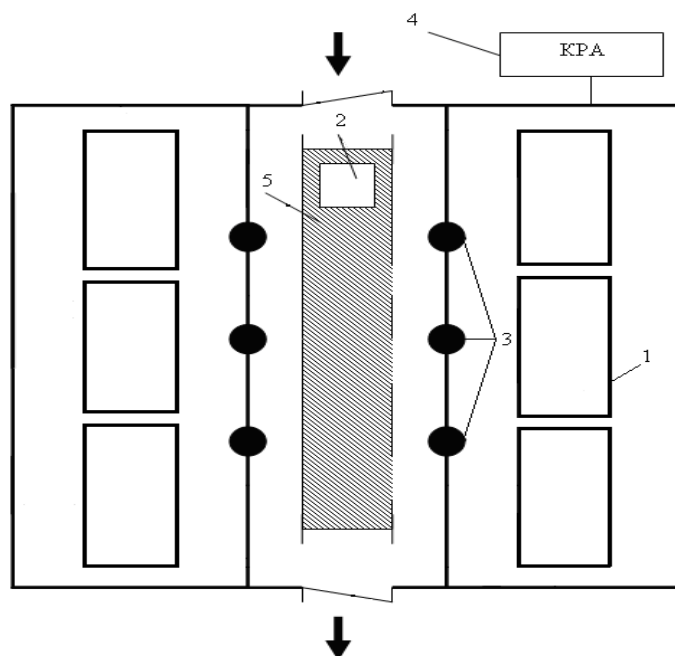


Рис. 8. Схема полігона для вогневих випробувань захисного одягу рятувальника з використанням манекена або випробувальника: 1 – макетні вогнища пожежі; 2 – рухома платформа для манекена і випробувальника; 3 – термоелектричні перетворювачі; 4 – контрольно-реєструюча апаратура; 5 – зона випробувань

Для визначення температури у підкостюмному просторі використовуються також термоперетворювачі типу РТ-0102, робочий діапазон яких від 0 °С до 500°С. Результати замірів температури газоповітряного середовища і температури у підкостюмному просторі фіксуються кожних 10 с за допомогою комп'ютерної програми, а інтенсивність теплового потоку контролюється за допомогою радіометра типу ВТП-01, робочий діапазон якого від 0 до 50 кВт/м<sup>2</sup>.

На першому етапі, як уже було зазначено, дослідження необхідно проводити з використанням манекена, одягненого в спеціальний термозахисний костюм. Якщо отримані результати експериментів задовольняють нормативним вимогам, то на другому етапі аналогічні дослідження проводять за допомогою випробувача. Швидкість пересування платформи з об'єктом дослідження (манекен) становить 0,6 м/с.

Для проведення експериментів були використані костюми, виготовлені із ПВХ-покриттям (Шторм), 100 % лляної тканини (Брезент) і алюмінієвим тепловідбивним покриттям (Індекс-1). На основі проведених експериментів з використанням прямокутних деків, площею 0,75 м<sup>2</sup> і кількістю горючої суміші в об'ємі 6 л дизельного палива + 0,5 л бензину А-80, було встановлено, що захисні костюми «Шторм», «Брезент» спроможні захистити пожежника від впливу високотемпературного джерела потужністю 7 кВт/м<sup>2</sup>, протягом 180 с, а тепловідбивний костюм «Індекс-1» – на протягом 1200 с, та від впливу 40 кВт/м<sup>2</sup> – протягом 30 с як в режимі «Стенд», так і в режимі «Полігон».

Експерименти, проведені в умовах розробленого полігону та методики випробувань захисного одягу, свідчать про те, що указані ЗІЗ під час дії теплового потоку 7 кВт/м<sup>2</sup> на відстані 4,3 м від високотемпературного джерела слід вважати надійними, оскільки значення критичної температури (50 °С) в контрольних точках підкостюмного простору не було досягнуто (рис. 9).

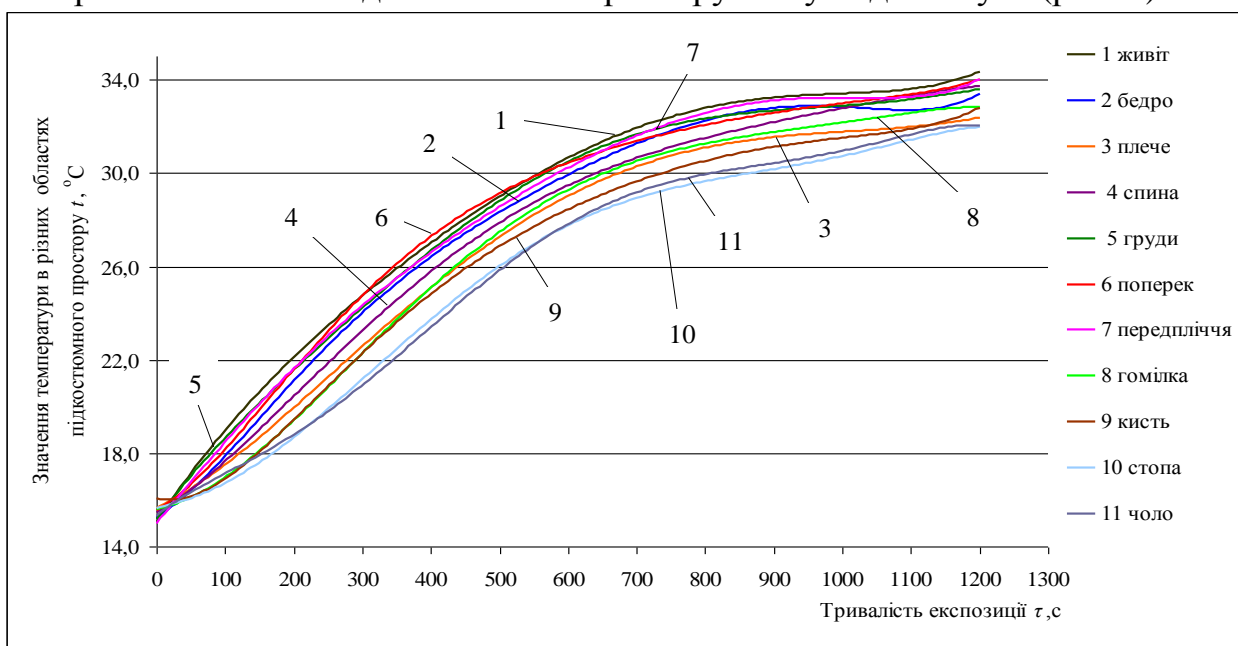


Рис.9. Залежність зміни значень температур в контрольних точках підкостюмного простору захисного одягу «Індекс-1» від тривалості впливу високо температурного джерела потужністю 7 кВт/м<sup>2</sup>



Аналогічний експеримент був проведений з тепловідбивним костюмом «Індекс-1» при дії на нього теплового потоку потужністю  $40 \text{ кВт/м}^2$ , який знаходився на відстані 1,5 м від високотемпературного джерела. Аналіз отриманих залежностей дає підставу стверджувати, що цей костюм спроможний захистити пожежника від дії теплового випромінювання потужністю  $40 \text{ кВт/м}^2$ , протягом 30 с. (рис.10). Після перевищення цього часу дії такого випромінювання даний зразок захисного одягу руйнується.

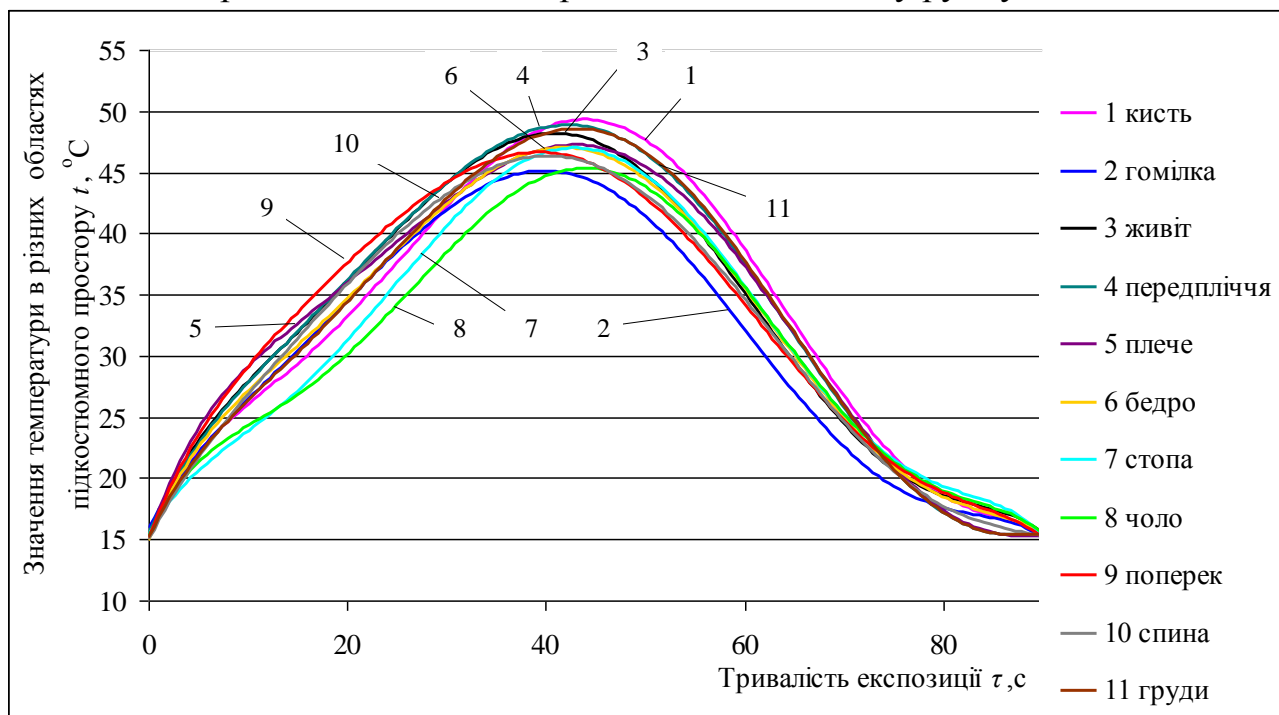


Рис. 10. Залежність зміни значень температур в контрольних точках підкостюмного простору захисного одягу «Індекс-1» від тривалості впливу високотемпературного джерела потужністю  $40 \text{ кВт/м}^2$

Таким чином, результати проведених нами досліджень підтвердили наукову обґрунтованість концепції відносно розробки методики випробування і створення полігону як дослідного устаткування для оцінки термозахисних властивостей ЗІЗ пожежника.

## ВИСНОВКИ

В дисертаційному дослідженні, що є завершеною науково-дослідною роботою, вирішено актуальну науково-технічну задачу розкриття особливостей впливу виду і геометричних розмірів високотемпературних джерел теплового випромінювання на їх характеристики, як підґрунтя створення максимально наближеної до реальних умов пожеж методики полігонних випробувань для оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників. На підставі проведених дисертаційних досліджень сформульовані такі науково-практичні результати та висновки:

1. На підставі результатів аналізу пожеж статистики за період з 2003 – 2009 рр. та аналізу ефективності захисного одягу пожежників зроблено

висновок, що підвищення травматизму внаслідок опіків, отриманих пожежниками під час гасіння пожеж і проведення аварійно-рятувальних робіт, на 14,5 %, обумовлене недостатньою ефективністю термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту пожежників.

2. На підставі результату аналізу сучасних методик оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників, зроблено висновок, що вони не в повній мірі відтворюють прояв таких небезпечних чинників пожежі, як полум'я, теплове випромінювання та підвищена температура. Це призводить до помилкових висновків під час сертифікації такого виду продукції протипожежного призначення. Висунуто припущення, що шляхами удосконалення методик оцінювання термозахисних властивостей одягу пожежників, як і інших засобів їхнього індивідуального захисту, є застосування максимально наближеної до реальних умов пожежі полігонної методики з визначеними параметрами джерела випромінювання, яке забезпечує одночасну дію на досліджуваний зразок теплового випромінювання конвективного тепла та полум'я.

3. Теоретично обґрунтовано параметри і вихідні дані розроблення і виготовлення радіометра ВТП-01 для визначення потужності теплового потоку, придатного до застосування в наближених до реальних умов пожеж полігонній методиці оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників. Встановлено лінійну залежність вихідного сигналу датчика від 0,074 до 37,0 мВ при зростанні інтенсивності випромінювання від 0,7 до 50 кВт/м<sup>2</sup>.

4. Розроблено математичну модель визначення потужності теплового потоку, який діє на досліджуваний зразок захисного одягу пожежника, залежно від термофізичних параметрів полум'я та відстані до джерела теплового випромінювання.

5. Експериментально визначено, що теплове випромінювання зі збільшенням відстані від його джерела зменшується експоненціально, так при віддаленні від джерела на відстань від 1,65 м до 4,55 м, тепловий потік зменшується від 40 кВт/м<sup>2</sup> до 7 кВт/м<sup>2</sup>, а також встановлено, що при однаковій площі джерела випромінювання, форма дека не впливає на значення інтенсивності теплового потоку, для дек круглої та прямокутної форми, площею 0,75 м<sup>2</sup> вони відрізняються менше ніж на 1 %.

6. Обґрунтовано, апробовано та впроваджено методику полігонних випробувань з оцінювання термозахисних властивостей ЗІЗ пожежників, в якій передбачено застосування розробленого приладу визначення теплових потоків в діапазоні їх вимірювання до 50 кВт/м<sup>2</sup>, а також запропонованого високотемпературного джерела із зазначеною геометричною формою (прямокутне деко площею 0,75 м<sup>2</sup>), розмірами, кількістю горючої рідини (6 л дизельного палива і 0,5 л бензину А-80), відстанню до досліджуваного зразка, а також конфігурацію і розмірами випробувального полігону (площею 10x10 м).

7. Із застосуванням запропонованої методики полігонних випробувань експериментальними дослідженнями встановлено, що захисний одяг пожежників «Шторм» і «Брезент» втрачає свої теплозахисні властивості від впливу теплового потоку потужністю 7 кВт/м<sup>2</sup> після 180 с дії такого потоку, а

тепловідбивний костюм «Індекс – І» їх зберігає протягом 1200 с, також встановлено, що тепловідбивний костюм «Індекс – І» зберігає свої термозахисні властивості від впливу теплового потоку потужністю 40 кВт/м<sup>2</sup> не більше 30 с.

8. Результати роботи впроваджено в навчальний процес ЛДУ БЖД МНС України під час викладання дисциплін «Психологічна підготовка до діяльності в екстремальних умовах» та «Засоби індивідуального та колективного захисту», а також під час проведення науково-дослідних робіт з розроблення нових видів засобів індивідуального захисту пожежників.

### **Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у таких роботах:**

1. Лин А. С. Аналіз проблем створення та випробування термозахисних властивостей одягу пожежників / А. С. Лин // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛПБ, 2004. – № 5. – С. 139-143.

2. Аналіз послідовності розробки і випробування захисних костюмів для рятувальників / Лин А. С., Мичко А. А., Клим'юк М. М., Ковалишин В. В., Болібрух Б. В. // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛПБ, 2005. – № 7. – С. 15-21.

3. Наукові аспекти створення радіометру для вимірювання потужних опромінностей / Ковалишин Вас. В., Фуртак С. П., Лин А. С., Ковалишин Вол. В. // Науковий вісник. – К.: УкрНДІПБ, 2007. - № 1 (15). – С. 91-97.

4. Результати полігонних випробувань з визначення параметрів небезпечних факторів відкритого полум'я, що діють на захисний одяг пожежних / Мичко А. А., Лин А. С., Ковалишин В. В., Лозинський Р. Я. // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУБЖД, 2008. - № 13. – С. 25-30.

5. Мичко А. А. Дослідження термостійкості спеціальних матеріалів при дії відкритого полум'я / А. А. Мичко, М.М. Клим'юк, А. С. Лин // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУБЖД, 2009. – № 14. – С. 79-84.

6. Мичко А. А. Математичне моделювання теплового випромінювання для випробування захисного одягу пожежників випробувальників / А. А. Мичко, А. Д. Кузик, А. С. Лин // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУБЖД, 2009. – № 14. – С. 171-176.

7. Лин А. С. Обґрунтування доцільності полігонних випробувань термозахисних властивостей одягу пожежників / А. С. Лин // Пожежна безпека та аварійно-рятувальна справа – стан, проблеми і перспективи: Матеріали VII Всеукраїнської наук.-практ. конф. рятувальників. – К.: УкрНДІПБ, 2005. – С. 223-225.

8. Мычко А. А. Полигон для огневых испытаний защитной одежды пожарника / А. А. Мычко, А. С. Лин // Материалы докладов междунауч.-практ. конф.: Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации. – Гомель: ГИИ, 2008. – С. 96-99.

9. Лин А. С. Вдосконалення досліджень термозахисних властивостей спеціального одягу пожежників – рятувальників / А. С. Лин, А. А. Мичко // Зб.

тез доповідей IV міжнарод. наук.-практ. конф.: Пожежна безпека – 2009. – Л.: ЛДУБЖД, 2009. – С. 106-107.

10. Мычко А. А. Обоснование оптимальных геометрических форм макетных очагов пожара при проведении полигонных испытаний /А. А. Мычко, А. С. Лин // Сб. тезисов докл. V междуна. науч.-практ. конф.: Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – Минск: КИИ, 2009. – С. 279-280.

11. Лин А. С. Способи вивчення захисних властивостей спеціального одягу пожежників-рятувальників / А. С. Лин, А. А. Мычко // Сб. науч. трудов II междуна. науч.-практ. конф.: Безопасность жизнедеятельности в XXI веке 2010. – Днепропетровск: ГВУЗ ПГАСА, 2010. – С. 133-136.

12. 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. № u 2007 02747; заявл. 15.03.2007; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9. – С. 6.

## АНОТАЦІЯ

**Лин А.С. Удосконалення обладнання та методики оцінювання термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту пожежників. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02-пожежна безпека. – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Міністерства надзвичайних ситуацій. – Львів, 2011.

Метою роботи було розкриття особливостей впливу виду і геометричних розмірів високотемпературних джерел на їх характеристики, як підґрунтя створення максимально наближеної до реальних умов пожежі методики полігонних випробувань для оцінки термозахисних властивостей захисного одягу пожежників.

Теоретично встановлено та експериментально підтверджено експоненційну залежність зменшення теплового потоку зі збільшенням відстані від високотемпературного джерела. Так при віддаленні від джерела від 1,65 м до 4,55 м, тепловий потік зменшується від 40 кВт/м<sup>2</sup> до 7 кВт/м<sup>2</sup>, що дозволило обґрунтувати геометричні параметри випробувального обладнання (полігону). Побудовано математичну модель для визначення інтенсивності теплового потоку, яка враховує відстані до високотемпературного джерела та термофізичні характеристики полум'я.

Розкрито вихідні параметри виготовлення приладу для визначення інтенсивності теплового потоку. При розробці цього приладу було розв'язано ряд задач, пов'язаних з метрологічним забезпеченням, вибором спектральної робочої області, підбором приймача випромінювання, методикою градування та оцінкою їх точності.

Експериментально досліджено геометричну форму та розмір високо температурних джерел, а також об'ємів горючої рідини та їх вплив на інтенсивність випромінювання.

Обґрунтовано методику полігонних випробувань для оцінки термозахисних властивостей захисного одягу пожежників.

**Ключові слова:** високотемпературне джерело, температура підкостюмного простору, полігонні випробування, спеціальний одяг, тепловий потік.

## АННОТАЦІЯ

**Лын А.С. Усовершенствование оборудования и методики оценивания термозащитных свойств средств индивидуальной защиты пожарных. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02-пожарная безопасность. - Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности Министерства чрезвычайных ситуаций. – Львов, 2011.

Эффективность тушения пожаров и проведение спасательных работ личным составом пожарно-спасательных подразделений зависит как от наличия и использования современных технических средств и средств пожаротушения, так и от эффективности средств индивидуальной защиты (СИЗ), особенно защитной одежды пожарных.

Действующие нормативные документы, которые регламентируют требования к методам оценки термозащитных свойств СИЗ, не в полной мере обеспечивают исключение попадания в пожарно-спасательные подразделения некачественных образцов одежды, что отрицательно сказывается на показателях пожарной статистики. Отсутствие в Украине научно обоснованных современных максимально приближенных к реальным условиям пожаров, методов оценки стойкости СИЗ к тепловому излучению, конвективному теплу и пламени, также сдерживает разработку новой, более эффективной продукции противопожарного назначения, которая обуславливает актуальность проведения исследований, направленных на ее усовершенствование.

Идея работы состоит в создании максимально приближенной к реальным условиям пожара методики полигонных испытаний для оценки термозащитных свойств защитной одежды пожарных с использованием высокотемпературных источников излучения с заданными параметрами, которые обеспечивают одновременное действие теплового излучения, конвективного тепла и пламени.

Теоретически установлено и экспериментально подтверждено экспоненциальную зависимость уменьшения теплового потока с увеличением расстояния от высокотемпературного источника. Так при удалении от источника излучения от 1,65 до 4,55 м, тепловой поток уменьшается от 40 кВт/м<sup>2</sup> до 7 кВт/м<sup>2</sup>, что позволило обосновать геометрические параметры испытательного оборудования (полигона). Построена математическая модель для определения интенсивности теплового потока, которая учитывает расстояние до высокотемпературного источника излучения и термодинамические характеристики пламени. Раскрыты исходные параметры изготовления прибора для определения интенсивности теплового потока.

Разработана идея определения термозащитных свойств защитной одежды в условиях полигона с использованием манекена и с привлечением испытателей. Для решения поставленных задач разработана конструкторско-технологическая схема полигона и методика испытаний, с помощью которой является

возможным проведение исследований в режиме «Стенд» при использовании манекена, и в режиме «Полигон» - при участии испытателей.

Критерием оценки термозащитных свойств специальной одежды определено температуру подкостюмного пространства которая не должна превышать 50 °С. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований разработано и построено впервые в Украине полигон для испытаний защитной одежды и внедрено методику полигонных испытаний для оценки термозащитных свойств защитной одежды пожарных.

Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс ЛГУ БЖД МЧС Украины при изучении дисциплин «Психологическая подготовка к действиям в экстремальных условиях», «Средства индивидуальной и коллективной защиты», о чем имеется соответствующий акт.

**Ключевые слова:** высокотемпературный источник, температура подкостюмного пространства, полигонные испытания, специальная одежда, тепловой поток.

## ANNOTATION

### **A.S. Lyn Improvement of Equipment and Thermo-protective Properties Methodology of Personal Protective Equipment. – Manuscript.**

Thesis for obtaining scientific degree of Candidate of Engineering, specialization 21. 06. 02. – Fire Safety. – Lviv State University of Vital Activity Safety. – Lviv, 2011.

The aim of the thesis was to reveal kind and geometric dimensions influence particularities of high-temperature sources on their characteristics, as a basis of creation the closest to real fire conditions technique of firing ground testing for thermo-protective properties of personal protective equipment evaluation.

It was theoretically determined and experimentally confirmed exponential dependence of thermic current decrease with high-temperature source distance increase, e.g. thermic current decreases from 40  $kWt/m$  to 7  $kWt/m$  being put away from the source from 1,65m to 3,55m, that gave the opportunity to substantiate geometric parameters of tested equipment (firing ground). There has been built mathematical model for intensity of thermic flow determination that takes into account distance to high-temperature source and thermo-physical characteristics of flame.

Basic parameters for producing of thermic current determination apparatus were revealed.

While producing the apparatus a set of mathematic problems connected with metrological support, choice of spectral working field, radiation receiver selection, graduating technique and evaluation of their accuracy were solved.

Geometric shape and size of high-temperature sources, combustible liquids volume and their influence on radiation intensity were experimentally investigated.

Technique of firing ground testing for thermo-protective properties of personal protective equipment evaluation was substantiated.

Key words: high-temperature source, temperature of space under firefighting uniform, firing ground testing, special firefighters and rescuers clothing.

Підписано до друку 06.04.2011 р.  
Друк різнограф.  
Наклад 100 прим.

Формат 60x90/16  
Ум. друк. арк. 1,0  
Зам. № \_\_\_\_/2011

---

ЛДУ БЖД, 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35