

А.С. Лин, канд. тех. наук<sup>1</sup>, А.А. Мичко, д-р техн. наук, професор<sup>2</sup>,  
М.М. Клим'юк, канд. тех. наук<sup>1</sup>, А.В. Івахов<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,

<sup>2</sup> Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля)

## УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКИ ПОЛІГОННИХ ВИПРОБУВАНЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТЕРМОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ПОЖЕЖНИКІВ

У статті наведено максимально наближену до реальних умов пожежі методику 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. Продемонстровано характер зміни інтенсивності теплового потоку залежно від тривалості горіння високотемпературного джерела, та наведено конструктивно-технологічну схему устаткування, яке постійно подає горючу рідину у деку, в наслідок чого горіння високотемпературного джерела відбувається в стаціонарному режимі.

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

**Вступ.** Індивідуальний захист пожежника має відповідати конкретним вимогам, бути ефективним та надійним, ґрунтуватись на характеристиках небезпечних факторів пожежі (НФП) різноманітних об'єктів та підприємств. Тому розробка та удосконалення методів і засобів захисту пожежників від дії високих температур під час ліквідації пожежі і рятування людей в умовах високих ерготермічних навантажень, є актуальною задачею.

Діючі нормативні документи, які регламентують вимоги щодо методик оцінювання термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту (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 пожежі 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.

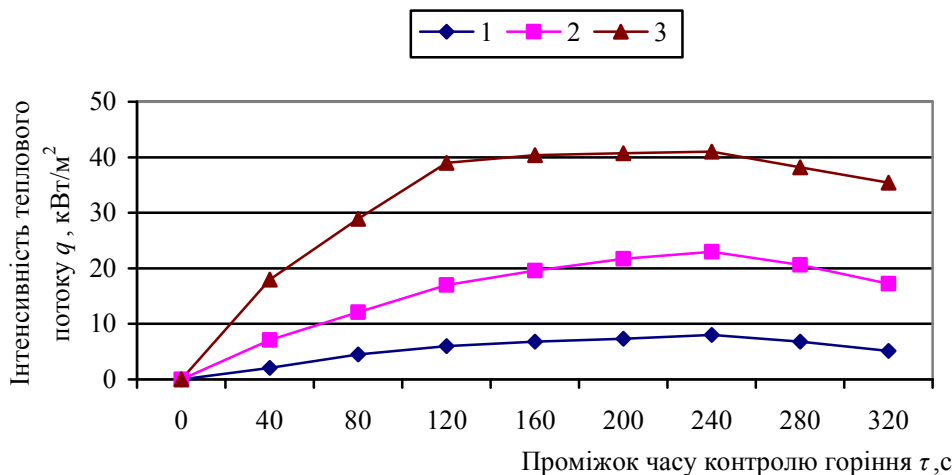
Небезпечним є той факт, що під час роботи в екстремальних ситуаціях, пожежник повинен бути надійно захищений від теплового випромінювання, високої температури та конвективного тепла, вплив яких відбувається одночасно.

**Метою роботи** є удосконалення обладнання та створення максимально наближеної до реальних умов пожежі методики полігонних випробувань для оцінювання термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту пожежників.

**Основна частина.** Критерієм оцінки захисного одягу при цьому слід вважати температуру підкостюмного простору, значення якої не повинно перевищувати 50 °С. Величина підкостюмного температурного поля може змінюватись в широкому діапазоні, оскільки залежить, насамперед, від термофізичних характеристик власне пожежі, особливо величини теплового потоку, про що свідчать результати установчих експериментів.

Для проведення досліджень, нами була використана дека площею 0,75 м<sup>2</sup>. До складу горючої суміші входили 6 літрів дизельного палива та 0,5 літра бензину А-80, при горінні якої висота полум'я не менше 2 м. Контроль зміни значення теплового випромінювання проводився радіометром ВТП-01 в залежності від його відстані до високотемпературного джерела. Аналіз отриманих результатів досліджень показав, що значення теплового потоку збільшується, коли

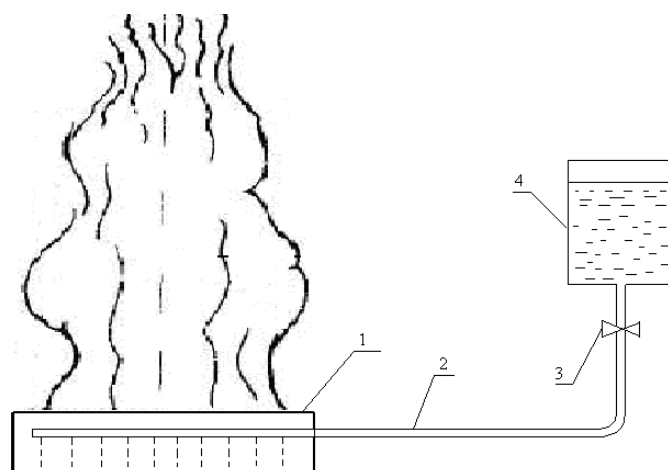
відстань між модельною пожежею і радіометром зменшується. Так, якщо контролювати цей показник на відстані 4,3 метра, то бачимо, що упродовж двох хвилин процесу теплове випромінювання зростає від нуля до 6 кВт/м<sup>2</sup>, а на 4 хвилині воно стало дорівнювати 8 кВт/м<sup>2</sup> (рис. 1). Якщо відстань зменшити до 2 метрів, то значення теплового випромінювання за той же час, а саме на 2 і 4 хвилині, дорівнює 17 та 23 кВт/м<sup>2</sup> відповідно (рис. 1). Але максимальне значення теплового потоку  $q$  було отримане при відстані 1,5 метра до вогнища (рис. 1). Так, уже за дві хвилини горіння, потужність теплового потоку  $q = 39$  кВт/м<sup>2</sup>, значення якого постійно зростає в часі і уже на 4 хвилині експерименту теплове випромінювання дорівнює 41 кВт/м<sup>2</sup>.



**Рис. 1.** Залежність величини теплового потоку в часі при горінні вогнища площею 0,75 м<sup>2</sup> і відстані: 1 – 4,3 м; 2 – 2,0 м; 3 – 1,5 м.

Таким чином, аналіз отриманих результатів свідчить про можливість проведення досліджень для вивчення термозахисних властивостей ЗІЗ пожежників. Але окрім цього слід зазначити, що незалежно від відстані об'єкту дослідження до високотемпературного джерела, значення інтенсивності теплового потоку  $q$  (кВт/м<sup>2</sup>) повинно бути на протязі заданого часу. В нашому випадку очевидно, що теплове випромінювання досягає необхідної величини тільки на короткий час (рис. 1) з послідуочим її зменшенням. Це приводить до отримання некоректних результатів. Причиною такого явища, як показали установчі експерименти, є надмірно швидке вигорання дизельного палива, що приводить до суттєвого зменшення його в об'ємі, перегрівання та кипіння. Тому, для проведення подальших експериментів, нами було розроблено спеціальне устаткування (рис. 2) для постійної подачі горючої рідини (дизельне паливо) з ємності 4 для указаної рідини, по трубопроводу 2 через кран регулювання 3, в деку 1. Завдяки тому, що об'єм дизельного палива, яке поступає в нижню частину дека, не змінюється від вихідного його значення, горіння високотемпературного джерела відбувається в стаціонарному режимі. Так, аналіз отриманих результатів показує, що після підпалювання горючої суміші значення інтенсивності теплового випромінювання на протязі 55...65 с збільшується (в середньому до 10...12 кВт/м<sup>2</sup>) і до 255 с експерименту практично не змінюється. Це свідчить про те, що розроблене устаткування дає змогу отримувати інтенсивність теплового потоку певної величини в стаціонарному режимі на протязі 195 с (рис. 3), а регулюючи відстанню до об'єкту дослідження впливати на нього заданим його значенням (рис. 3).

На основі отриманих результатів експериментів нами розроблена методика полігонних випробувань для оцінки термозахисних властивостей одягу пожежників. Для цього, як раніше було зазначено, випробування проводять з використанням манекена та випробувачів. Об'єктом випробування є спеціальний термозахисний одяг різного асортименту, що використовується в пожежно-рятувальній службі МНС України, який розробляється на замовлення МНС України, а також пропонується до виготовлення та використання виробниками з власної ініціативи.

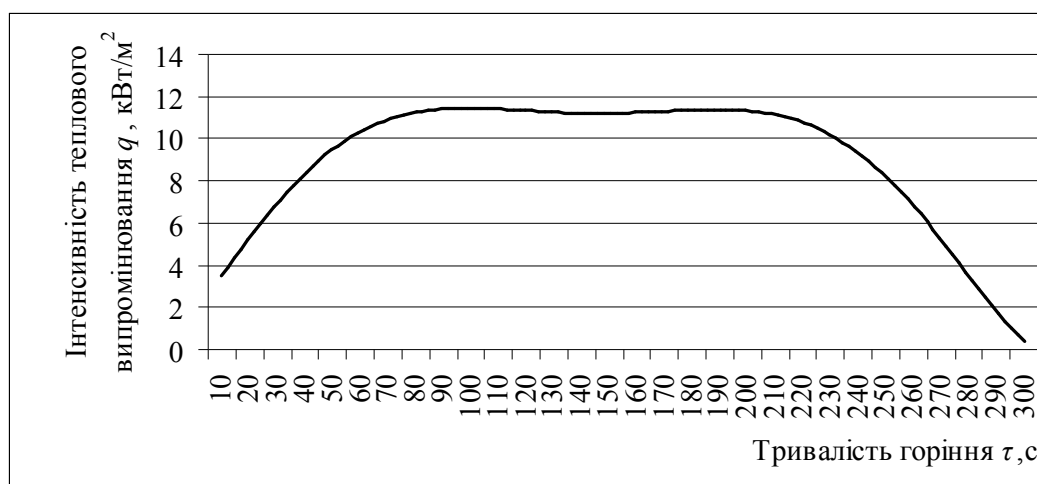


**Рис. 2.** Схема подачі горючої рідини в зону горіння:

1 – макет вогнища пожежі, 2 – трубопровід подачі горючої рідини, 3 – кран для подачі горючої рідин, 4 – ємкість з горючою рідиною

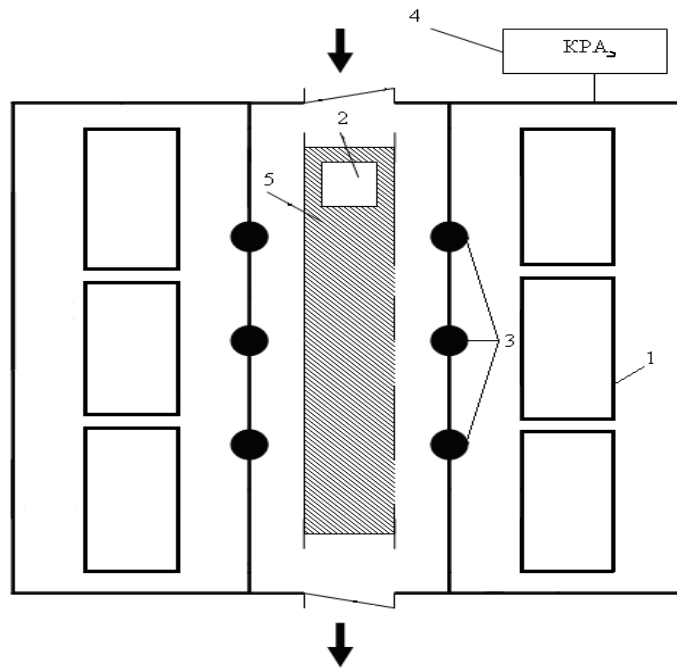
Випробування, згідно з наведеною методикою проводяться з метою визначення відповідності основних термозахисних показників виробу до вимог нормативно-технічної документації і ДСТУ, та можливих шляхів його доопрацювання (удосконалення), а також їх порівняння з показниками термозахисного одягу, що виготовляються зарубіжними фірмами.

Для проведення випробування термозахисного одягу підбір зразків проводиться у відповідності вимог НТД на виріб, а в разі відсутності інформації про кількість зразків для випробування, то з партії виробів така їх кількість (за узгодженням із виробником та замовником), яка необхідна для визначеного виду випробування, але не менше п'яти. Під час відбору зразків використовується принцип випадковості. У випробуваннях мають право приймати участь виробник і органи, що здійснюють нагляд за безпекою, охороною здоров'я і природи.



**Рис. 3.** Залежність величини теплового потоку від тривалості горіння вогнища  $0,75 \text{ м}^2$  при постійній подачі горючої рідини

Випробування проводили на полігоні вогневих випробувань ЛДУ БЖД МНС України з технічними характеристиками: довжина 10 м, ширина 10 м і висота 3 м (рис. 4).



**Рис. 4.** Схема полігону 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 – контрольна-вимірювальна апаратура; 5 – зона випробувань.

Для створення необхідних температурних режимів застосовуються макетні вогнища пожежі, що складаються з шести металевих дек. Відстані від дек до об'єкту дослідження, а також між собою визначаються розрахунковим методом з урахуванням складу горючої рідини, температури зовнішнього повітря та необхідної випробувальної температури.

Для заміру температури газоповітряного середовища на поверхні костюму використовуються термопари ТХА-1007, робочий діапазон вимірювання температур від 0 °С до 1400 °С та термоперетворювачі типу РТ-0102, а для визначення температури в підкостюмному просторі використовуються термоперетворювачі РТ-0102, робочий діапазон від 0 °С до 500 °С. Результати замірів температури газоповітряного середовища і температури в підкостюмному просторі фіксуються кожні 10 с за допомогою комп'ютерної програми. В процесі випробування дозволяється використовувати інші засоби (прилади) аналогічного призначення, які забезпечують вказану точність вимірів зазначених параметрів. Усі прилади, що застосовують під час випробувань, повинні пройти метрологічний контроль і атестування.

Випробування захисного одягу для пожежників проводять в умовах полігону. На першому етапі, як було зазначено, дослідження необхідно проводити з використанням манекену. Якщо отримані результати експериментів задовольняють нормативним вимогам, то на другому етапі аналогічні дослідження проводять з допомогою випробувача.

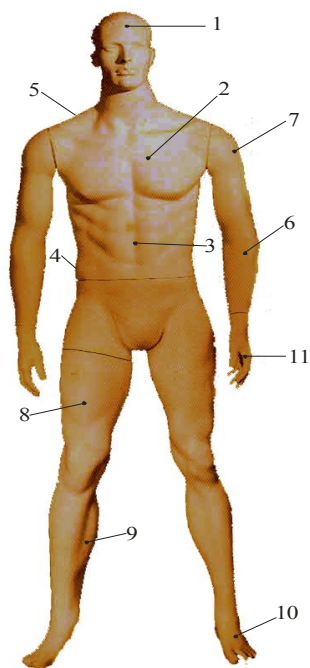
Отже, основною метою проведення випробувань з використанням манекену в умовах полігону є визначення спроможності конкретного виробу до термозахисту від одночасного впливу високотемпературного джерела, яке характеризується площею полум'я, температурою та інтенсивністю теплового випромінювання в нижній та верхній його частині.

Для контролю за температурою в підкостюмному просторі на манекен встановлюють термоелектричні перетворювачі типу РТ-0102 (з діаметром не більше 0,5 мм і діапазоном виміру від 0 °С до 500 °С) в точках, що відповідають для виміру середньозваженої температури на тілі людини (рис. 5).

Манекен одягають в термозахисний одяг і встановлюють на спеціальну платформу, що рухається з швидкістю 0,6 м/с. Місце виводу термопар з підкостюмного простору повинно додатково герметизуватись від навколишнього середовища.

Значення температур реєструється за допомогою комп'ютерної програми кожні 10 с і відомості заносяться в спеціальну таблицю.

Рівень теплового випромінювання на полігоні контролюється приладами для вимірювання теплового потоку (радіометр ВТП-01), робочий діапазон від 0 до 50 кВт/м<sup>2</sup>. Під час дослідження постійно здійснюється контроль температури у підкостюмному просторі в визначених проміжках часу. В разі досягнення в будь-якій точці підкостюмного простору температури 50 °С випробування зупиняються. Після завершення дослідження термозахисний одяг знімають з манекена і оглядають з метою виявлення термічних пошкоджень (можливість подальшого випробування). Результати випробування та візуального огляду заносять до протоколу випробувань.



**Рис. 5.** Схема розміщення термоелектричних перетворювачів типу РТ-0102:

1 – чоло; 2 – груди; 3 – живіт; 4 – попереk; 5 – спина; 6 – передпліччя; 7 – плече; 8 – стегно; 9 – гомілка; 10 – стопа; 11 – кисть

При позитивних результатах випробування з використанням манекену дослідження проводяться за участю випробувачів-добровольців. Рішення про проведення випробування за участю випробувачів-добровольців приймає керівник випробування. Перед початком випробування проводиться відбір випробувачів-добровольців та страхувальників.

Досліджується їх стан здоров'я, вимірюються фізіологічні антропометричні показники, визначається їх теплова стійкість. Показники не повинні перевищувати наступні величини: температура тіла 36,8 °С, частота пульсу 80 уд/хв, артеріальний тиск 120-130/60-80 мм.рт.ст.

Допуск випробувача до роботи в термозахисному одязі здійснює тільки лікар-фізіолог, про що робить запис у формуляр випробувань. Після медичного обстеження з випробувачами, страхувальниками та бригадою, що обслуговує випробування, проводиться інструктаж, під час якого кожному ставиться завдання, детально визначається порядок його виконання, вивчається питання техніки безпеки. Інструктаж проводить керівник випробувань з реєстрацією в спеціальному журналі. Перед випробуванням проводять заняття з випробувачами, щодо вивчення конструкції, а також правил експлуатації виробу. Контроль за фізичним станом випробувачів здійснюється суб'єктивно (візуально або по самопочуттю випробу-

вачів) а також вимірах частоти пульсу, артеріального тиску після виконання комплексу вправ і фізіологічних показників під час спеціальних перерв (відпочинку). В процесі проведення випробувань постійно підтримується зв'язок з випробувачами за допомогою переносних радіостанцій. Випробування щодо перевірки термозахисних показників одягу для пожежників передбачають: ознайомлення з документацією на виріб, перевірку його зовнішнього вигляду і випробування на манекені (результати експериментів). Документація на виріб передбачає: технічні умови, паспорт, правила експлуатації. Окрім вказаних можуть надаватись інші документи за згодою зацікавлених організацій. Зовнішній огляд термозахисного одягу і визначення його готовності до випробування. Під час зовнішнього огляду визначається якість виготовлення виробу, комплектність, маса комплекту, цілісність швів. Загальний зовнішній вигляд. За результатами зовнішнього огляду встановлюється готовність виробу до випробування. Про готовність виробу і дихальних апаратів робиться запис у формуляр випробувань.

При досягненні в зоні випробування полігону необхідних контрольних умов, випробувач, одягнений в термозахисний одяг заходить в зону випробування і знаходиться там до кінця випробування, час якого визначається за такими тестами як його суб'єктивне відчуття, закінчення запасу повітря в дихальному апараті, досягнення часу захисної дії термозахисного виробу та час виконання поставленого завдання. При нормальному перебігу випробування, команду на вихід випробувачу із випробувальної зони дає керівник випробування, яке припиняється негайно при виникненні непередбачуваних обставин, що несуть загрозу для випробувача-добровольця.

Після виходу випробувача-добровольця з випробувальної зони з нього знімають термозахисний одяг і перевіряють фізіологічні показники: частоту пульсу, температуру тіла та артеріальний тиск, а також проводяться опитування про його самопочуття та візуально оглядають виріб. Результати випробування, медичні показники та результати опитування випробувача-добровольця і огляд термозахисного одягу заносять в формуляри.

### **Висновки**

При проведенні досліджень залежності зміни теплового випромінювання в часі при горінні вогнища площею  $0,75 \text{ м}^2$ , очевидно, що теплове випромінювання досягає необхідної величини тільки на короткий час з послідувачим її зменшенням. Тому для проведення подальших експериментів нами було розроблено спеціальне устаткування для постійної подачі дизельного палива в нижню частину деки не змінюючи його вихідного значення, внаслідок чого горіння високотемпературного джерела відбувається в стаціонарному режимі.

Для проведення досліджень захисних властивостей захисного одягу пожежника від дії високотемпературного джерела було використано манекен, оснащений 11 термоелектричними перетворювачами типу РТ-0102 і одитий в захисний костюм та закріплений на спеціальній платформі, яка може рухатись вздовж розміщених високотемпературних джерел із заданою швидкістю  $0,6 \text{ м/с}$ , моделюючи пересування пожежника в реальних умовах.

При проведенні полігонних випробувань захисного одягу в режимі «манекен» критерієм оцінки є температура підкостюмного простору, яка у 11 контролюючих точках не повинна перевищувати  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , а в режимі «випробувач» критерієм оцінки були значення указаних температур, які не повинні збільшуватись на протязі конкретного указанного часу при заданих (або отриманих) термофізичних показниках високотемпературного джерела.

Удосконалено методику полігонних випробувань для оцінки термозахисних властивостей захисного одягу пожежника з використанням манекену, а при позитивних результатах – із залученням випробувача.

### **Список літератури:**

1. **Нормы** пожарной безопасности. Специальная защитная одежда пожарных от повышенных тепловых воздействий. Общие технические требования. Методика испытаний : НПБ-161:97. – 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. № и 2007 02747; заявл.15.03.2007; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9. – С. 6.
3. Одяг пожежника захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ДСТУ 4366:2005 [Чинний від 2005- 01-07]. – К.: Держспоживстандарт Ук-раїни, 2005. – 35 с. – (Національний стандарт України).
4. Романенко М.П. Теплопередача в пожарном деле / Романенко М. П., Вубырь Н.Ф., Башкирцев М. П., 1969. – 424 с.

*А.С. Лин, А.А. Мычко, М.М. Клымык, А.В. Ивахов*

### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТОДИКИ ПОЛИГОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ТЕРМОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНИКОВ**

В статье приведено максимально приближенную к реальным условиям пожара методику полигонных испытаний для оценивания термозащитных свойств защитной одежды пожарников с использованием высокотемпературного источника теплового излучения с заданными параметрами, которое обеспечивает одновременное влияние на испытуемый образец теплового излучения, конвективного тепла и пламени. Показано характер изменения интенсивности теплового потока в зависимости от продолжительности горения высокотемпературного источника, и приведено конструктивно-технологическую схему оборудования, которое постоянно подает горючую жидкость в деку, в результате чего горение высокотемпературного источника происходит в стационарном режиме.

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

*А. Lyn, А. Mychko, М. Klymyuk, А. Ivakhov*

### **IMPROVEMENT OF EQUIPMENT AND METHODOLOGY OF GROUND TEST FOR ASSESSMENT OF HEAT-SHIELDING CHARACTERISTICS OF FIREFIGHTER'S PROTECTION WEAR**

The article provides the closest to real conditions methodology of ground test for assessment of heat-shielding characteristics of firefighter's protection wear with the usage of high-temperature heat source with preset parameters which provides simultaneous influence of thermal radiation, convection heat and flames on examined sample. The nature of heat flow intensity change depending on duration of high-temperature source burning is demonstrated. The article provides a structural layout and a process flowsheet of equipment for constant supply of combustion agent into deck in consequence of which high-temperature source burning occurs in steady-state condition.

**Key words:** heat flow, high-temperature heat source, ground test, convection heat, heat-shielding characteristics

