

*А.С. Лин, канд. тех. наук<sup>1</sup>, А.А. Мичко, д-р техн. наук, професор<sup>2</sup>, А.В. Івахов<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, <sup>2</sup>Східноукраїнський  
національний університет імені Володимира Даля)*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА МЕТОДИКОЮ ПОЛІГОННИХ ВИПРОБУВАНЬ ОЦІНЮВАННЯ ТЕРМОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ПОЖЕЖНИКІВ**

В статті наведено результати досліджень, які підтвердили наукову обґрунтованість концепції відносно розробки методики випробування і створення полігону, як дослідного устаткування для оцінки термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) пожежника. Продемонстровано характер зміни значень температури в контрольних точках підкостюмного простору захисного одягу, який виготовлено із ПВХ покриття (Шторм), 100 % льняної тканини (Брезент) із алюмінієвим тепловідбивним покриттям (Індекс-1) від тривалості впливу високотемпературного джерела потужністю 7 кВт/м<sup>2</sup> та 40 кВт/м<sup>2</sup>.

**Ключові слова:** тепловий потік, високотемпературне джерело, термозахисні властивості, захисний одяг пожежника, захисний матеріал.

**Вступ.** Чинні нормативні документи, які регламентують вимоги щодо методик оцінювання термозахисних властивостей засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), не є досконалими і тому до пожежно-рятувальних підрозділів можуть потрапити неякісні зразки ЗІЗ, а це своєю чергою, впливатиме 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 та полум'я, також стримує розроблення нової, більш ефективної продукції протипожежного призначення, що обумовлює актуальність проведення досліджень, спрямованих на їх удосконалення.

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

**Метою роботи** є створення максимально наближеної до реальних умов пожеж методики полігонних випробувань для оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників.

**Основна частина.** Раніше нами було зазначено, що методики, які використовуються для дослідження термозахисних виробів, передбачають лабораторні, стендові та полігонні експерименти і вогневі випробування. Однак, більшість розробників термозахисного одягу через різні причини обмежуються тільки лабораторними дослідженнями при виборі спеціальних матеріалів, швейних ниток, фурнітури тощо і стендовими випробуваннями уже виготовленого одягу. Але, оскільки на полігоні можна створити умови максимально наближені до реальних, то, на нашу думку, поєднання стендових і полігонних випробувань готових термозахисних виробів є оптимальним варіантом для їх оцінки.

Експерименти насамперед проводились з використанням манекена. Термоелектричні перетворювачі закріпили на грудях, животі, стегні, гомілці, спині, передпліччі, плечі та попереку.

Для проведення досліджень були використані костюми виготовлені із ПВХ з покриттям («Шторм»), 100 % льняної тканини («Брезент») і алюмінієвим тепловідбивним покриттям (Індекс-1).

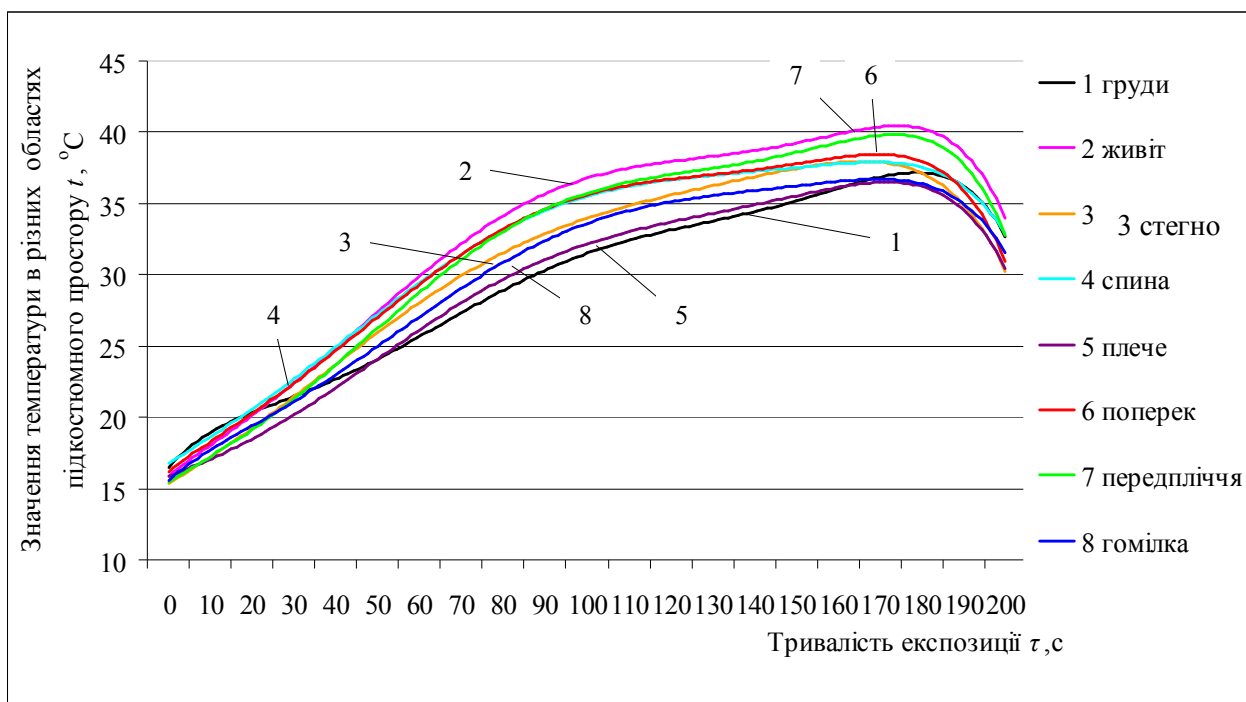
Як високотемпературне джерело було використано деки площею 0,75 м<sup>2</sup>, з шістьма літрами дизельного палива та 0,5 літрами бензину А-80. В процесі проведення досліджень, постійно через кожні 10 с, автоматично, у восьми точках контролювали зміну температури підкостюмного простору та інтенсивності теплового потоку полум'я залежно від відстані до джерела високої температури.

Дослідження, проведені з використанням костюма «Шторм» (рис. 1) показали, що залежно від часу горіння, температура на усіх контрольних точках підкостюмного простору

зростає. Якщо її значення конкретизувати то температура в області грудей за 100 с горіння збільшилась з 16,2 °С до 31,21 °С, а наприклад, в області попереку – з 15,9 °С до 35,59 °С.

Отримані дані прослідковуються для усіх контрольних точок лише протягом 180 с горіння, при яких інтенсивність теплового потоку має максимальне значення – 7,2 кВт/м<sup>2</sup>. Найбільші зміни температурних показників за цей час відбуваються в області живота. Так, за 10 с процесу температура підкостюмного простору у цій області дорівнювала 18,73 °С, за 90 с горіння збільшилась до 36,27 °С, а на 180 с експерименту стає найбільшою і дорівнює 39,96 °С.

Якщо провести узагальнення отриманих результатів (рис. 1) то стає очевидним, що при використанні спеціального одягу «Шторм» протягом 180 с і на відстані 4,3 м від високотемпературного джерела, потужність якого не перевищує 7,2 кВт/м<sup>2</sup>, є можливість захиститись від його впливу. При цьому найбільш термозахисною слід вважати область грудей, плечей, передпліччя, стегна, гомілки, спини, попереку та живота (рис. 1). Аналогічні експерименти були проведені з використанням захисного одягу, виготовленого із брезентової тканини. Якщо отримані результати проаналізувати, то необхідно зазначити, що максимальне значення теплового випромінювання від високотемпературного джерела становить 7,01 кВт/м<sup>2</sup>. Температура підкостюмного простору в області грудей збільшилась з 15,3 °С до 35,85 °С, а в області, наприклад, спини – з 15,2 °С до 34,94 °С (рис. 2). Найбільше підвищення температури (до 35,85 °С), відбувається в області грудей та живота (35,8 °С). Найменший вплив при цьому відмічено в області гомілки та попереку, які слід вважати найбільш захищеними і в разі проведення експериментів із захисним костюмом «Брезент».



**Рис. 1.** Залежність зміни значень температур в різних областях підкостюмного простору захисного одягу «Шторм» від тривалості впливу високотемпературного джерела

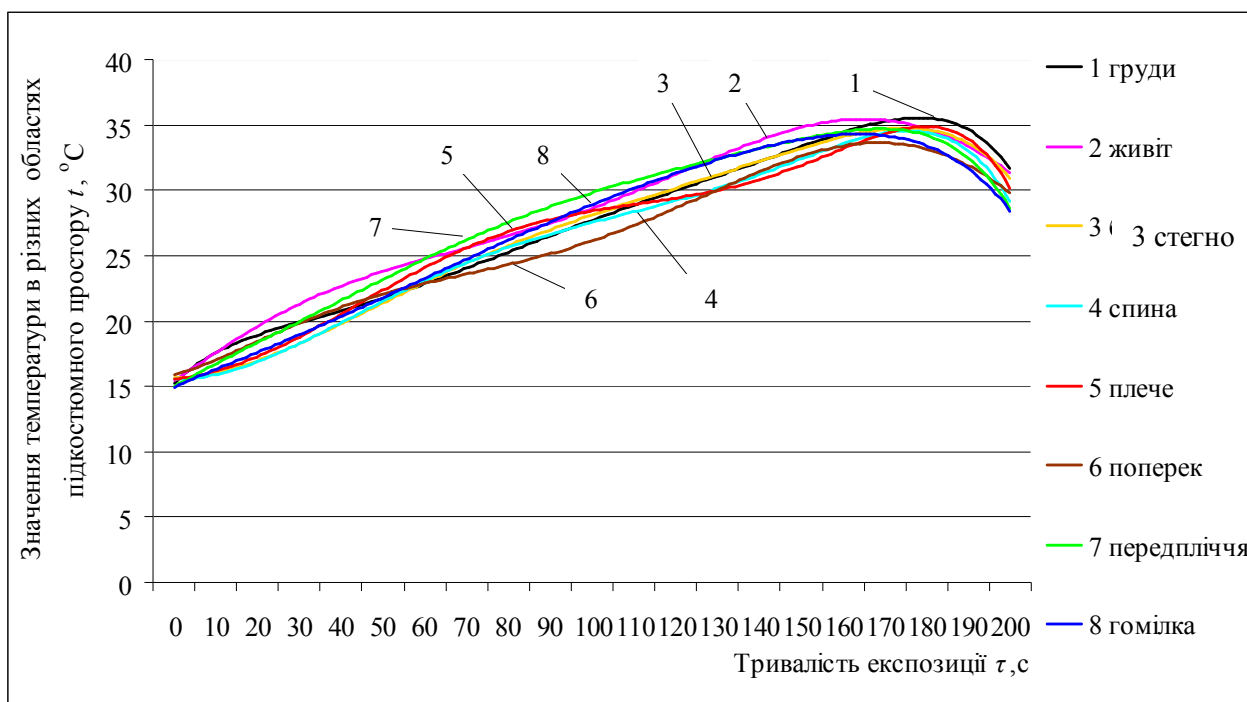
Подальший аналіз отриманих результатів свідчить про те, що зростання температури в підкостюмному просторі відбувається постійно, незалежно від місця знаходження контрольних точок. Але при цьому слід зазначити, що вказаний процес в окремо взятому випадку, залежить від величини інтенсивності теплового потоку.

Експерименти свідчать, що протягом усього часу проходить підвищення температури в підкостюмному просторі (рис. 2).

Отримані результати показують, що активне збільшення температури в підкостюмному просторі виробу «Брезент» відбувається в області живота та грудей, за якими слідує область стегна (35,12 °С), передпліччя (35,07 °С), плеча (34,98 °С), спини (34,94 °С), гомілки (34 °С) та попереку (34,6 °С).

Необхідно зазначити також, що вплив високотемпературного джерела, термофізичні характеристики якого контролювались на відстані 4,3 м від манекена, одягненого в костюм «Брезент», не можна віднести до небезпечних, оскільки на протязі указанного часу експозиції, величина критичної температури (50 °С) в підкостюмному просторі не була досягнута.

Але якщо порівняти результати досліджень, то можна зробити висновок, що захисний костюм «Брезент» характеризується кращими захисними властивостями (рис. 1 і 2).

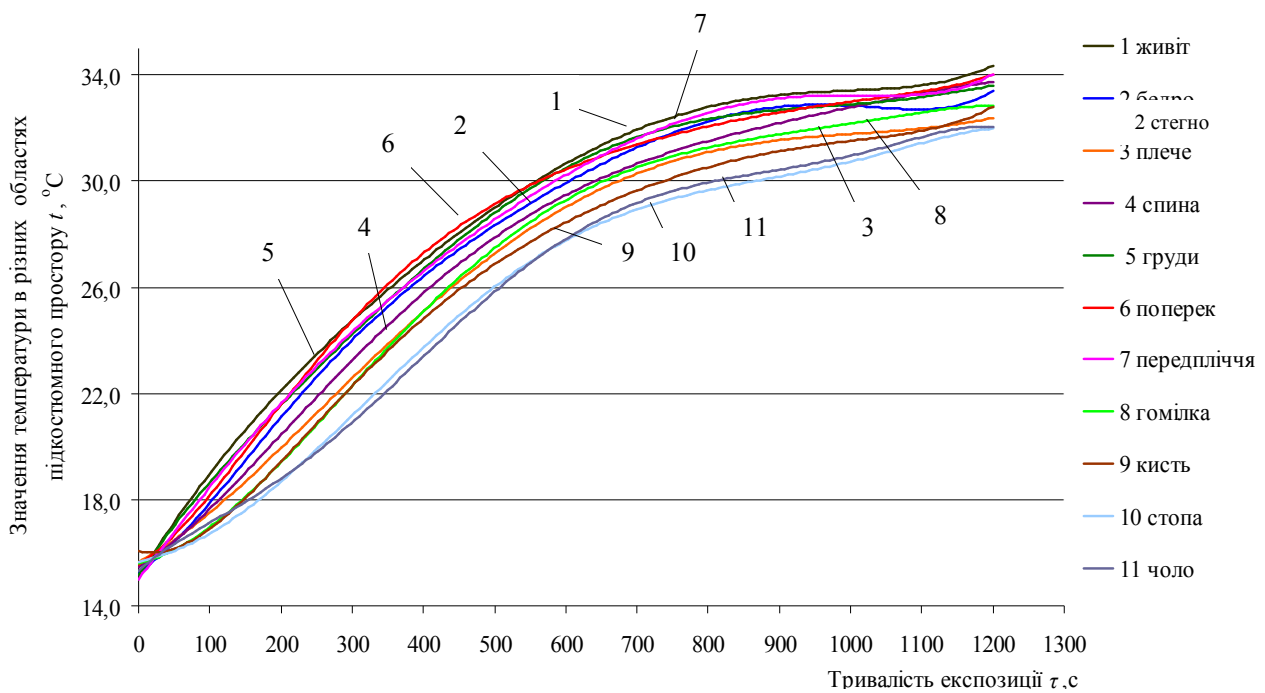


**Рис. 2.** Залежність змін значень температур в різних областях підкостюмного простору захисного одягу «Брезент» від тривалості впливу високотемпературного джерела

Нами були проведені експерименти з використанням тепловідбивного одягу Індекс-1, виготовленого із текстильного матеріалу, покритого алюмінізованою плівкою. Оскільки конструкція куртки передбачає захист голови, стоп та долонь, то до манекена були підключені необхідні термоелектричні перетворювачі - для контролю температури підкостюмного простору в області чола, стоп і кистей. Показники термоелектричних перетворювачів фіксувались через кожні 30 с при загальному часі горіння 1200 с. Результати експериментів показали, що температура підкостюмного простору у всіх одинадцяти контрольних областях почала збільшуватись уже в межах 30...90 с їх проведення (рис. 3).

Так, наприклад, температура підкостюмного простору в області живота має максимальне значення (34,2 °С) на 1200 с, в області попереку (33,7 °С) на 1200 с, а в області спини (33,6 °С), бедра (33,3 °С), грудей (33,6 °С).

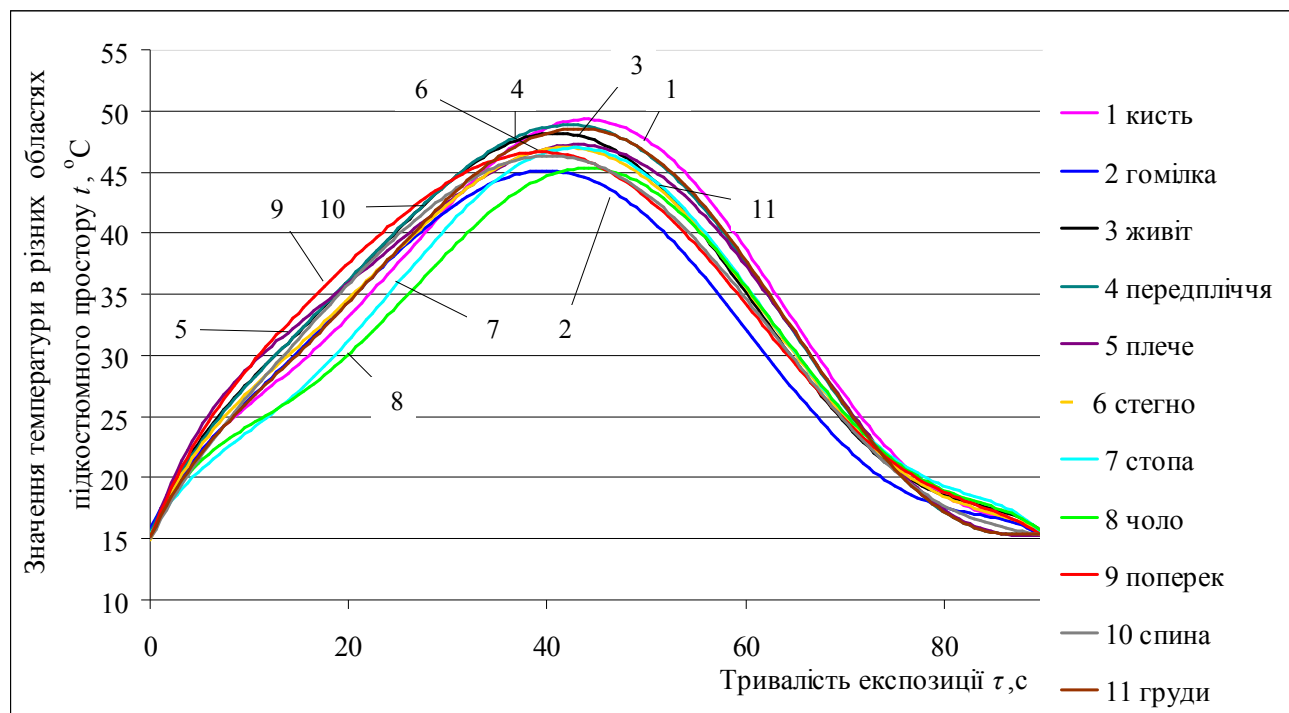
Експерименти, проведені в умовах розробленого полігону з використанням манекена та захисних костюмів свідчать про те, що указані ЗІЗ при дії теплового потоку 7 кВт/м<sup>2</sup> на відстані 4,3 м від високотемпературного джерела слід вважати надійними, оскільки значення критичної температури (50 °С) в контрольних областях підкостюмного простору не було досягнуто (рис. 3).



**Рис. 3.** Залежність зміни значень температур в різних областях підкостюмного простору захисного одягу «Індекс-1» від тривалості впливу високотемпературного джерела

Аналогічний експеримент був проведений з тепловідбивним костюмом Індекс-1 при дії на нього теплового потоку  $40 \text{ кВт/м}^2$ , який знаходився на відстані 1,5 м від високотемпературного джерела (рис. 4).

Температура в одинадцяти контрольних точках підкостюмного простору також змінюється. Так, якщо, наприклад в області грудей на 10 с горіння її значення дорівнює  $25,58 \text{ }^\circ\text{C}$ , на 30 с –  $41,02 \text{ }^\circ\text{C}$ , то на 40 с –  $49,6 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Рис. 4.** Залежність зміни значень температур в різних областях підкостюмного простору захисного одягу «Індекс-1» від тривалості впливу високотемпературного джерела

Аналіз отриманих залежностей дає підставу стверджувати, що виріб Індекс-1 спроможний захистити пожежника від дії теплового випромінювання  $40 \text{ кВт/м}^2$ , який знаходиться на відстані 1,5 м від високотемпературного джерела тільки протягом 30 с проходження процесу горіння. При збільшенні часу горіння Індекс-1 руйнується (рис. 4).

Розроблена методика випробування та її практичне використання в умовах полігону з використанням манекена свідчить про те, що вироби «Шторм», «Брезент» можуть вважатись термозахисними протягом 180 с, а «Індекс-1» – протягом 1200 с впливу високотемпературного джерела, потужністю  $7 \text{ кВт/м}^2$ .

Також встановлено, що тепловідбивний костюм «Індекс-1» стійкий до впливу високотемпературного джерела потужністю  $40 \text{ кВт/м}^2$  протягом 30 с.

Таким чином, результати проведених нами досліджень свідчать про наукову обґрунтованість концепції розробки методики випробування і створення полігону як дослідного устаткування для оцінки термозахисних властивостей ЗІЗ пожежника з використанням манекенів та із залученням випробувачів.

### **Висновки**

1. Розроблено конструктивно-технологічну схему та побудовано полігон для вогневих випробувань захисного одягу пожежника, який забезпечує можливість проведення експериментів як з використанням манекена, так і при залученні випробувачів, створюючи при цьому макетні вогнища пожежі із заданими термофізичними характеристиками.

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

3. Експерименти підтвердили основний висновок розробленої математичної моделі процесу про залежність значення інтенсивності теплового потоку між відстанню до високотемпературного джерела та часом його горіння.

4. Показано, що костюми «Шторм», «Брезент», спроможні захистити пожежника тільки від впливу високотемпературного джерела потужністю  $7 \text{ кВт/м}^2$ , протягом 180 с, а тепловідбивний костюм «Індекс-1» протягом 1200 с. Якщо теплове випромінювання збільшити до  $40 \text{ кВт/м}^2$ , то тепловідбивний костюм «Індекс-1» може виконувати захисні функції протягом 30 с.

### **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. № у 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 України, 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.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МЕТОДИКЕ ПОЛИГОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ОЦЕНКИ ТЕРМОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНИКОВ**

В статье приведены результаты исследований подтверждавшие научную обоснованность концепции относительно разработки методики испытаний и создания полигона, как исследовательского оборудования для оценки термозащитных свойств средств индивидуальной защиты (СИЗ) пожарника. Продемонстрировано характер изменения значений температуры в контрольных точках подкостюмного пространства защитной одежды, сделанной из ПВХ-покрытия (Шторм), 100 % льняной ткани (Брезент) и с алюминиевым теплоотражающим покрытием (Индекс-1) от длительности влияния высокотемпературного источника мощностью 7 кВт/м<sup>2</sup> и 40 кВт/м<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** тепловой поток, высокотемпературный источник, термозащитные свойства, защитная одежда пожарника, защитный материал.

## **EXPERIMENTAL RESEARCHES BY GROUND EVALUATION TESTS OF THERMAL PROTECTIVE PROPERTIES OF FIREFIGHTER PROTECTIVE CLOTHING**

In the article research results, which prove scientific reasons of conception relating to development of testing methods and polygon creation, as a testing device for evaluation of thermal protective properties of individual protection equipment of a firefighter, are provided. Changes of temperature range in control points of protective clothing under suit space, produced from polyvinylchloride covering (Storm), 100% linen fabric (Tarpaulin) with aluminum heat-reflective coating (Index-1), depending on exposure time of high temperature source of 7kW/m<sup>2</sup> and 40 kW/m<sup>2</sup> power are demonstrated.

**Key words:** thermal flow, high temperature source, thermal protective properties, firefighter protective clothing, protective fabric.

