

**Б.В. Болібрux**, канд. техн. наук, доцент, **Б.В. Штайн**,  
**В.В. Кошеленко**, канд. техн. наук, доцент, **В.С. Дубасюк**  
 (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

## РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОГО ЗАХИСТУ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ВІД ДІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖІ

Розглянуто значення небезпечних температурних факторів пожежі, вплив підвищеної температури та випромінювання на пожежника та значення основних теплозахисних параметрів захисного одягу. Визначено недоліки технічних вимог до теплозахисного одягу пожежника та нормативно-технічної документації, яка регламентує оперативні дії особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж та виконання завдань за призначенням. Запропоновано захист особового складу пожежно-рятувальних підрозділів від небезпечних температурних факторів пожежі, який реалізується шляхом контролю температури підкостюмного простору пожежника.

**Ключові слова:** пожежа, теплозахисний одяг, підкостюмний простір.

**Постановка проблеми.** Проведеним аналізом нормативних документів які регламентують порядок гасіння пожеж та проведення пожежно-рятувальних робіт встановлено [1], що технічні вимоги до теплозахисного одягу пожежника не враховують часовий фактор, який обумовлює час роботи в захисному одязі при дії небезпечних факторів пожежі. Тому існує необхідність розробки організаційних та технічних рішень щодо надійного, науково обґрунтованого захисту особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.

Згідно із статистичними дослідженнями, проведеними УкрНДІ ЦЗ, встановлено, що понад 80% пожеж виникають в житловому секторі [2]. Температура в приміщенні на момент початку гасіння пожежі може сягати 450-1000 °С [3], а густина теплового потоку може становити 20-35 кВт/м<sup>2</sup> [4]. Для відкритих ділянок шкіри людини больове відчуття виникає при температурі 60-70°C, або при густині теплового потоку 2,1-2,5 кВт/м<sup>2</sup>.

Аналіз травмування в підрозділах ОРС ЦЗ свідчить про те, що за період з 2001 по 2010 рік внаслідок дії екстремальних температур під час гасіння пожеж в Україні отримали травми 20 пожежників.

Для забезпечення захисту під час гасіння пожеж використовується теплозахисний одяг, який зазнає впливу небезпечних факторів пожежі (надалі НФП), а саме: підвищеної температури, теплового випромінювання, відкритого полум'я, води та поверхнево активних речовин. Основні вимоги до характеристик теплозахисного одягу пожежника в Україні встановлені відповідними нормативними документами [5-7].

Згідно з [5], визначено два типи захисного одягу – захисний одяг загального призначення (ЗОЗП) та теплозахисний одяг загального типу (ТЗОЗТ). До кожного виду захисного одягу визначено технічні вимоги, які характеризують такі теплозахисні показники якості, як тривкість до дії теплового випромінювання, тривкість до дії відкритого полум'я, теплотривкість, тривкість до контакту з нагрітими поверхнями. Жоден з перелічених показників не визначає безпечного часу перебування в умовах дії НФП при використанні ТЗОП. Безпечний час перебування пожежника в умовах НФП залежить від температурних режимів підкостюмного простору, які визначають безпечний режим роботи.

Алгоритм впливу та визначення температурних режимів в системі «пожежа-захисний одяг-пожежник» зображено на рис. 1.



**Рис. 1.** Вплив небезпечних температурних факторів пожежі на тіло людини

Захисні показники якості теплозахисного одягу загального типу наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1**

*Технічні вимоги до показників якості теплозахисного одягу загального типу*

Технічні вимоги до показників якості	Норми ЗО пожежника
	ТЗОЗТ
<i>Вимоги призначення</i>	
1. Стійкість до дії теплового випромінювання за густини теплового потоку: – 7 кВт/м <sup>2</sup> , с, не менше – 40 кВт/м <sup>2</sup> , с, не менше	180 5
2. Стійкість до дії відкритого полум'я: – тривалість залишкового горіння, с, не більше – тривалість залишкового тління, с, не більше	2 2
3. Теплостійкість до дії 300°C, с, не менше	300

Результати досліджень умов гасіння та небезпечних температурних факторів пожежі, які виникають під час лісових пожеж, проведених університетом Мельбурна (Австралія), показали, що потужність теплового фронту пожежі сягає 3280 кВт/м. Сумарне теплове навантаження в підкостюмному просторі становить 688 Вт, де 488 Вт – тепловіддача внаслідок фізичного навантаження від тіла людини та 200 Вт – від дії теплового випромінювання вогнища пожежі.

При досягненні в підкостюмному просторі людини температури 50°C тіло людини неспроможне утримувати стабільну температуру, внаслідок чого вона починає підвищуватись. Зростання температури тіла призводить до підвищення серцебиття, котре, підсилене ще і фізичним навантаженням на організм людини, може сягати 170 ударів за хвилину. Нами проаналізовано статистику, наведену у звіті Національної Асоціації Протипожежного Захисту США (NFPA) [8]. За результатами праці близько 40% смертей пожежників у США трапляються внаслідок серцевих нападів, котрі вочевидь пов'язані з роботою в середовищі підвищеної температури за значних фізичних навантажень. Під час виконання робіт пов'язаних з важким фізичним навантаженням, температура тіла людини зростає до 39°C. Підвищення температури тіла ще на 1,5°C призводить до погіршення самопочуття та втрати працездатності. Температура тіла людини за якої можливий летальний випадок складає 43°C.

Враховуючи, що теплообмін організму людини під час виконання фізичної роботи різної інтенсивності залежить від температури підкостюмного простору, визначено, що діапазон конвекційного та радіаційного теплообміну людини знаходиться в границях температури підкостюмного простору від 0 до +50°C, при перевищенні цієї граничної температури відбувається інтенсивне потовиділення тіла людини, яке може становити 4-6 літрів на годину. В результаті процесів тепломасопереносу пароповітряної суміші парціальний тиск в підкостюмному просторі зростає, що призводить до накопичення тепла, яке підвищує температуру тіла пожежника, і як наслідок отримання теплового удару та зменшення його тактичних можливостей.

Раціональним методом оцінювання теплозахисних показників якості спеціальних матеріалів ТЗОЗП слід вважати такий метод, за допомогою якого визначається сумарний тепловий опір ( $R_{\text{сум}}$ ), який відповідає значенню переходу тепла від шкіри до підкостюмного простору до моменту досягнення +50°C, або сумарний коефіцієнт теплопередачі ( $C$ ) пакета спеціальних матеріалів, тобто показник теплопровідності в цілому [9].

$$R_{\text{сум}} = R_o + R_n, \quad (1)$$

де  $R_o$  – тепловий опір пакета спеціальних матеріалів ТЗОП;

$R_n$  – тепловий опір поверхні пакета спеціальних матеріалів ТЗОП.

У відповідності з законом Фур'є, рівняння теплопередачі крізь плоску стінку відповідає значенню сумарної тепловтрати, або теплопередачі крізь пакет одягу і визначається

$$q = C \cdot (t_1 - t_в) \quad (2)$$

де  $C$  – коефіцієнт тепловіддачі при різниці  $t_1$  та  $t_в$ , рівній  $1^\circ\text{C}$   $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ;

$t_1$  – температура поверхні шкіри людини,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_в$  – температура виворотної поверхні пакета спеціальних матеріалів,  $^\circ\text{C}$ .

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі ( $C$ ) пакета спеціальних матеріалів визначається

$$C = \frac{1}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha}} = \frac{1}{R_o + R_n} = \frac{1}{R_{\text{сум}}}, \quad (3)$$

де  $\delta$  – товщина спеціального матеріалу,  $\text{м}$ ;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Відповідно до рівнянь (1) та (3) сумарна тепловтрата крізь пакет спеціальних матеріалів ТЗОП визначається

$$q = \frac{t_1 - t_в}{R_{\text{сум}}}. \quad (4)$$

Згідно з результатами досліджень [10], граничний час перебування пожежника в умовах дії НТФ пожежі з урахуванням тепломасопереносу пароповітряної суміші у підкостюмному просторі становить від 6,8 до 20,8 хв (рис. 2). Цей час розраховано за допомогою розробленого методу та технічних засобів, які визначають температурні режими підкостюмного простору за допомогою дзеркальної системи сканування та тепловізійного вимірювання при безпосередній дії небезпечних температурних факторів (НТФ) з урахуванням теплового навантаження пожежника.

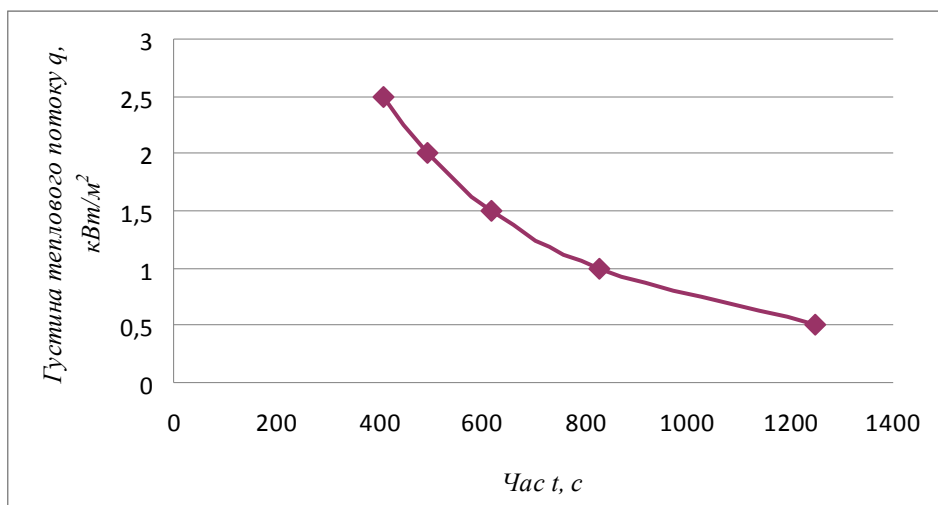


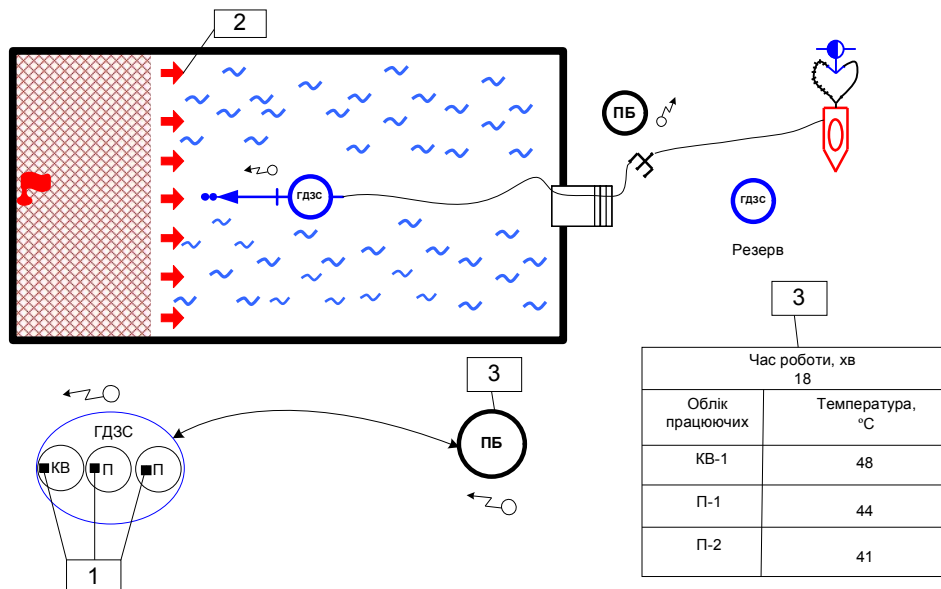
Рис. 2. Значення граничного часу перебування пожежника в ТЗОП від дії НТФ пожежі

При гасінні пожеж з наявністю небезпечних хімічних речовин (НХР) пожежно-рятувальні підрозділи використовують ізолювальний захисний одяг (ІЗО). Особливістю цього одягу є ізоляція шкіри всього тіла людини від впливу НХР. В процесі роботи з тіла людини в підкостюмний простір пожежника виділяється піт, а в зв'язку з непроникністю матеріалу він скраплюється, що не призводить до відведення тепла [11,12], в результаті чого температура підкостюмного простору зростає інтенсивніше, ніж у теплозахисному одязі. Під час використання теплозахисного одягу пожежника, обробленого вогнезахисними речовинами, його теплозахисні властивості можуть знижуватись, що негативно впливає на захист, а спеціальне лабораторне об-

ладнання для комплексної перевірки захисту пожежників в Україні відсутнє.

У [13] вказано: підрозділ (караул, відділення, ланка ГДЗС) може залишити оперативну дільницю, на якій виконує оперативне завдання, тільки з дозволу керівника гасіння пожежі (КГП), начальника оперативної дільниці, а також у випадку, коли виникла загроза життю особового складу, і з наступною доповіддю КГП про прийняте рішення. Відомо, що у випадку роботи в непридатному для дихання середовищі, ланка ГДЗС повинна виходити з цього середовища при досягненні в системі дихальних апаратів тиску повітря, який сигналізує про необхідність виходу ланки ГДЗС. Проте, можливим є варіант коли умови роботи для пожежників чи газодимозахисників вже є неприпустимими через підвищену температуру середовища. Перед скеруванням ланки ГДЗС у загазовані або задимлені приміщення (середовища) з високою температурою командир ланки ГДЗС доводить до особового складу газодимозахисників особливості виконання поставленого завдання, режими роботи та заходи безпеки, яких необхідно дотримуватись. Проте, проблема визначення граничного часу перебування особового складу в небезпечних умовах з наростанням температури підкостюмного простору все ще не вирішена. На сьогодні не існує жодних практичних рекомендацій щодо визначення безпечного часу роботи пожежно-рятувальних підрозділів в умовах дії НТФ.

В результаті аналізу нами запропоновано новий принцип захисту особового складу пожежно-рятувальних підрозділів від дії НТФ пожежі (рис. 3).

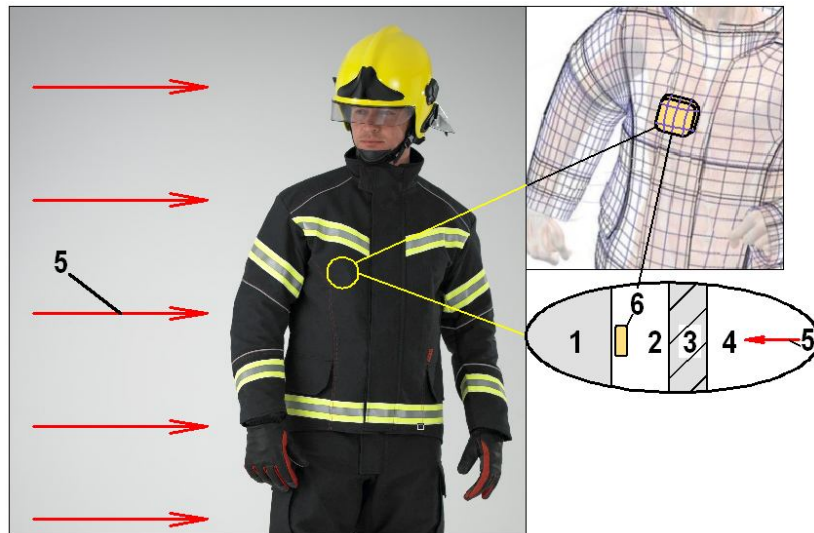


**Рис. 3.** Схема застосування приладу під час гасіння пожежі:

1 – прилад контролю температури підкостюмного простору пожежника; 2 – небезпечні температурні фактори пожежі; 3 – планшет постового на посту безпеки

Контроль часу перебування пожежників в умовах НФП здійснюється шляхом створення та використання системи індивідуального контролю температури підкостюмного простору. Принцип роботи системи полягає в повідомленні про досягнення гранично допустимого значення температури в підкостюмному просторі пожежника, таким чином сигналізуючи про необхідність здійснення заміни особового складу або вжиття заходів для зменшення теплового впливу.

Прилад індивідуального контролю пропонується розміщувати в підкостюмному просторі (рис. 4). З його допомогою здійснюється контроль теплового впливу на організм пожежника, з метою уникнення підвищення температури до загрози для життя та здоров'я, значення.



**Рис. 4.** Схематичне зображення розміщення приладу індивідуального контролю температури підкостюмного простору пожежника:

1 – тіло людини; 2 – підкостюмний простір; 3 – пакет матеріалів теплозахисного одягу; 4 – навколишнє середовище; 5 – теплове випромінювання; 6 – прилад індивідуального контролю температури підкостюмного простору пожежника

Переваги запропонованого принципу та технічного рішення захисту особового складу пожежно-рятувальних підрозділів:

- підвищення захисту особового складу;
- постійний контроль зміни температури підкостюмного простору;
- своєчасна заміна особового складу на позиціях;
- своєчасне формування резерву;
- захищеність системи від впливу НТФ, води, агресивного середовища;
- універсальність;
- прогнозованість тактичних можливостей підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України.

**Висновки.** Проведеним аналізом умов експлуатації теплозахисного одягу пожежника під час гасіння пожеж та здійснення пожежно-рятувальних робіт встановлено, що значна кількість випадків травмування працівників пожежно-рятувальних підрозділів ОРС ЦЗ відбувається внаслідок накопичення тепла в підкостюмному просторі, що призводить до отримання пожежниками теплового удару.

З метою уникнення теплового перенавантаження, запропоновано здійснювати захист особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж від дії НТФ пожежі шляхом розміщення в підкостюмному просторі приладу контролю температури підкостюмного простору пожежників.

Використання системи є необхідним під час гасіння пожеж будь-якого класу, спільно з використанням будь-якого виду захисного одягу, що робить її універсальним засобом захисту особового складу.

#### Список літератури:

1. **Штайн Б.В.** Аналіз технічних вимог до теплозахисного одягу пожежника / Б. В. Штайн, Б.В. Болібрux // Вісник: Зб. наук. праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2007. – №1, – С. 140-146.
2. **Національні** доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2004-2010 роках // Офіційний сайт МНС України / [Електронний ресурс] Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/national\\_lecture.html](http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html);

3. **Шналь Т.М.** «Вогнестійкість та вогнезахист металевих конструкцій» / Т.М. Шналь – Львів.: Видавництво Львівської політехніки, 2010.–176 с. ISBN 978-966-553-945-2.
4. В.М. Макаров «Результаты натурных исследований температурного режима в смежных с очагом пожара помещениях» / В.М. Макаров, А.М. Касымов, М.И. Самойленко, И.В. Бахтин. Методологические проблемы обеспечения пожарной безопасности. Сборник научных трудов. – М.: ВНИИПО. – 1991. – 240 с.
5. **ДСТУ 4366-2004.** Одяг пожежника захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробовування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 34 с.
6. **ДСТУ ISO 6942-2001.** Одяг захисний тепло- та вогнетривкий. Оцінювання теплопровідності матеріалів, що зазнають дії джерела теплового випромінювання (ISO 6942:1993, IDT). – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 19 с.
7. **ДСТУ EN 340:2001** Одяг спеціальний захисний. Загальні вимоги (EN 340: 1993, IDT). – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 12 с.
8. **National Fire Protection Association Fire Analysis and Research Division / NFPA «U.S. FIREFIGHTER INJURIES – 2010».** – 2010. – Режим доступу: <http://www.nfpa.org/assets/files//PDF/OS.FFInjuries.pdf>
9. **Лыков А.В.** «Теплопроводность нестационарных процессов» / Лыков А.В. – М. Энергоиздат 1948.
10. **Штайн Б.В.** Результаты визначення невідповідності оцінювання теплозахисних показників якості матеріалів захисного одягу / Б. В. Штайн, Б.В. Болібрех, Д.О. Чалий // Зб. наук. праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2011. – №19, – С. 170-177.
11. **Krause M.:** Ergonomia – praktyczna wiedza o pracującym człowieku i jego srodowisku. Śl. Org. Techn., Katowice, 1992.
12. **Marszalek A., Sawicka A.:** Impermeable protective clothing work time must be limited. Proceed. Fifth Scandinavian Symposium on Protective Clothing, Stockholm, 5-8.05.1997.
13. **Наказ МНС** від 07.02.2008 р. № 96 „Про введення в дію Тимчасового Статуту дій у надзвичайних ситуацій (частина II)”.

*Б.В. Болібрех, Б.В. Штайн, В.В. Кошеленко, В.С. Дубасюк*

### **ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ ЛИЧНОГО СОСТАВА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОТ ДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА**

Рассмотрено значение опасных температурных факторов пожара, воздействие повышенной температуры и излучения на пожарного, и значение основных теплозащитных параметров защитной одежды. Предложено защиту личного состава пожарно-спасательных подразделений от опасных температурных факторов пожара, принцип которой реализуется путем контроля температуры подкостюмного пространства пожарного.

**Ключевые слова:** пожар, теплозащитная одежда, подкостюмное пространство

*B.V. Bolibrukh, B.V. Shtayn, V.V. Koshelenko, V.S. Dubasyuk*

### **ELABORATION OF COMPLEX FIRE-FIGHTERS PROTECTION SYSTEM FROM THE FIRE HAZARDS**

The article deals with the role of dangerous temperature factors of fires, the impact of high temperature and radiation on a fireman, and meaning of the basic thermal parameters of the protective clothing. Protection of fire-fighters units from dangerous temperature factors of the fire carried out through controlling temperature in the space under clothing is proposed.

**Key words:** fire, fire-fighters protective clothing, space under clothing