ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ ТА ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

ЛДУБЖД

№ 47, 2025

заснований у 2002 році

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Паснак І.В., ***головний редактор*****,** к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Лавренюк О.І.,** ***заступник головного редактора*****,** д.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Яковчук Р.С.,** ***заступник головного редактора*****,** д.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Пазен О.Ю.,** ***відповідальний секретар*****,** к.т.н., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Баланюк В.М**., д.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Башинський О.І.,** к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Веселівський Р. Б.,** к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Вовк С.Я.,** к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Гащук П.М.,** д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Демчина Б.Г.,** д.т.н., проф., Національний університет «Львівська політехніка», Україна; **Домінік А.М.,** к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Ємельяненко С.О.,** к.т.н., старший дослідник, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Кирилів В.І.,** к.т.н., с.н.с., Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка, Україна; **Коваленко В.В.,** к.т.н., с.н.с., Інститут наукових досліджень з цивільного захисту, Україна; **Ковалишин В.В.,** д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Коваль М.С.,** д.пед.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Козяр М.М.,** д.пед.н., проф., Член-кореспондент НАПН України, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Костенко В.К.,** д.т.н., проф., Донецький національний технічний університет МОН України, Україна; **Кузик А.Д.,** д.с-г.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Лозинський Р.Я.,** к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Лоїк В.Б.,** к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Михалічко Б.М.,** д.х.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Попович В.В.,** д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Придатко О.В.,** к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Птак Сімон**, PhD, Головна школа пожежної служби, Польща; **Ратушний Р.Т.,** д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Ренкас А.А.,** к.т.н., доц., Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Україна; **Тацій Р.М.,** д.ф.-м.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Тригуба А.М.,** д.т.н., проф., Львівський національний аграрний університет, Україна; **Шукіс Рітолдас,** PhD, доц., Вільнюський технічний університет ім. Гедиміна, Литва; **Ярош Войцех**, PhD, Головна школа пожежної служби, Варшава, Польща.

Видавничий дім
«Гельветика»
2025

ISSN 2078-6662 (print)
ISSN 2708-1087 (online)

DOI: 10.32447/20786662.47.2025.00

ЗАСНОВНИКИ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (ЛДУБЖД)

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту

ВИДАВЕЦЬ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (ЛДУБЖД)

ЗАРЕЄСТРОВАНО Національною радою України з питань телебачення та радіомовлення (рішення № 292 від 08.02.2024, ідентифікатор медіа R30-02253)

СУБ'ЄКТ У СФЕРІ ДРУКОВАНИХ МЕДІА Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007, ldubzh.lviv@dsns.gov.ua, тел. (032) 233-00-88)

ВНЕСЕНО ДО ПЕРЕЛІКУ НАУКОВИХ ФАХОВИХ ВИДАНЬ УКРАЇНИ ЯК ДРУКОВАНЕ ПЕРІОДИЧНЕ ВИДАННЯ КАТЕГОРІЇ «Б»
(Наказ МОН України від 02.07.2020 року № 886)

ВНЕСЕНО ДО БІБЛОГРАФІЧНИХ БАЗ ДАНИХ:
«Наукова періодика України» в Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського, «ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY», «Google Scholar» та ін.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ЛДУБЖД
(*Протокол № 4 від 26.11.2025 р.*)

Літературний редактор Чудеснова І. М.

Комп'ютерна верстка Ковальчук Ю. В.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: ЛДУБЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007
Контактний телефон: (099) 60 66 532
E-mail: journal.firesafety@gmail.com

Збірник наукових праць «Пожежна безпека» видається з 2002 року. Запланована періодичність: 2 рази на рік. Тематична спрямованість: оригінальні та оглядові праці в галузі безпеки та оборони за спеціальністю Пожежна безпека.

Здано в набір 19.11.2025. Підписано до друку 23.12.2025.
Формат 60x84/8. Ум. друк. арк. 14,41. Зам. № 0126/028. Наклад 150 прим.
Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний. Цифровий друк.
Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.

Пожежна безпека
Fire Safety
ISSN 2078-6662 (print), ISSN 2708-1087 (online)
https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB

УДК 614.841
This article is an Open Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

DOI https://doi.org/10.32447/20786662.47.2025.08

О. В. Лазаренко, Я. Б. Великий, Р. Ю. Сукач, В. В. Коваль
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
м. Львів, Україна

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0500-0598 – О. В. Лазаренко
https://orcid.org/0009-0002-3241-5211 – Я. Б. Великий
https://orcid.org/0000-0003-4174-9213 – Р. Ю. Сукач
yaremavelikiy@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ЗАХИСНОГО ОДЯГУ РЯТУВАЛЬНИКА В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

Вступ. Виконання задач за призначенням особовим складом оперативно-рятувальної служби практично завжди супроводжується небезпекою для життя. Особливо за умови проведення гасіння пожеж та аварійно-рятувальних робіт в огородженні, оскільки побічні чинники пожежі, як-от сильне задимлення, підвищена температура навколишнього середовища та продуктів згорання, сильне теплове випромінювання є основними причинами травмування або загибелі рятувальників. Враховуючі стандартні температурні показники розвитку пожежі в огородженні, а це близько +400–+600 °С, виробники захисного спорядження й оснащення постійно в пошуках нових більш кращих вогнетривких матеріалів та засобів, які б сприяли підвищенню безпеки та комфорту роботи пожежного.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є встановлення залежності значення допустимого часу перебування рятувальника на позиції під час виконання завдань від зміни температури підкостюмного простору захисного одягу та густини теплового потоку.

Основними задачами дослідження є здійснення аналізу сучасного екіпірування пожежного рятувальника відповідно до чинних стандартів та норм, безпосередніх експериментальних досліджень із залученням особового складу пожежних-рятувальників (газодимозахисників) з подальшим аналізом та узагальненням результатів експерименту.

Методи. Для досягнення мети роботи було проведено експериментальні дослідження з умовами, максимально наближеними до реальних (температура, теплове випромінювання). Отримані результати експериментальних досліджень було зафіксовано за допомогою повіреного обладнання та в подальшому узагальнено з використанням відповідного програмного забезпечення (Microsoft Excel).

Результати. Експериментальні дослідження підтвердили ефективність використання захисного екіпірування газодимозахисника для забезпечення безпечного й комфортного перебування в умовах підвищеної температури та теплового випромінювання. Встановлено залежність зміни температури підкостюмного простору захисного одягу, а також встановлено числові показники температури.

Висновки. Встановлено, що час захисної дії сучасного захисного одягу й екіпірування порівняно зі зразками 10–20-річної давнини є на 40 % більшим. Максимальний час перебування на позиції ствольника за умов дії надлишкового теплового випромінювання 3,9–4,2 кВт/м² і середньої температури навколишнього середовища +170 °С за мінімального середнього фізичного навантаження становитиме не більше ніж 12 хв. Також визначено, що середня температура підкостюмного простору захисного одягу за середньої температури в приміщенні +170 °С становитиме +34 °С.

Ключові слова: захисний одяг, температура підкостюмного простору, пожежа в огородженні, показник ефективності, захист пожежного, пожежна безпека.

O. V. Lazarenko, Ya. B. Velykyi, R. Yu. Sukach, V. V. Koval
Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS USING MODERN PROTECTIVE CLOTHING OF RESCUERS IN CONDITIONS OF ELEVATED TEMPERATURE

Introduction. The performance of tasks assigned to the personnel of the emergency rescue service is usually accompanied by danger to life. This is especially true when fighting fires and performing emergency rescue operations in enclosed spaces, as secondary factors such as heavy smoke, high ambient temperatures and combustion products, and intense heat radiation are the main causes of injury or death among rescuers. Taking into account the standard temperature indicators for fire development in enclosed spaces, which is about +400 – +600 °C, manufacturers of protective equipment and gear are constantly searching for new, better fire-resistant materials and means that would increase the safety and comfort of firefighters' work.

The purpose and objectives of the study. The aim of the work is to establish the dependence of the value of the permissible time a rescuer stays in position while performing tasks on the change in the temperature of the undersuit space of protective clothing and the heat flux density.

The main objectives of the study are to analyse the current equipment used by fire and rescue personnel in accordance with applicable standards and regulations; to conduct direct experimental research involving fire and rescue personnel (gas and smoke protection specialists) followed by analysis and summarization of the experimental results.

Methods. To achieve the objective of the work, experimental studies were conducted under conditions as close as possible to real ones (temperature, thermal radiation). The results of the experimental studies were recorded using certified equipment and subsequently summarized using appropriate software (Microsoft Excel).

Results. Experimental studies have confirmed the effectiveness of using protective equipment for gas and smoke protection to ensure safe and comfortable conditions in environments with elevated temperatures and thermal radiation. The dependence of temperature changes in the space under the protective clothing has been established, and numerical temperature indicators have been determined.

Conclusions. It has been established that the protective effect of modern protective clothing and equipment is 40% greater than that of models from 10–20 years ago, and the maximum time at the gunner's position under the action of excessive heat radiation of 3.9–4.2 kW/m^2 and an average ambient temperature of +170 °C with minimal average physical exertion will be no more than 12 minutes. It has also been determined that the average temperature of the space under the protective clothing at an average room temperature of +170 °C will be +34 °C.

Key words: protective clothing, undergarment temperature, fire in the enclosure, efficiency indicator, firefighter protection, fire safety.

Вступ. Виконання задач за призначенням особовим складом оперативно-рятувальної служби практично завжди супроводжується небезпекою для життя. Особливо за умови проведення гасіння пожеж та аварійно-рятувальних робіт в огородженні, оскільки побічні фактори пожежі, як-от сильне задимлення, підвищена температура навколишнього середовища та продуктів згорання, сильне теплове випромінювання, є основними причинами травмування або загибелі рятувальників [1; 2]. Для попередження отримання опіків унаслідок дії підвищеної температури чи отруєння продуктами горіння відповідно до вимог безпеки праці особовий склад повинен бути забезпечений спеціальним захисним одягом, підшоломником, захисними рукавиця, пожежною каскою тощо [3; 4]. Саме це основне екіпірування дає можливість пожежному тривалий час працювати в середовищі, де звичні засоби захисту недієздатні. Враховуючі стандартні температурні показники розвитку пожежі в огородженні, а це близько +400-+600 °C, виробники захисного спорядження й оснащення постійно в пошуках нових більш кращих вогнетривких матеріалів та засобів, які б сприяли підвищенню безпеки й комфорту роботи пожежного.

Постановка проблеми. Забезпечення особового складу засобами захисту особливо захисним одягом і спорядженням вийшло на зовсім інший рівень порівняно з минулим десятиліттями, особливо це питання актуальне для оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС України. Так, у більшості оперативно- рятувальних підрозділів сьогодні можна зустріти захисний одяг та спорядження таких провідних брендів, як Bristol, Fenix, Viking, MSA, Rosenbauer тощо. У переважній більшості якість виконання та підходи пошиття захисного одягу пожежного в закордонних брендів

є досить схожими, практично весь захисний одяг складається з дво-, тришарового покриття, яке містить вогнетривку тканину Nomex (Aramid), вологовідвідну мембрану Gore-tex, теплоізоляційну підкладку (рис. 1), до того ж одяг може бути виконаний індивідуально та з різною кількістю шарів та підкладок.

Те ж саме стосується захисного взуття, пожежних рукавиць, підшоломників. Основною відмінністю залишаються ергономічні та якісні показники виконання того чи іншого спорядження, що, безперечно, має неостанній вплив на роботу рятувальника [6].

Свідченням зацікавленості наукової спільноти в подальшому дослідженні та покращенні показників захисту захисного одягу рятувальника є значна кількість наукових публікацій [7–14]. Зокрема, у праці [7] розглянуто альтернативні підходи та комбінації захисних шарів захисного одягу пожежних. Також запропоновано інсталяцію спеціальних капсул із хімічними речовинами, що дають змогу отримати додатковий захист у разі підвищення температури близько +100 °С та понизити температуру підкостюмного простору до комфортної в межах +30–40 °С. Водночас значна кількість наукових досліджень приділена вивченню основних стандартів та підходів оцінки якості захисного одягу, зокрема [8–11] та знов ж таки визначенню та дослідженню нових тканин і технічних рішень, що сприятимуть захисту пожежного під час виконання дій за призначеннями [11].

Вітчизняні дослідження [12–14] в переважній більшості були орієнтовані на питання безпосереднього визначення захисних властивостей зразків захисного одягу та встановлення температурних показників підкостюмного простору. Зокрема, у роботі [12] було встановлено температурні показники підкостюмного простору пожежного за умови проведення ним робіт із фізичним навантаженням, однак за умови відсутності зовнішніх підвищених температур і додаткових факторів пожежі. Результати досліджень показали сталу температуру в межах +30–40 °С. Протилежні результати дослідження висвітлено в роботі [13], де вже за умов розвитку пожежі в огородженні встановлено температурні показники підкостюмного простору пожежного, але на манекені. Беручи до уваги той факт, що захисний одяг пожежного повинен здійснювати якісну терморегуляцію (відведення внутрішньої температури й одночасно захист від зовнішніх підвищених температур), більш доцільно проводити експериментальні дослідження в реальних умовах зі встановленням внутрішніх температурних режимів із залученням газодимозахисників.

Враховуючи вищезазначене, можна припустити, що ступінь захисту пожежного рятувальника на сьогодні є значно вищим за показники минулих десятиліть з огляду на те, що пожежні використовували захисний одяг з нижчими показниками захисту. Водночас висвітлені роботи показують теоретичний розрахунок та ефект захисту пожежного з використанням захисного одягу. Саме тому актуальним питанням є подальше встановлення реальних показників захисту пожежного під час виконання дій за призначенням і визначення максимального часу перебування рятувальника на позиції за умови сталих зовнішніх показників навколишнього середовища та виконання фізичного навантаження.

Постановка мети та завдань дослідження. Відповідно до аналізу наукових публікацій та останніх наукових досягнень, метою роботи

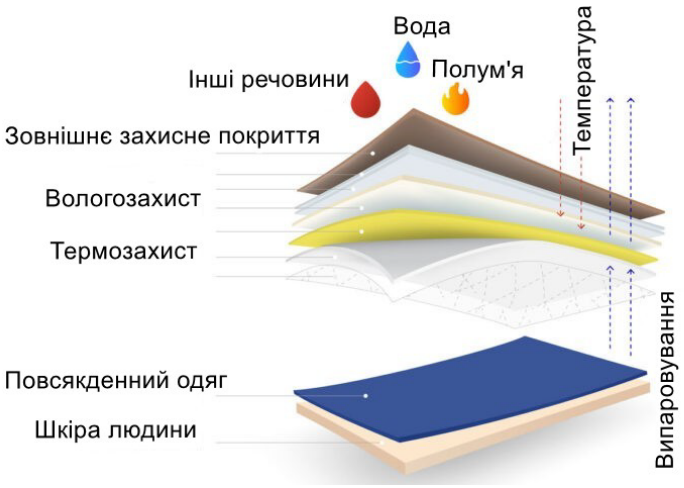

Рис. 1. Приклад виконання захисного одягу пожежного провідних брендів [5]

є встановлення залежності значення допустимого часу перебування газодимозахисника на позиції під час виконання завдань від зміни температури підкостюмного простору захисного одягу та густини теплового потоку.

Для досягнення поставленої мети потрібно:

– здійснити аналіз сучасного екіпірування пожежного рятувальника відповідно до чинних стандартів і норм;

– підготувати відповідне програмне забезпечення та матеріальну базу для проведення експериментальних досліджень;

– здійснити безпосереднє експериментальне дослідження із залученням особового складу пожежних-рятувальників з подальшим аналізом та узагальненням результатів експерименту.

Виклад основного матеріалу. Для проведення експериментальних досліджень було використано можливості дослідної лабораторії навчально-тренувального полігону Данського агентства з надзвичайних ситуацій м. Тінглев. Як основний взірець захисного одягу пожежного було вибрано наявний сучасний взірець захисного одягу пожежного провідного бренду Viking [15]. Екіпірування пожежного проводилося з максимальним дотриманням вимог щодо дотримання безпеки праці та попередження отримання опіків під час роботи в середовищі з підвищеними температурними режимами, отже, додатковий захист включав: натільну термобілизну, термостійкий підкасник Viking [15]. Додатково – захисне взуття пожежного, пожежна каска Gallet f1, захисні термостійкі пожежні рукавиці (краги).

Експериментальні дослідження визначення температурних показників підкостюмного простору захисного одягу здійснювалися в спеціально обладнаному приміщенні. Зокрема, приміщення, у якому відбувалося відтворення температурних показників, мало площу 6 м^2. Для пришвидшення зростання температурних показників та збільшення густини теплового випромінювання на стінах приміщення змонтовані панелі з відшліфованої сталі. Для візуального спостереження за поведінкою газодимозахисника під час досліджень по фронту перед оператором встановлено вогнетривке скло. Для нагнітання температури використовувалися два газові пальники, закриті металевим захисним кожухом, температура полум'я пальника перебувала в межах +800 °С. Пальники вмикалися циклічно й контролювалися оператором. Для контролю температурних режимів в камері використовувалися три термопари, розміщені на висоті 60, 120 та 180 см відповідно, додатково температурні показники виводилися на загальний екран в передпокої лабораторії. Загальну схему вогневого випробування зображено на рис. 2.

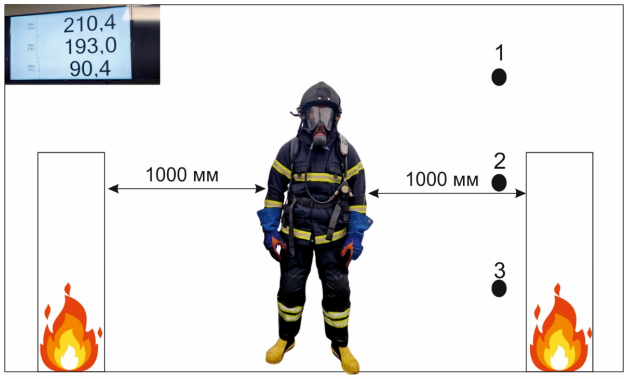

Рис. 2. Схема вогневого випробування для визначення показників підкостюмного простору захисного одягу пожежного: 1, 2, 3 – термопари на висоті 180, 120, 60 см відповідно

Для забезпечення захисту органів дихання та зору під час проведення експериментальних досліджень газодимозахисники використовували захисні дихальні апарати на стисненому повітрі.

Відповідно до задач дослідження порядок експерименту був таким:

– газодимозахисник вдягався в захисний одяг та спорядження та розміщував температурні датчики (термопари) відповідно до схеми на рис. 3;

– після чого газодимозахисник заходив у камеру вогневого (температурного) випробування;

– загалом екпериментальні дослідження тривали не більше ніж 5 хвилин, упродовж випробування газодимозахисники змінювали свою позицію кожні 30 секунд. За зміною кольору лампового покажчика на червоний газодимозахисник повинен був присісти, лягти, встати – і так безперервно протягом усього випробування, що відповідало середньому навантаженню газодимозахисника й імітувало виконання роботи під час виконання дій за призначенням.

Загалом експериментальні дослідження було проведено за участі 10–газодимозахисників.

За результатами проведення вогневих (температурних) випробувань середня температура в приміщенні становила +170 °С (рис. 4), що відповідає середньостатистичним показникам під час розвитку пожежі в огородженні.

Додатково, враховуючи загальні температурні показники приміщення, можна розрахувати орієнтовану густину теплового випромінювання в приміщенні. Оскільки під час експериментальних досліджень була відсутня можливість здійснити безпосередній замір густини теплового потоку від пальника, для розрахунку візьмемо закон Стефана – Больцмана з визначення інтенсивності теплового

Рис. 3. Схема та порядок розміщення термопар на газодимозахиснику для визначення температури підкостюмного простору захисного одягу: 1, 2 – стегнова частина ноги (голе тіло та підкостюмний простір відповідно); 3 – голова (під підшоломником); 4 – груди (підкостюмний простір); 5, 6 – передпліччя (голе тіло та підкостюмний простір відповідно)

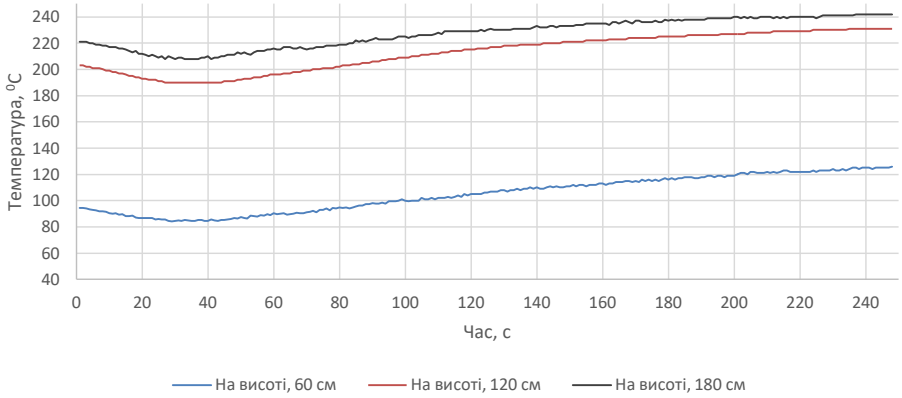

Рис. 4. Температурні показники в приміщенні під час експериментальних досліджень

випромінювання реальних предметів (1), взявши до уваги, що по всій площі приміщення інстальовані панелі з відшліфованого листового металу:

$$R = \varepsilon\sigma T^4 S, \quad (1)$$

де:

R – інтегральна випромінювальна здатність абсолютно чорно тіла, (Вт/м²);

σ – постійна величина Стефана-Больцмана, ($5{,}67 \times 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴));

T – абсолютна температура тіла в Кельвінах;

ε – коефіцієнт чорноти, 0,3.

S – площа поверхні випромінювання, м².

Провівши відповідні розрахунки, можна стверджувати, що приблизна густина теплового випромінювання в приміщенні перебувала в межах 3,7–4,2 кВт/м², що загалом відповідає значенням, визначеним із використанням відповідного устаткування в роботі [13].

Результати визначення температурних показників підкостюмного простору захисного одягу наведено на рис. 5. Передусім з графічних залежностей прослідковується чітка тенденція до зростання температурних показників підкостюмного простору захисного одягу, із чого можна зробити однозначний висновок, що час перебування газодимозахисника у відповідних умовах буде обмежений. Найбільша різниця температурних показників ділянок тіла спостерігається на передпліччі, що викликано насамперед безпосередньою близькістю цієї ділянки тіла до джерела температурного й теплового випромінювання – газового пальника. Отже, максимальний температурний показник становив +40 °С. На противагу цьому найнижчий температурний показник спостерігався на нижній кінцівці (ноги) 31 °С. Решта досліджуваних ділянок (голова та груди) продемонстрували

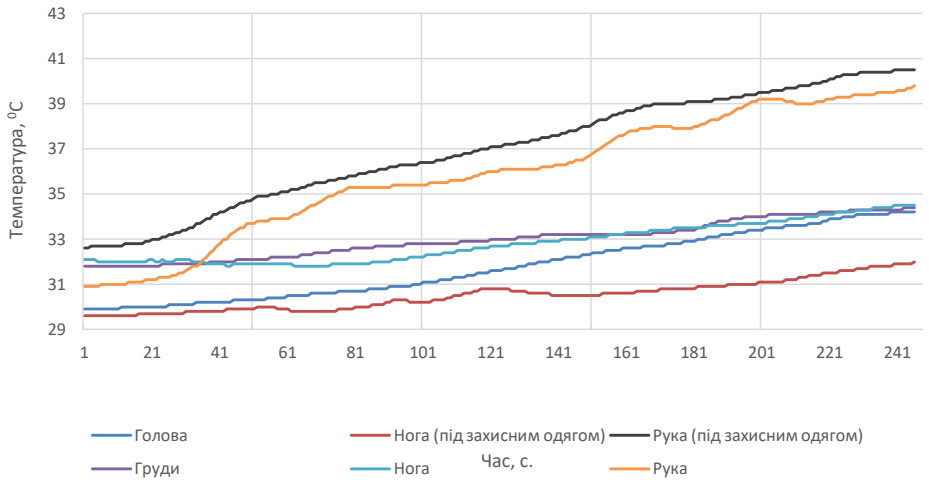

Рис. 5. Графік зміни температурних показників підкостюмного простору захисного одягу газодимозахисника під час проведення експериментальних досліджень

тенденцію до усереднення, температурний показник – близько +30 °С. Додатково слід зазначити, що різниця температурних показників незахищеної ділянки тіла та підкостюмного простору становила близько 2 °С.

З огляду на загальну зростаючу тенденцію температурних показників було проведено апроксимацію результатів дослідження з подальшим накладанням лінії тренду й отриманням залежності, що дає змогу здійснити прогнозування зростання температурних показників підкостюмного простору газодимозахисника (рис. 6).

Оскільки найбільш сталі температурні показники зафіксовані на рівні грудей і голови, встановимо їх визначальними для визначення залежності та побудови лінії тренду. Крім того, зона грудей і голови є критично важливою для підтримання сталої внутрішньої температури тіла. За використання програмного забезпечення Microdsoft Excel вдалося встановити, що найбільш релевантною виявилася поліноміальна залежність (2)

$$y = 5E - 05x^2 - 0{,}0002x + 31{,}878, \qquad (2)$$

де:

x – час, секунди; y – температура підкостюмного простору.

Використовуючи отриману залежність (2), можна змоделювати зростання показників підкостюмного простору за умови впливу експериментальних температурних показників (рис. 7). За критичну температуру встановимо показник в +60 –70 °С [16].

Враховуючи зазначене, можна стверджувати, що максимальний час перебування газодимозахисника на позиції під час виконання задач за

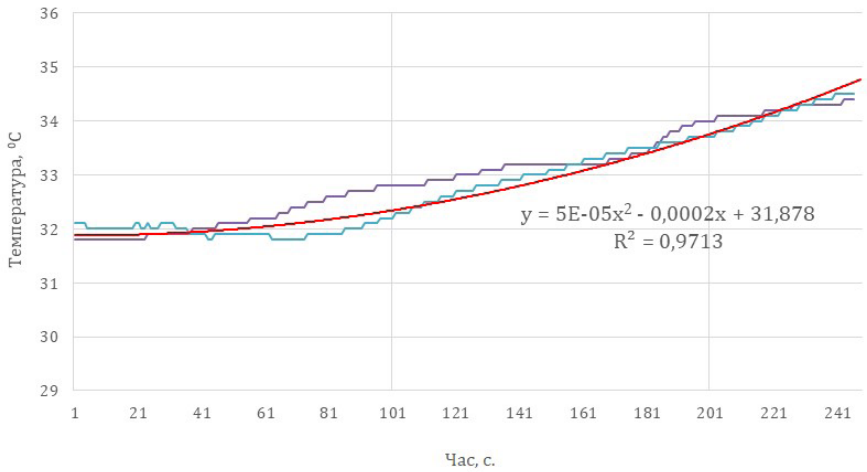

Рис. 6. Накладання поліноміальної лінії тренду на експериментальну графічну залежність температури підкостюмного простору захисного одягу

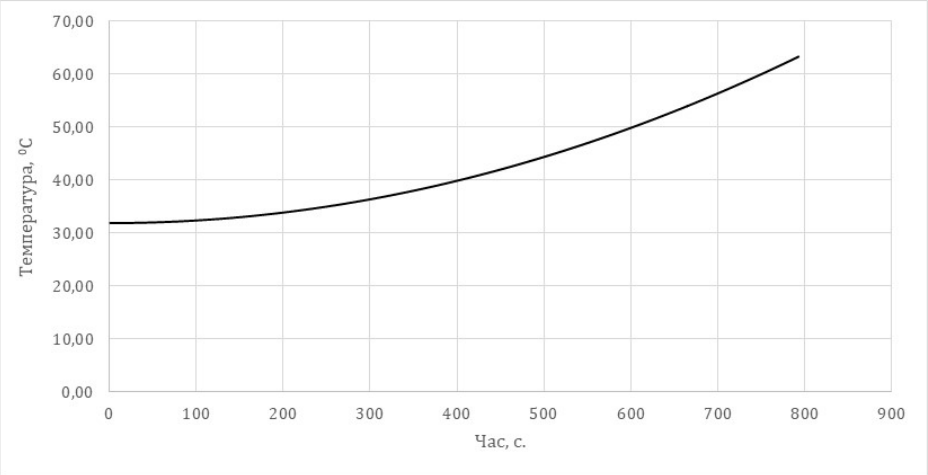

Рис. 7. Прогнозування зростання температури підкостюмного простору захисного одягу за умови дії постійної зовнішньої температури 170 °С

призначенням за зовнішньої температури +170 °С повинен становити не більше ніж 12 хв.

Розрахунки величини густини теплового випромінювання під час проведення експериментальних досліджень дають можливість здійснити попередню оцінку часу перебування рятувальника на позиції залежно від теплового навантаження, а саме 4,2 кВт/м^2. Таким чином, можна дати рекомендації до загальноприйнятих норм часу перебування ствольника на позиції залежно від густини теплового потоку, наведених у таблиці 1 [17].

Додатково слід зазначити, що попередні дослідження зразків захисного одягу загального призначення [13] встановлювали безпечний час експлуатації за температури навколишнього середовища +180 °С не більше ніж 345 секунд за досягнення температури підкостюмного простору +60–65 °С. Отримані результати представленого вище дослідження показують, що використання сучасного захисного одягу пожежника дає можливість перебувати в зоні теплового впливу протягом 790 секунд до досягнення таких самих температурних показників.

Отже, збільшення часу перебування рятувальника на позиції збільшується на 445 секунд. Враховуючи неточність обрахунку, загальну похибку вимірювання в межах 10–15 % та особливо індивідуальні фізичні показники рятувальників, можна стверджувати, що отриманий результат часу перебування не можна сприймати однозначно. Однак загальний усереднений показник часу перебування рятувальника становитиме не менше ніж 567 секунд. Таким чином, можна стверджувати, що сучасне екіпірування дає змогу збільшити час перебування рятувальника (газодимозахисника) в зоні теплового впливу щонайменше на 40–60 %.

Висновки. За результатами проведення дослідження можна зробити такі висновки:

– встановлено, що час захисної дії сучасного захисного одягу й екіпірування порівняно

Таблиця 1

Залежність густин теплового випромінювання та часу перебування ствольника на позиції

Густина теплового випромінювання, кВт/м^2	Допустимий захист	Допустимий час перебування на позиції, хв
4,2	Захисний одяг і спорядження (каска, рукавиці, підшоломник)	12*
7,0	Захисний одяг і спорядження (каска, рукавиці, підшоломник)	5
8,5	Захисний одяг і спорядження (каска, рукавиці, підшоломник) та зрошення розпиленими струменями води	5
10,5	Захисний одяг в спорядження (каска, рукавиці, підшоломник) та інтенсивне зрошення розпиленими струменями води	5

Примітка: * – під час пожежі в огородженні.

зі зразками 10–20-річної давнини є більшим на 40–60 %;

– максимальний час на позиції ствольника за дії надлишкового теплового випромінювання 3,9–4,2 кВт/м^2 і середньої температури навколишнього середовища +170 °С з мінімальним середнім фізичним навантаженням становитиме не більше ніж 12 хв;

– середня температура підкостюмного простору захисного одягу за середньої температури в приміщенні +170 °С становитиме 34 °С.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2024 року. URL: https://dsns.gov.ua/upload/2/3/0/1/6/1/2/analiticna-dovidka-pro-pozezi-za-12-misiaciv-2024-na-sait.pdf.

2. Захисний одяг для пожежників. Вимоги щодо показників якості захисного одягу для пожежників : ДСТУ EN 469:2017 (EN 469:2005; A1:2006; AC:2006, IDT).

3. Про затвердження Правил безпеки праці в органах та підрозділах МНС України : наказ МНС України від 07.05.2007 № 312.

4. Болібрух Б. В., Лісняк А. А., Токарський О. І. Комплексний вплив на пожежного-рятувальника небезпечних та шкідливих факторів. *Проблеми пожежної безпеки*. 2019. № 46. С. 26–49 .

5. Rethinking turnout gear for the future – International Fire Fighter. URL: https://iffmag.com/rethinking-turnout-gear-for-the-future.

6. Globe G-XTREME 3.0 Jacket. URL: https://ca.msasafety.com/p/gxtremeJacket?locale=en&section=specifications

7. Santos G., Marques R., Marques F., Ribeiro J., Fonseca A. (2022). An innovative thermal protective clothing system for firefighters. *CDAPT*. Vol. 3 (2). P. 146–155. https://doi.org/10.25367/cdatp.2022.3.p146-155.

8. Santos G., Marques R., Ribeiro J., Moreira A., Fernandes P., Silva M., Fonseca A., Miranda J. M. Firefighting: challenges of smart PPE. *Forests*. 2022. Vol. 13, 1319. https://doi.org/10.3390/f13081319

9. He H., Liu J., Wang Y., Zha, Y., Qin Y., Zhu,Z., Yu Z., Wang J. An Ultralight Self-Powered Fire Alarm e-Textile Based on Conductive Aerogel Fiber with Repeatable Temperature Monitoring Performance Used in Firefighting Clothing. *ACS Nano*. 2022. Vol. 16. P. 2953–2967. http://doi.org/10.1021/acsnano.1c10144.

10. Zhang H., Liu X., Song G., Yang H. Effects of microencapsulated phase change materials on the thermal behavior of multilayer thermal protective clothing. *J. Text. Inst*. 2021. Vol. 112. P. 1004–1013. http://doi.org/10.1080/00405000.2020.1832363.

11. Péter Pántya, Lilla Horváth. Analysis of the material characteristics of firefighter personal protective clothing. Hadmérnök. 2023. Vol. 18 (2). P. 73–81. https://doi.org/10.32567/hm.2023.2.4.

12. Васютяк А. О., Штайн Б. В., Бойко Т. В. Дослідження температурних показників підкостюмного простору пожежника в залежності від умов середовища та фізичного навантаження. *Пожежна безпека*. 2013. № 25. С. 17–26.

13. Болібрух Б. В., Штайн Б. В., Лозинський Р. Я., Лин А. С., Васютяк А. О. Визначення температурних режимів підкостюмного простору теплозахисного одягу пожежника під час гасіння пожеж в закритих приміщеннях. *Збірник наукових праць ЛДУ БЖД «Пожежна безпека»*. 2013. № 22. С. 24–31.

14. Провести дослідження та розробити довідник керівника гасіння пожежі : звіт про науково-дослідну роботу. *Експериментальні дослідження захисного одягу пожежників*. 2016. С. 148–159. 1313 с. URL: https://dsns.gov.ua/upload/9/6/2/3/2017-4-25-zvit-osvita-i-nauka-6-dovidnik-kerivnika-gasinnya-pozezi.pdf.

15. Комплект захисного одягу та спорядження Viking. URL: https://www.viking-life.com/shop/personal-protective-equipment/firefighter-protection/viking-yousafe-fire-ship-package-y2/.

16. Wenjie Song, Fangliang Zhong, John Kaiser Calautit, Jiaxiang Li. Exploring the role of skin temperature in thermal sensation and thermal comfort: A comprehensive review. *Energy and Built Environment*. 2025. Volume 6, Issue 4. P. 762–781. https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2024.03.002

17. Коротинський П. А., Савинський С. П., Лущ В. І. та ін. Довідник керівника гасіння / під ред. В. С. Кропивницького. Київ : ТОВ «Літера-Друк», 2016, 320 с.

REFERENCES

1. Analitichna dovidka pro pozhezhi ta yikh naslidky v Ukraini za 12 misiatsiv 2024 roku. (2024). [Analytical report on fires and their consequences in Ukraine for 12 months of 2024]. Retrieved from: https://dsns.gov.ua/upload/2/3/0/1/6/1/2/analiticna-dovidka-pro-pozezi-za-12-misiaciv-2024-na-sait.pdf. [in Ukrainian].

2. Zakhysnyi odiah dlia pozhezhnykiv. (2017). Vymohy shchodo pokaznykiv yakosti zakhysnoho odiahu dlia pozhezhnykiv: DSTU EN 469:2017 (EN 469:2005; A1:2006; AC:2006, IDT) [Protective clothing for firefighters. Requirements for quality indicators of protective clothing for firefighters]. [in Ukrainian].

3. Pro zatverdzhennia Pravyl bezpeky pratsi v orhanakh ta pidrozdilakh MNS Ukrainy: Nakaz MNS Ukrainy vid 07.05.2007 № 312. (2007). [On approval of labor safety rules in the bodies and units of the MES of Ukraine]. [in Ukrainian].

4. Bolibrukh, B. V., Lisniak, A. A., & Tokarskyi, O. I. (2019). Kompleksnyi vplyv na pozhezhnohoriatuvalnyka nebezpechnykh ta shkidlyvykh faktoriv [Complex impact of hazardous and harmful factors on a firefighter rescuer]. Problemy pozhezhnoi bezpeky – Fire Safety Issues, 46, 26–49. [in Ukrainian].

5. Rethinking turnout gear for the future – International Fire Fighter. Retrieved from: https://iffmag.com/rethinking-turnout-gear-for-the-future.

6. Globe G-XTREME 3.0 Jacket. Retrieved from: https://ca.msasafety.com/p/gxtremeJacket?locale=en&section=specifications

7. Santos, G., Marques, R., Marques, F., Ribeiro, J., & Fonseca, A. (2022). An innovative thermal protective clothing system for firefighters. CDAPT, 3(2), 146–155. https://doi.org/10.25367/cdatp.2022.3.p146-155.

8. Santos, G., Marques, R., Ribeiro, J., Moreira, A., Fernandes, P., Silva, M., Fonseca, A., & Miranda, J. M. (2022). Firefighting: Challenges of smart PPE. Forests, 13, 1319. https://doi.org/10.3390/f13081319

9. He, H., Liu, J., Wang, Y., Zha, Y., Qin, Y., Zhu, Z., Yu, Z., & Wang, J. (2022). An ultralight self-powered fire alarm e-textile based on conductive aerogel fiber with repeatable temperature monitoring performance used in firefighting clothing. ACS Nano, 16, 2953–2967. https://doi.org/10.1021/acsnano.1c10144.

10. Zhang, H., Liu, X., Song, G., & Yang, H. (2021). Effects of microencapsulated phase change materials on the thermal behavior of multilayer thermal protective clothing. Journal of the Textile Institute, 112, 1004–1013. https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1832363.

11. Pántya, P., & Horváth, L. (2023). Analysis of the material characteristics of firefighter personal protective clothing. Hadmérnök, 18(2), 73–81. https://doi.org/10.32567/hm.2023.2.4.

12. Wasiutiak, A. O., Shtain, B. V., & Boiko, T. V. (2013). Doslidzhennia temperaturnykh pokaznykiv pidkostiumnoho prostoru pozhezhnika v zalezhnosti vid umov seredovyshcha ta fizychnoho navantazhennia [Investigation of temperature indicators of the firefighter's under-suit space depending on environmental conditions and physical load]. Pozhezhna bezpeka – Fire Safety, 25, 17–26. [in Ukrainian].

13. Bolibrukh, B. V., Shtain, B. V., Lozynskyi, R. Ya., Lyn, A. S., & Wasiutiak, A. O. (2013). Vyznachennia temperaturnykh rezhymiv pidkostiumnoho prostoru teplozakhysnoho odiahu pozhezhnika pid chas hasinnia pozhezh v zakrytykh prymishchenniakh [Determination of temperature regimes of the under-suit space of firefighter thermal protective clothing during fire extinguishing in enclosed spaces]. Pozhezhna bezpeka – Fire Safety, 22, 24–31. [in Ukrainian].

14. Provesty doslidzhennia ta rozrobyty dovidnyk kerivnyka hasinnia pozhezhi: Zvit pro naukovo-doslidnu robotu. Eksperymentalni doslidzhennia zakhysnoho odiahu pozhezhnykiv [Conduct research and develop a fire commander's handbook: Research report. Experimental studies of firefighters' protective clothing]. (2016). pp. 148–159. Retrieved from: https://dsns.gov.ua/upload/9/6/2/3/2017-4-25-zvit-osvita-i-nauka-6-dovidnik-kerivnika-gasinnya-pozezi.pdf. [in Ukrainian].

15. Komplekt zakhysnoho odiahu ta sporiadzhennia Viking [Viking protective clothing and equipment set]. Retrieved from: https://www.viking-life.com/shop/personal-protective-equipment/firefighter-protection/viking-yousafe-fire-ship-package-y2/. [in Ukrainian].

16. Song, W., Zhong, F., Calautit, J. K., & Li, J. (2025). Exploring the role of skin temperature in thermal sensation and thermal comfort: A comprehensive review. Energy and Built Environment, 6(4), 762–781. https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2024.03.002

17. Korotynskyi, P. A., Savynskyi, S. P., Lushch, V. I., et al. (2016). Dovidnyk kerivnyka hasinnia [Fire commander's handbook] (V. S. Kropyvnytskyi, Ed.). Kyiv: TOV Litera-Druk. [in Ukrainian].

© О. В. Лазаренко, Я. Б. Великий, Р. Ю. Сукач, В. В. Коваль

Науково-методична стаття.
Стаття надійшла до редакції 20.09.2025
Стаття прийнята 05.10.2025
Статтю опубліковано 23.12.2025

ЗМІСТ

В. М. Баланюк, В. І. Слободян, В. С. Пикус
АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПОВЕРХНЕВОГО ВОГНЕЗАХИСТУ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ — 5

А. І. Березовський, Н. В. Саєнко, Б. Я. Копил, О. М. Григоренко
ВПЛИВ ІНТУМЕСЦЕНТНИХ КОМПОНЕНТІВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІНОКОКСУ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ АКРИЛОВОЇ ДИСПЕРСІЇ — 14

Р. Б. Веселівський, В. Л. Петровський, І. М. Козира
ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ ПІДПРИЄМСТВ ТОРФОБРИКЕТНОГО ВИРОБНИЦТВА — 26

Д. П. Войтович, Р. Ю. Сукач
МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА — 34

Д. П. Войтович, Р. Ю. Сукач
АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ — 41

І. І. Калужняк, А. Ф. Гаврилюк, Д. В. Фреюк
ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БПЛА ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ — 52

М. А. Куценко, І. П. Романюк, О. В. Кириченко, О. В. Ніконішин, Є. В. Школяр, Р. Б. Мотрічук, С. О. Хряпак, І. І. Іщенко
ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ПОРОШКОВИХ ЗАСОБІВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЦИХ ЗАСОБІВ — 61

CONTENTS

V. M. Balaniuk, V. I. Slobodian, V. S. Pikus
ANALYSIS OF SURFACE FIRE-PROTECTION MEANS FOR WOOD — 5

A. I. Berezovskyi, N. V. Saienko, B. Ya. Kopyl, O. M. Hryhorenko
INFLUENCE OF INTUMESCENT COMPONENTS ON THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CHAR LAYER IN FIRE-PROTECTIVE COATINGS FOR STEEL STRUCTURES BASED ON ACRYLIC DISPERSION — 14

R. B. Veselivskyi, V. L. Petrovskyi, I. M. Kozyra
FIRE HAZARD OF RAW MATERIAL PREPARATION PROCESSES AT PEAT BRICK MANUFACTURING ENTERPRISES — 26

D. P. Voytovych, R. Yu. Sukach
THE POSSIBILITY OF APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO THE MANAGEMENT OF FIRE AND RESCUE UNITS DURING FIREFIGHTING USING UAVS (DRONES) — 34

D. P. Voytovych, R. Yu. Sukach
ANALYSIS OF SHORTCOMINGS IN THE FIRE PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES — 41

I. I. Kaluzhniak, A. F. Gavryliuk, D. V. Freiuk
JUSTIFICATION OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF UAVS FOR FIREFIGHTING — 52

M. A. Kutsenko, I. P. Romaniuk, O. V. Kyrychenko, O. V. Nikonishyn, Ie. V. Shkoliar, R. B. Motrichuk, S. O. Khriapak, I. I. Ishchenko
ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF POWDER FIRE EXTINGUISHING AGENTS AND WAYS OF IMPROVING THESE AGENTS — 61

ЗМІСТ

О. В. Лазаренко, Я. Б. Великий, Р. Ю. Сукач, В. В. Коваль
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ЗАХИСНОГО ОДЯГУ РЯТУВАЛЬНИКА В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ — 70

В.-П. О. Пархоменко, Ю. Т. Судніцин, А. М. Домінік, Р. М. Конанець, Р. В. Пархоменко, Ю. В. Доманський
АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА СКРАПЛЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ ТА ОСНОВНИХ НЕБЕЗПЕК ДЛЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ — 79

О. В. Савченко, В. В. Ніжник
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ — 96

Н. В. Саєнко, А. В. Скрипинець, А. І. Березовський, О. В. Макаренко
ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ ТА ТОКСИКОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ ЕПОКСИДНИХ І ЕПОКСИУРЕТАНОВИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ — 103

О. В. Хлевной, С. Я. Вовк, Н. В. Жезло-Хлевна, Д. В. Харишин
ВПЛИВ ПРИРОДНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ НА БЛОКУВАННЯ ЗА ВТРАТИ ВИДИМОСТІ ЕВАКУАЦІЙНИХ ВИХОДІВ НА ПОЧАТКОВІЙ СТАДІЇ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖІ — 113

CONTENTS

O. V. Lazarenko, Ya. B. Velykyi, R. Yu. Sukach, V. V. Koval
EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS USING MODERN PROTECTIVE CLOTHING OF RESCUERS IN CONDITIONS OF ELEVATED TEMPERATURE — 70

V.-P. O. Parkhomenko, Yu. T. Sudnitsyn, A. M. Dominik, R. M. Konanets, R. V. Parkhomenko, Yu. V. Domanskyi
ANALYSIS OF LIQUEFIED NATURAL GAS PRODUCTION AND MAJOR HAZARDS FOR FIRE AND RESCUE UNITS — 79

O. V. Savchenko, V. V. Nizhnyk
IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR ASSESSING INDIVIDUAL FIRE RISK CONSIDERING THE IMPACT OF FIRE PROTECTION SYSTEMS — 96

N. V. Saienko, A. V. Skripinets, A. I. Berezovskyi, O. V. Makarenko
STUDY OF THE COMPOSITION AND TOXICOLOGICAL PROPERTIES OF COMBUSTION PRODUCTS OF EPOXY AND EPOXY-URETHANE FLAME-RETARDANT MATERIALS — 103

O. V. Khlevnoi, S. Ya. Vovk, N. V. Zhezlo-Khlevna, D. V. Kharyshyn
THE IMPACT OF NATURAL VENTILATION ON THE BLOCKAGE OF EVACUATION EXITS DUE TO LOSS OF VISIBILITY AT THE INITIAL STAGE OF FIRE — 113