

**Шифр „Захисний одяг ”**

**«Покращення захисних властивостей спецодягу  
працівників ДСНС для роботи в умовах підвищених  
температур»**

Львів – 2017р

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ I. АНАЛІТИЧНИЙ АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ З ПОЖЕЖАМИ В УКРАЇНІ ТА УМОВИ ЇХ ЛІКВІДАЦІЇ .....	5
1.1. Статистика пожеж в Україні за 2017 рік.....	5
1.2. Небезпечні фактори під час пожежі.....	8
1.3. Характеристика захисного одягу, що використовується під час гасіння пожеж та ліквідації їх наслідків.....	11
РОЗДІЛ II. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОДЯГУ ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР.....	19
2.1. Характеристики силіконів .....	19
2.2. Характеристика пінополістиролів.....	20
2.3. Експериментальне обладнання для визначення динаміки зміни температури між шарами одягу пожежного.....	21
2.3. Аналіз динаміки зміни температури у підкостюмному просторі залежно від температури та вологості повітря в камері.....	23
ВИСНОВКИ.....	27
Список використаної літератури.....	28

## АКТУАЛЬНІСТЬ

В Україні кожного дня відбуваються різного характеру надзвичайні ситуації, які ліквідовують працівники державної служби з надзвичайних ситуацій.

Пожежники-рятувальники виконують роботи, пов'язані з пожежогасінням, повеннями, природними катастрофами та іншими непередбаченими нещасними випадками, а також займаються ліквідацією їх наслідків. Професія рятувальника - небезпечна і вимагає довірливої співпраці: неправильне рішення або поведінка може загрожувати здоров'ю, життю чи майну людей або ж самого рятувальника.

Гасіння пожежі може тривати від декількох хвилин до декількох діб. Якщо прибулих сил для боротьби з вогнем не вистачає - викликають підмогу.

Державна служба України з надзвичайних ситуацій має у своєму підпорядкуванні угруповання сил загальною кількістю до 55 тис. осіб особового складу; 7 аварійно-рятувальних формувань швидкого реагування (центрального підпорядкування), в тому числі авіацію; 25 аварійно-рятувальних загонів спеціального призначення та 1182 державних пожежно-рятувальних підрозділів до району включно (територіального підпорядкування).

За результатами проведеного аналізу [1] встановлено, що понад 60% теплозахисного одягу рятувальника, який застосовується підрозділами ДСНС України, є застарілим і не має сертифікатів відповідності, а решта 40% - мають багато конструктивних та захисних недоліків. Тобто, можна стверджувати, що у підрозділах ДСНС застосовують одяг, що не забезпечує повною мірою захисту працівників від небезпечних і шкідливих чинників пожеж, що впливає на стан здоров'я та якість і швидкість тактичних рухів.

Тому питання підвищення рівня захисту рятувальників під час ліквідації пожежі та її наслідків в умовах підвищених температур покращенням захисних характеристик захисного одягу завжди залишатиметься актуальним та потребує вирішення.

**Мета роботи** – експериментальне дослідження способів та технологій зниження температури у підкостюмному просторі в умовах пожежі застосуванням прокладок з низьким коефіцієнтом теплопровідності.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів і загальних висновків, містить 29 сторінок друкованого тексту, 3 таблиці, 11 ілюстрацій. Список використаних джерел містить 20 найменувань.

Ключові слова: ЗАХИСНИЙ КОСТЮМ, ФАКТОРИ ПОЖЕЖІ, ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ, СИЛІКОН, ТЕПЛОЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ, БЕЗПЕКА ПРАЦІ, УМОВИ ПРАЦІ.

# РОЗДІЛ I

## АНАЛІТИЧНИЙ АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ З ПОЖЕЖАМИ В УКРАЇНІ ТА УМОВИ ЇХ ЛІКВІДАЦІЇ

### 1.1. Статистика пожеж в Україні за 2017 рік

Стан із пожежами в Україні за 10 місяців 2017 року порівняно з таким самим періодом 2016 року відзначився такими основними показниками:

- зареєстровано 76084 пожежі (+ 15,0 %);
- загинуло внаслідок пожеж 1372 людини (+1,5 %), у т. ч. 47 дітей (+17,5 %);
- травмовано на пожежах 1246 людей (+21,9 %), у т. ч. 114 дітей (+20,0 %);
- врятовано на пожежах 2040 людей (-0,4 %), у т. ч. 205 дітей (-21,8 %);
- прямі збитки, завдані пожежами, збільшилися на 33,4 % та склали 1 млрд 728 млн 944 тис. грн;
- побічні збитки - склали 5 млрд 189 млн 448 тис. грн (+220,8 %).

В середньому на території країни щодня виникало 250 пожеж, з яких 184 у житловому секторі, де загинуло 5 людей і 4 отримали травми, вогнем знищено чи пошкоджено 71 будівлю і споруду різного призначення, 12 одиниць техніки та 3 голови худоби. Щоденні матеріальні втрати склали майже 22,8 млн. грн. [2]. Загальні дані про пожежі та наслідки від них в Україні за 10 місяців 2017 року наведено на рисунку 1.1.

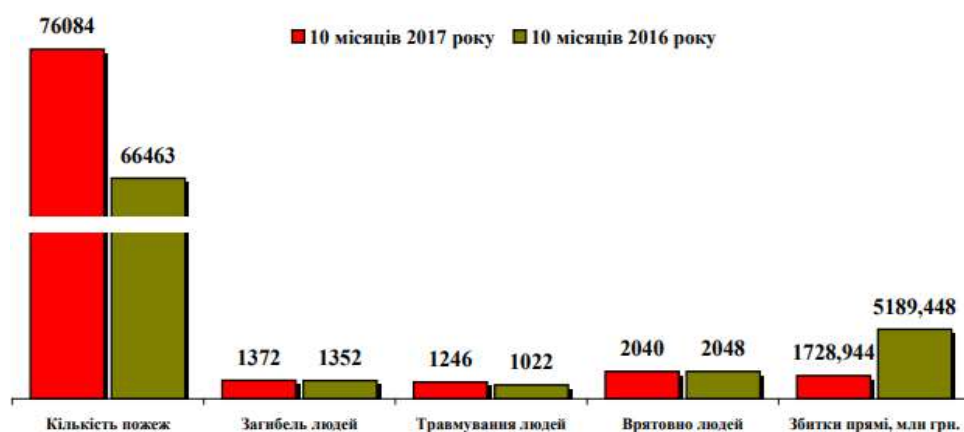


Рис. 1.1. Загальні показники пожеж та наслідків від них в Україні

Збільшення кількості загиблих унаслідок пожеж за 10 місяців 2017 року зареєстровано в 14 областях України: Закарпатській, Чернівецькій, Херсонській, Ів.-Франківській, Житомирській, Черкаській, Донецькій, Волинській, Луганській, Вінницькій, Харківській, Миколаївській, Запорізькій та Дніпропетровській.

Збільшення кількості, травмованих людей на пожежах за 10 місяців 2017 року (1246 порівняно з 1022), зафіксовано в 16 областях: Рівненській, Львівській, Хмельницькій, Черкаській, Харківській, Херсонській, Чернівецькій, Кіровоградській, Київській, Полтавській, Одеській, Сумській, Дніпропетровській, Луганській, Волинській, Запорізькій та у м. Києві. У Херсонській області кількість травмованих на пожежах людей залишилася такою самою, як і минулого року.

За загального збільшення кількості пожеж на підприємствах, в організаціях, закладах (1948 за 10 місяців 2017 року порівняно з 1772 за такий самий період 2016 року) за 10 місяців 2017 року зменшення їх зареєстровано у Дніпропетровській (-3,6 %), Тернопільській (-9,1 %), Львівській (-10,0 %), Житомирській (-16,4 %), Херсонській (-16,7 %), Кіровоградській (-20,6 %), Чернігівській (-21,8 %), Рівненській (-41,7 %) та Сумській (-44,0 %) областях.

Найбільший відсоток пожеж на об'єктах зафіксовано у Закарпатській області, де цей показник перевищує середньодержавний у 2,1 рази та становить 5,5 %; найменший – у Херсонській області (1,1 %). Унаслідок пожеж на підприємствах, в організаціях, закладах загинуло 25 людей (1,8 % від загальної кількості загиблих унаслідок пожеж), що на 5 людей більше ніж за 10 місяців 2016 року (+25,0 %); 52 людини отримали травми (4,2 % від загальної кількості травмованих на пожежах), що на 2 людини менше ніж за 10 місяців 2016 року (-3,7 %). На рисунку 1.2 наведено розподіл пожеж на підприємствах, в організаціях, закладах залежно від форм власності.

У житловому секторі (житлові будинки, дачі, гуртожитки, надвірні споруди, сараї тощо) за 10 місяців 2017 року кількість пожеж порівняно з таким самим періодом 2016 року становить 55862 (зросла на 18,3 % - 73,4 % від загальної

кількості). Прямі збитки становили 862 млн 925 тис. грн., тобто зросли на 28,5 %, порівняно з 10 місяцями 2016 року.



Рис. 1.2. Розподіл пожеж на підприємствах, в організаціях, закладах залежно від форм власності

Побічні збитки склали 3 млрд 49 млн 67 тис. грн (+72,6 %). У житловому секторі кількість загиблих становила 1 303 людини (+0,8 %).

У житловому секторі 757 пожеж (6,7 % від кількості пожеж цього типу) ліквідовані силами місцевої пожежної охорони (МПО) спільно з пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС України, а тільки силами МПО – 368 (1,1 %).

На рис. 1.3 наведено ранжування регіонів України за кількістю пожеж у житловому секторі, ліквідованих МПО та спільно з ДПО

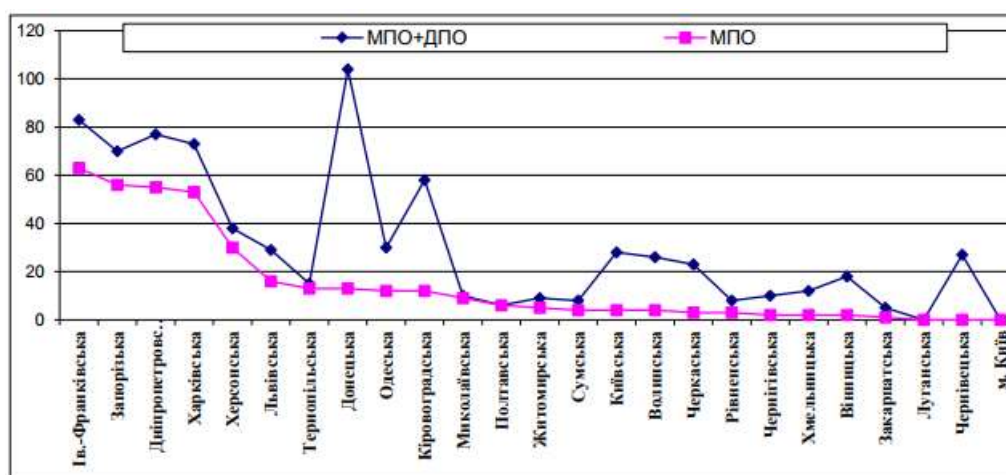


Рис. 1.3. Ранжування регіонів України за кількістю пожеж, ліквідованих за участю МПО та ДПО, а також тільки МПО, у житловому секторі міст та селищ [3].

Отож, в Україні щорічно виникає велика кількість пожеж різного характеру і рівня, ліквідація яких та усунення наслідків потребують залучення сил і засобів ДСНС у великій кількості. Не останнє значення серед чинників, які сприяють успішному проведенню оперативно-рятувальних дій, має і забезпечення працівників підрозділів захисним спеціальним одягом з високим ступенем захисту.

## **1.2. Небезпечні фактори під час пожежі**

Небезпечними факторами пожежі, які впливають на людей, є відкрите полум'я та іскри, підвищена температура навколишнього середовища, предметів, токсичні продукти горіння, дим, знижена концентрація кисню, падаючі частини будівельних конструкцій, агрегатів, установок і т.п.

Найбільшу небезпеку становить вдихання нагрітого повітря, що приводить до поразки і некрозу верхніх дихальних шляхів, задухи і смерті. Так, вплив температури понад 100°C приводить до втрати людиною свідомості і загибелі через кілька хвилин. Небезпечними також є опіки шкіри. У людини, яка отримала опіки другого ступеня 30% поверхні тіла, мало шансів вижити. Час отримання опіків другого ступеня - 26 с за температури середовища 71°C; 15 с - при 100 °C; 7 с - при 176°C. У вологому середовищі, типовому для пожежі, другий ступінь опіку викликає температура 55°C протягом 20 с впливу і 70°C - протягом 1 с.

При пожежі в сучасних будівлях із застосуванням полімерних і синтетичних матеріалів на людину можуть впливати токсичні продукти горіння. Основною причиною загибелі людей при пожежах є отруєння оксидом вуглецю. Оксид вуглецю небезпечний тим, що він у 200 - 300 разів активніше реагує з гемоглобіном крові, ніж кисень, внаслідок чого червоні кров'яні тільця втрачають здатність забезпечувати організм киснем. Настає кисневе голодування, втрачається здатність міркувати, людина стає байдужою, не прагне уникнути небезпеки, настає заціпеніння, запаморочення, депресія, порушення координації рухів, припинення дихання, смерть.



Підвищена небезпека оксиду вуглецю пояснюється не тільки його високою токсичністю, але також великою концентрацією в продуктах горіння. У 50 - 80% випадків загибель людей на пожежах викликається отруєнням оксидом вуглецю і недостатчею кисню. Однак є підстави вважати, що і інші продукти горіння (оксиди азоту, ціанисті сполуки, формальдегіди, фенол, фторфосген, аміак, ацетон, стирол і т.д.) можуть також становити небезпеку для життя людини.

Дим зумовлює інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок (сильний кашель, сльозотечу тощо), він погіршує видимість, а тому і унеможлиблюється евакуація людей. Задимленість вважається граничною, якщо показник послаблення світла димом на одиницю довжини становить 2,4.

Вибухи збільшують площу горіння і можуть призводити до утворення нових осередків пожеж. Люди, що перебувають поблизу, можуть підпадати під дію вибухової хвилі, отримувати ураження уламками тощо.

Внаслідок руйнування будівельних конструкцій люди можуть одержати значні механічні травми, опинитися під уламками завалених конструкцій. До того ж евакуація може бути просто неможливою через завали евакуаційних виходів та руйнування шляхів евакуації.

Більшість людей потрапляють у складні та неординарні умови, якими характеризується пожежа, вперше і не мають відповідної психічної стійкості та достатньої підготовки. Коли дія чинників пожежі перевищує межу психофізіологічних можливостей, людину може охопити панічний стан. При цьому вона втрачає розсудливість, її дії стають неконтрольованими та неадекватними ситуації, що виникла. Паніка - це жахливе явище, здатне призвести до масової загибелі людей.

В умовах пожежі при згорянні речовин і матеріалів концентрація кисню в приміщенні зменшується. Зниження концентрації кисню всього на 3% викликає погіршення рухових функцій організму.

До вторинних проявів небезпечних факторів пожежі, що впливають на людей і матеріальні цінності, належать: уламки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій; радіоактивні, токсичні речовини і матеріали,

що вийшли із зруйнованих апаратів і установок; електричний струм, що виник в результаті витoku високої напруги на струмопровідні частини конструкцій, апаратів, агрегатів; небезпечні фактори вибуху, що стався внаслідок пожежі; вогнегасні речовини.

Проаналізувавши дані таблиці 1.1., бачимо, що у відсотковому відношенні найменша кількість травмувань була у 2013 році від ушкодження електричним струмом, у 2015 році від ушкодження електричним струмом та дії небезпечних речовин, газів, продуктів згорання (0%), у 2016 від вибухів ємностей із горючими та вибухонебезпечними речовинами, спалахів горючих та легкозаймистих речовин та ушкоджень електричним струмом.

Таблиця 1.1.

Основні фактори травмування пожежників під час ліквідації пожеж та їх наслідків

Рік	Фактори						
	Обвалення будівельних конструкцій, падіння предметів і матеріалів, %	Дія екстремальних температур, %	Падіння з висоти, %	Вибухи ємностей із горючими та вибухонебезпечними речовинами, спалахи горючих та легкозаймистих речовин, %	Ушкодження електричним струмом, %	Дія небезп. речовин, газів, продуктів згорання, %	Інші, %
2012	19	16,4	8	2,7	27	13,6	13,3
2013	10	5	15	30	0	15	25
2014	4,8	33,7	8,5	7,4	7,4	16	22,2
2015	5,4	30	18,4	23,1	0	0	23,1
2016	18,5	38	14,8	0	0	14,5	14,2

Найбільша кількість травмувань з 2012 по 2016 роки зафіксована від дії екстремальних температур. В більшості випадків саме внаслідок пожеж стається ураження людей впливом високої температури.

### **1.3. Характеристика захисного одягу, що використовується під час гасіння пожеж та ліквідації їх наслідків**

Засоби індивідуального захисту пожежника-рятувальника – засоби захисту, що надягаються на тіло пожежника-рятувальника або його частину і застосовуються під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. До таких засобів індивідуального захисту належать: каска, захисний одяг, газохімзахисний одяг, радіаційнозахисний одяг, пояс, карабін, ізолювальний захисний дихальний апарат, ізолювальний регенеративний респіратор, захисне взуття.

Захисний одяг пожежника-рятувальника – спеціальний одяг, призначений для захисту тіла пожежника-рятувальника від впливу небезпечних факторів пожежі та вогнегасних речовин під час гасіння пожеж і проведення пожежно-рятувальних робіт. Захисний одяг поділяється на:

- захисний одяг пожежного загального призначення (ЗОПЗП) - призначений для захисту шкірного покриву, за винятком голови, кистей рук та ступень ніг, і застосовуваний у діапазоні температур впливу на нього від мінус 40°C до 185°C, а також від дії теплового випромінювання з поверхневою густиною потоку до 7 кВт/м<sup>2</sup> та короткочасної дії від відкритого полум'я тривалістю до 10 с, що відповідає першому рівню експлуатаційних властивостей;

- теплозахисний одяг пожежника загального типу (ТЗОПЗТ) – призначений для захисту шкірного покриву, за винятком голови, кистей рук та ступень ніг, і застосовуваний у діапазоні температур впливу на нього від мінус 40 °С до 300 °С, а також від дії теплового випромінювання з поверхневою густиною потоку до 7 кВт/м<sup>2</sup> та короткочасної дії теплового випромінювання з поверхневою густиною потоку до 40 кВт/м<sup>2</sup>, помірної дії відкритого полум'я тривалістю до 15 с, що відповідає другому рівню експлуатаційних властивостей.

Класифікація спецодягу для пожежних підрозділяється за рівнями захисту від високих температур, оскільки констатовано, що саме тепловий фактор найчастіше веде до високого відсотку травматизму і загибелі особового складу.

Крім того, тканини, які мають підвищену стійкість до високотемпературних потоків, мають і кращі характеристики міцності при навантаженні на розрив.

Захисний одяг пожежного (ЗОП) класу III виготовлений з використанням термостійкої штучної шкіри і розроблений для захисту від небезпечних факторів зовнішнього середовища при несенні служби поза зоною теплових потоків особливої інтенсивності, рівень захисту цього ЗОП трохи нижчий. Вінілшкіра - важкозаймистий матеріал, який добре працює в широкому діапазоні температур. Форма добре захищає від іскор і диму. Застібки - на три карабіни, бокові шви відсутні. Хлястиками можна відрегулювати ширину рукава на зап'ясті.



Рис. 1.5. Захисний одяг класу III

Таблиця 1.2.

Класифікація захисного одягу за класом захисту від теплового впливу

Основні характеристики	Клас захисту бойового захисного одягу		
	I	II	III
Стійкість до впливу сильного теплового випромінювання, с	240		
Стійкість до відкритого полум'я, с	15	5	
Теплопровідність в діапазоні від +50 до +150 °С	0,06		
Температурний діапазон, °С	-50...+300	-50...+200	-40...+200
Стійкість до газового середовища при температурі не більше 300°С, с	300	240	180
Стійкість до контакту з	7	3	1

поверхнями нагріву до +400° С, с			
Кисневий індекс (відсоток)	28	26	
Вага ЗОЦ, кг	5	6,5	
Група призначення	Газодимозахис- ник	командний і рядовий склад	командний склад, водії, інспектори

Захисний одяг класу II. Робочий костюм виготовляють, головним чином, з брезентової тканини, яка обробляється спеціалізованими складами і витримує випробування концентрованими кислотами.



Рис. 1.6. Захисний одяг класу II

Така форма рятує особовий склад від потужних теплових потоків, задимлення, агресивного середовища, уламків і гострих об'єктів зруйнованих конструкцій при вибухах. Вона захистить шкіру від їдких розчинів агресивних речовин, полум'я, від води і сильного вітру. Застібка являє собою водозахисний клапан з фіксацією трьома карабінами. На рукавах з ватним шаром утеплювача є накладки на ліктьових зонах, манжети-напульсники - на зап'ястях.

Захисний одяг класу I забезпечує захист від сильного перегріву, теплових потоків великої швидкості і потужності, раптових викидів відкритого полум'я, частих перепадів температур при роботі в критичних умовах. Використовується при гасінні пожеж високого ступеня небезпеки, рятувальних роботах, розвідці. Виготовляється із застосуванням особливих вогнестійких, термостійких,

тепловідбивних матеріалів, які просочуються і покриваються спеціальними комплексними складами.



Рис. 1.7. Захисний одяг класу I

В повну комплектацію входять: хутрянний жилет, капюшон, рукавички з трьома пальцями, вовняний підшоломник, і обов'язкові сигнальні елементи, які добре проглядаються при сильному задимленні і в темряві.

Захисний одяг виготовляється з пакета матеріалів, який має чотири шари:

- 1-й шар – матеріал верху – тканина вогнезахисна, водонепроникна ВХ 9260/89201 (Нідерланди);
- 2-й шар – матеріал тефлон типу E-Flor 2-TR-008-62;
- 3-й шар – ватин арт. ВПЦ-400;
- 4-й шар – підкладкова тканина – бязь, арт. 2В2-157ТДК.

Поширено застосовується у підрозділах теплозахисний одяг USP 2-2, який є продукцією польської фірми GO WEST [1]. Ця модель одягу є сертифікованою на теренах Республіки Польща [4], відповідає вимогам [5, 6]. Структура теплозахисного одягу пожежника складається з такого пакета матеріалів [3]:

- матеріал верху бавовна D-10/2/150NT з поверхневою масою  $278 \pm 14 \text{ г/м}^2$ ;
- вологотривкий матеріал поліестер-поліуретанова Amitech Breath TO54 з поверхневою масою  $160 \text{ г/м}^2$ ;
- термоізоляційний матеріал PD 2/150N (волокна поліестеру 157-0120-300-00 з підшивкою бавовняно-поліестеровою арт. PD 150N) з поверхневою масою  $530 \pm 22 \text{ г/м}^2$ .



Рис. 1.8. Теплозахисний одяг USP 2-2 виробництва польської фірми GO WEST

Критеріями граничного стану ЗОП вважають механічне та (або) термічне руйнування будь-якого з шарів пакета матеріалів, ниток в строчках швів ЗОП та деформування фурнітури, які не підлягають ремонту за місцем експлуатування ЗОП. Середній термін служби має бути: ЗОП, виготовленого з матеріалу з полімерним з плівковим покритвом – не менше 2 років; ЗОП, виготовленого з інших матеріалів – не менше 3 років. ЗОП має відповідати вимогам щодо ергономіки (табл. 1.3.) та конструктивним вимогам [7, 8].

Таблиця 1.3.

Вимоги до захисного одягу пожежного

Показник	Норми за видами ЗОП		Метод випробування	Примітка
	ЗОЗП	ТЗОЗТ		
Показники призначеності				
Тривкість до дії теплового випромінювання за поверхневої густини теплового потоку, $c$ , не менше: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>7 \text{ кВт/м}^2</math>;</li> <li>• <math>40 \text{ кВт/м}^2</math>.</li> </ul>	180	180	5.3	Випробування
	-	10		ня

Тривкість до дії відкритого полум'я: <ul style="list-style-type: none"> <li>• залишкового горіння, с, не більше;</li> <li>• залишкового тління, с, не більше ніж</li> </ul>	2	2	5.4	проводять на пакеті матеріалів
Тривкість до дії температури (теплостійкість), с, не менше: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 185 °С,</li> <li>• 300 °С</li> </ul>	300	-	5.5	Випробування проводять на матеріалі верху
Тривкість до контакту з нагрітою до 400 °С твердою поверхнею, с, не менше ніж	3	7	5.6	
Водонепроникність, с, не менше: <ul style="list-style-type: none"> <li>• за методом кошеля;</li> <li>• за методом опору гідростатичному тиску 1000 мм вод. ст.</li> </ul>	водонепроникний не встановлюють	водонепроникний 60	5.7	Випробування проводять на матеріалі верху, водотривкому шарі та шві
Тривкість до дії розчинів поверхнево-активних речовин, год, не менше ніж	3		5.8	Випробування проводять на матеріалі верху та водотривкому шарі
Питомий поверхневий				



електричний опір, Ом, не більше ніж	10 <sup>12</sup>		5,16	Випробування проводять на матеріалі верху
Розривальне зусилля матеріалу верху:				
• по основі, Н, не менше ніж	450	550		
• по утоку, Н, не менше	450	550	5.9	
Розривальне зусилля шва, Н, не менше ніж	450	550	5.9	
Роздиральне зусилля матеріалу верху:				5.10
• по основі, Н, не менше ніж	25	35		
• по утоку, Н, не менше ніж	25	35		
Зміна лінійних розмірів після мокрого оброблення, %, не більше ніж	5	3	5.11	Випробування проводять на пакеті матеріалів
Зміна лінійних розмірів після теплового впливу, %, не більше ніж	5		5.5	
Тривкість до багаторазового згину, циклів, не менше ніж	50 000		5.12	Для матеріалів з полімерним покриттям
Холодотривкість, °С, не вище ніж	мінус 40		5.13	
Тривкість до проникнення кислот та лугів, год, не менше ніж	3		5.14	Випробування проводять на матеріалі верху та водотривко

			му шарі	
Показники ергономіки				
Маса, кг, не більше ніж	5		5.2	Випробування проводять на ЗОП
Жорсткість під час згину, Н, не більше ніж	0.3		5.18	Для матеріалів з полімерним покривом
Паропроникність, мг/см <sup>2</sup> год, не більше ніж	2		5.15	Випробування проводять на пакеті матеріалів
Коефіцієнт передавання тепла, %, не більше ніж	-	60	5.3	

Конструкція ЗОП повинна забезпечувати можливість його використання зі спорядженням пожежника, зокрема, каскою пожежника, пожежним рятувальним поясом, ЗІЗОД та зору пожежника, пожежно-технічним озброєнням, радіостанцією, спеціальним захисним взуттям, засобами захисту рук, засобами локального захисту та тепловідбивальним комплектом, які виготовлені відповідно до вимог нормативних документів на них.

Конструкція ЗОП та фурнітура повинні давати змогу пожежнику вдягти одяг протягом проміжку часу згідно з «Нормативами по пожежно-стройовій підготовці» та ефективно виконувати всі види діяльності під час гасіння пожеж та проведення пожежно-рятувальних робіт. Щоб зменшити фізіологічне навантаження в ЗОП повинні бути передбачені вентиляційні отвори. Тривалість безперервного користування ЗОП – не менше 3 год.

## РОЗДІЛ II

### МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОКЛАДОК З НИЗЬКИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ У ЗАХИСНОМУ КОСТЮМІ ПОЖЕЖНОГО

#### 2.1. Характеристики силіконів

Силікони або поліорганосилоксани – це кисневмісні високомолекулярні кремнійорганічні сполуки, хімічну узагальнену формулу яких можна записати у вигляді  $[R_2SiO]_n$ , де R – радикал метильної, етильної чи фенольної органічної групи. Силіконові еластомери застосовують у вигляді: низькомолекулярних і високомолекулярних каучуків; герметиків холодного затвердіння; гум гарячого затвердіння (високомолекулярні); компаундів холодного затвердіння (низькомолекулярні); рідких гум гарячого затвердіння (LSR).

Силікон знайшов поширене застосування в будівництві, медицині, радіотехніці, побуті та ін. Силіконам притаманні багато унікальних якостей в комбінаціях, відсутніх у будь-яких інших відомих речовин: здатність збільшувати або зменшувати адгезію, надавати гідрофобність, працювати і зберігати властивості при екстремальних і швидкозмінних температурах або за підвищеної вологості. Вони характеризуються діелектричністю, біоінертністю, хімічною інертністю, еластичністю, довговічністю, екологічністю, що зумовлює їх високу затребуваність у різних галузях.

Вироби з силікону зберігають свою працездатність від  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , морозостійкі типи - від  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , термостійкі - до  $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вони стійкі до впливу радіації, УФ-випромінювання, електричних полів і розрядів. За температур вище  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$  вони перевершують за ізоляційним показниками всі традиційні еластомери. Силіконам властивий низький коефіцієнт теплопровідності, наприклад, у силіконів без наповнювачів він становить  $\lambda = 0,15\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ . Якщо підпалити невеликий шматочок зразка: на відміну від органічних сполук на основі вуглецю, силіконові матеріали спалахують, а при горінні виділяється не чорна

сажа (вуглець), а біла (двоокис кремнію). Для більшості силіконових еластомерів температурний коефіцієнт лінійного розширення становить приблизно 300 мкм/м·°C. При охолодженні вони стискаються рівномірно.

Силіконові еластомери застосовують для виготовлення силіконових форм для хліба, морозива, печива, тістечок, тортів, пирогів, м'ясних та рибних делікатесів. Такі форми виготовляють зі 100% силікону – з сировини найвищої якості, призначені для інтенсивного використання в жорстких температурних умовах (від – 50 до +280°C). Термін придатності таких матеріалів є не меншим 5-ти років. Силіконова гума адитивного затвердіння (платиновий каталізатор) - це двокомпонентна силіконова гума, яка є високоміцною на розрив. Вона чудово витримує високі температури (до +450°C), майже не піддається усадженню. Застосовують для лиття епоксидних смол, легкотопких металів (сплавів олова), поліуретанів та воску. Вони є хімічно інертними, через свою безпечність для організму людини застосовуються в медицині.

## **2.2. Характеристика пінополістиролів**

Пінополістироли — газонаповнені пластмаси з пористою структурою, які складаються з комірок, що не сполучаються, отримані з синтетичних смол і характеризуються низькою щільністю та високими тепло- і звукоізоляційними характеристиками. Пінополістирол має високу стійкість до різних речовин, включаючи морську воду, сольові розчини, ангідриди, луги, розведені і слабкі кислоти, мила, солі, добрива, бітум, силіконові масла, спирти, клеювальні, водорозчинні фарби, але частково розкладається під дією органічних розчинників, смол, бітумних розчинів.

Пінополістирол не розчиняється і не набухає у воді, практично не вбирає вологу (вологість становить не більше 1%, і водопоглинання за добу становить 1%), довговічний і стійкий до гниття. Він не засвоюється тваринами і мікроорганізмами, не створює живильного середовища для грибків і бактерій. Не дратує слизові оболонки людини і є гіпоалергенним матеріалом. Цей матеріал

пропускає повітря, що дозволяє створювати комфортний мікроклімат в приміщенні - стіни «дихають». Коефіцієнт теплопровідності пінополістиролів знаходиться в межах  $\lambda = 0,033 - 0,037$ , Вт/(м\*К), 98 % їхнього об'єму становить повітря, а усього 2% - полістирол. Вони не є токсичними матеріалами, деякі його види припустимі для контакту з харчовими продуктами, що дозволяє широко використовувати його як упаковку продуктів харчування і для одноразового посуду (проте слід інформувати споживача про небезпеку його нагрівання).

За припинення дії вогню відбувається самозагасання протягом 4 с, тобто це пожежобезпечний матеріал, його температура спалахування практично удвічі перевищує аналогічну у деревини, при горінні пінополістиролу вивільняється у 8 разів менша кількість енергії, ніж у деревини. При горінні пінополістирол виділяє такі самі гази, як і при спалюванні деревини (СО — чадний газ, СО<sub>2</sub> — вуглекислий газ). Пінополістирол легко руйнується під впливом багатьох технічних рідин (бензолу, дихлоретану, ацетону) та їх парів, в нижчих спиртах, низькомолекулярних аліфатичних вуглеводнях, простих ефірах, фенолах і воді пінополістирол нерозчинний. Проте матеріал вважається дуже довговічним, наприклад, при його використанні у будівництві строки його експлуатації сягають від 20 до 50 років.

### **2.3. Експериментальне обладнання для визначення динаміки зміни температури між шарами одягу пожежного**

Метою випробувань є визначення відповідності ЗОП вимогам стандарту [6]. Засоби вимірювальної техніки, які використовують під час випробувань ЗОП, повинні бути вивірені згідно з ДСТУ 2708 або піддаті метрологічному атестуванню згідно з ДСТУ 3215, а випробувальне устаткування атестоване згідно з ГОСТ 24555. Для дослідження теплових процесів у підкостюмному просторі під час пожежі використовується дослідна установка (рис. 2.1.):

– дослідний зразок: дерев'яна скринька розмірами 70x30x30 мм і товщиною 20 мм, яка зовні термоізолювана мінеральною ватою та фольгою, а усередині

заповнена пінополістиролом. В скриньці знаходиться отвір, через який встановлена термопара для фіксації температури під шарами одягу пожежного: футболка, куртка та термозахисна куртка.

- камера розміром 1,5x1,57x2,2 м, в якій на кожній стіні розміщені тенти, стіни термоізовані мінеральною ватою;
- датчики ТХА;
- терморегулятор РТ-0102;
- комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням.

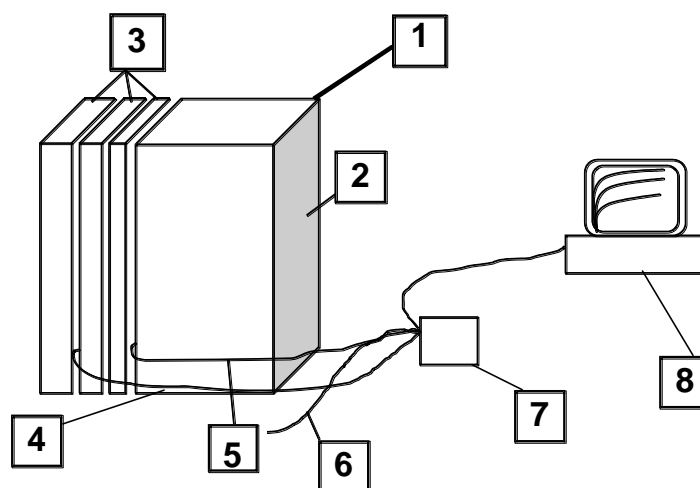


Рис. 2.1. Схема дослідної установки: 1 – камера з підвищеною температурою; 2 – дослідний зразок; 3– шари одягу; 4 – датчик ТХА 1; 5 – датчик ТХА 2; 6 – датчик ТХА 3; 7 – терморегулятор РТ-0102; 8 – ПК



Рис. 2.2 Робочі вікна програмного забезпечення

## **2.4. Алгоритм проведення досліджень з визначення динаміки зміни температури у підкостюмному просторі пожежного при підвищенні температури повітря в камері**

Послідовність проведення досліджень:

1. Встановлюємо обладнання. Вмикаємо та перевіряємо його справність;
2. Одягаємо на дослідний зразок одяг і розміщуємо під ним (ТХА 1) і під термозахисною курткою (ТХА 2) датчики вимірювання температури, а також в камері над одягом (ТХА 3);
2. Датчики ТХА приєднані до терморегулятора РТ-0102, який графічно візуалізує результати вимірювань на приєднаний ПК за допомогою спеціального програмного забезпечення у вигляді графічного і текстового файлів;
3. Вимірюють початкову температуру у підкостюмному просторі за звичайних умов;
4. Вмикаємо прилади обігріву лабораторної камери до досягнення температури 130 °С;
5. Встановлюємо дослідний зразок в лабораторну камеру;
6. Фіксуємо динаміку зміни температури у камері та підкостюмному просторі;
7. Після досягнення максимальної температури у камері, фіксуємо температуру у підкостюмному просторі.

Випробування з визначення динаміки зміни температури у підкостюмному просторі пожежного при використанні прокладок з низьким коефіцієнтом теплопередачі здійснюється за таким самим алгоритмом. За одержаними показниками температури будуємо графічні залежності у форматі Graf4win.

## **2.4. Аналіз динаміки зміни температури у підкостюмному просторі залежно від температури та вологості повітря в камері**

Для виявлення рівня теплопропускної здатності одягу рятувальника взірць з розміщеними на ньому шарами футболки, куртки та верхньої теплозахисної

куртки вносили в прогріту до 50-60°C камеру і фіксували за допомогою термопередавача та програмного забезпечення зміну температури у камері, під верхньою курткою та у теплоізолюваній скринці.

Враховуючи, що силікони мають стійкість до високих і низьких температур, багатьох розчинників і нафтопродуктів, а також відрізняються низьким коефіцієнтом теплопровідності і є безпечними для людини, були проведені дослідження щодо динаміки зміни температури між шарами одягу рятувальника, де між футболкою та курткою встановлена силіконова прокладка товщиною 3 мм.

Враховуючи, що найкращим теплоізолятором на сьогодні є пінополістирол, який складається на 98% з повітря, має інші позитивні характеристики, витримує температури від -200°C до +95°C, були проведені дослідження зміни температури під верхньою курткою та під шарами одягу і силіконової пластини та шару пінополістиролу (на футболці).

Для отримання картини ефективності запропонованих змін побудовані залежності температури під шаром теплозахисного одягу від температури повітря в лабораторній камері за трьох випадків: без додаткових прокладок; з прокладкою з силікону; з прокладками з силікону та пінополістиролу (рис. 2.3.).

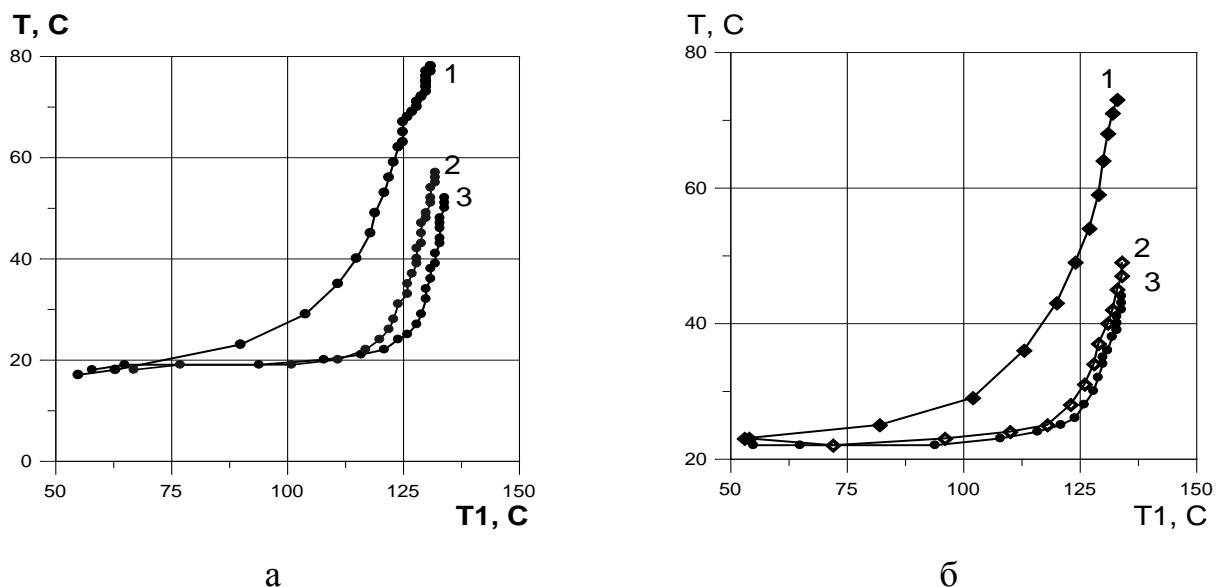


Рис. 2.3. Залежність температури під одягом від температури повітря (а - за високої вологості повітря в лабораторній камері; б – за незначної вологості) в лабораторній камері за трьох випадків: 1 - без додаткових прокладок; 2 - з



прокладкою з силікону; 3 - з прокладками з силікону та пінополістиролу

З графічних залежностей зрозуміло, що за наявності прокладок підвищення температури відбувалося під теплоізолюючою курткою дещо повільніше. Тобто, за відсутності термоізолюючих покладак швидше підвищувалася температура під одягом, долаючи тільки термічний опір одягу. За наявності додаткових прокладок з високим термічним опором температура підвищується повільніше не тільки під усіма шарами одягу, але й під теплозахисною курткою.

Повна картина зміни температурних параметрів повітря в камері та між шарами одягу без наявності додаткових теплоізолюючих прокладок і з ними представлено на рис. 2.4. та рис. 2.5. Для окремих кривих знайдено математичні вирази, що їх описують. Проте, ці вирази є придатними тільки у досліджуваному діапазоні температур. Тобто, немає гарантії, що у разі розширення цього температурного діапазону вирази будуть справедливими.

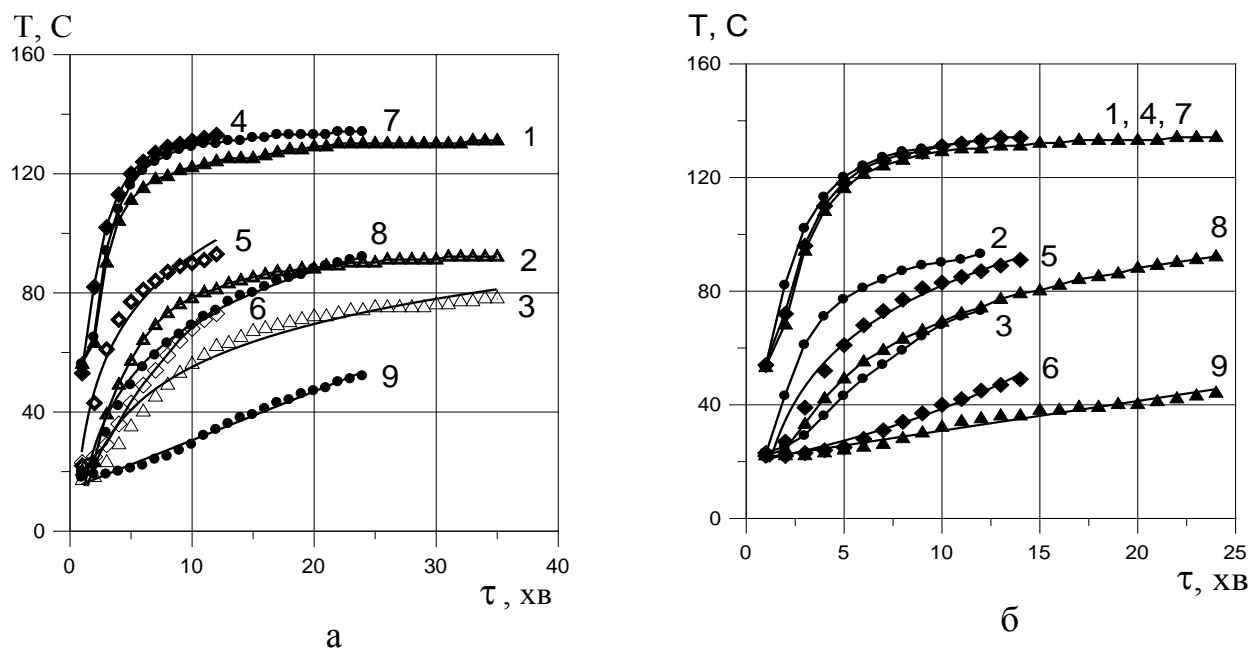


Рис. 2.5. Зміна температурних параметрів повітря в камері та між шарами одягу (а - за високої вологості повітря в лабораторній камері; б – за незначної вологості): 1, 4, 7 – температура в лабораторній камері; 2, 5, 8 – температура під теплозахисним одягом; 3, 6, 9 - під шарами одягу; 1, 2, 3 у разі відсутності тепло ізолюючих прокладок; 4, 5, 6 – за наявності силіконової прокладки; 7, 8, 9 – за наявності силіконової та пінополістирольної прокладки

Математичний опис кривих, представлених на рис. 2.5:

- для рис. 2.5 а

$$\text{крива 3 - } T = 20,87 * \log \tau + 6,8 \quad (2.1)$$

$$\text{крива 5 - } T = 28,65 * \log \tau + 26,36 \quad (2.2)$$

$$\text{крива 8 - } T = 25,92 * \log \tau + 9,46 \quad (2.3)$$

$$\text{крива 9- } T = 1,64 * \tau + 13,88 \quad (2.4)-$$

- для рис. 2.5 б

$$\text{крива 5 - } T = 29,65 * \log \tau + 13,44 \quad (2.5)$$

$$\text{крива 6 - } T = e^{0,069 * \tau * 19,23} \quad (2.6)$$

$$\text{крива 9 - } T = 1,045 * \tau + 20,23 \quad (2.7)$$

Криві на рис. 2.5. вказують на зменшення кількості тепла, яке проходить шляхом теплопередачі через шари одягу та додаткового матеріалу з високим термічним опором. З гігієнічної точки зору ці матеріали не є шкідливими чи небезпечними для організму людини, тому їх можна застосовувати при моделюванні теплозахисного одягу пожежного.

Однак, необхідно провести ще більш ретельне дослідження процесу теплопередачі з урахуванням конкретних значень відносної вологості повітря, впливу теплового випромінювання та товщини шару таких прокладок, а також фізіологічних властивостей організму пожежного з метою формування рекомендацій щодо конструктивного оформлення теплозахисного одягу пожежного відповідно до технічних, ергономічних, оперативних, естетичних та інших вимог до нього [7].

## ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналітичного аналізу ситуації з пожежами в Україні, характерних для умов пожежі шкідливих і небезпечних чинників, що впливають на пожежних під час її ліквідації, а також рівня забезпечення та ефективності захисних властивостей теплозахисного одягу оперативного персоналу пожежно-рятувальних підрозділів зроблено висновок про актуальність проблеми підвищення ефективності захисних характеристик захисного одягу пожежного.

Виконано аналіз матеріалів з низьким коефіцієнтом теплопровідності, а також щодо таких їхніх характеристик, як: пожежобезпечність, граничні температури, вплив на організм людини, хімічна інертність, водо- та повітропроникність тощо. На основі результатів аналізу для подальших досліджень обрані силікон та пінополістирол.

Для виконання необхідних досліджень створено лабораторну установку та запропоновано методику проведення лабораторних. В результаті проведених досліджень зміни температури між шарами одягу пожежного та у підкостюмному просторі залежно від температури і вологості повітря у лабораторній камері, а також зміни температури у тих самих точках за наявності між шарами одягу прокладок з низьким коефіцієнтом теплопровідності (силікон -  $\lambda = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ; пінополістирол -  $\lambda = 0,033\text{-}0,037 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ) отримано результати, які підтверджують ефективність застосування таких конструктивних змін у теплозахисному одязі пожежного.

Враховуючи одержані результати експериментальних досліджень щодо ефективності застосування термоізолюючих прокладок між шарами захисного одягу пожежного, можна зробити висновок про необхідність подальших більш детальних досліджень у цьому напрямку з метою формування рекомендацій щодо конструктивного оформлення теплозахисного одягу пожежного, враховуючи технічні, ергономічні, оперативні, естетичні та інші вимоги до нього.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Б.В. Болібрух, Б.В. Шгайн, Р.Я. Лозинський, Лин А.С., А.О. Васютяк. Визначення температурних режимів підкостюмного простору теплозахисного одягу пожежника під час гасіння пожеж в закритих приміщеннях. Збірник наукових праць ЛДУ БЖД «Пожежна безпека» №22, 2013. - С. 24-31.
2. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту: Статистика пожеж. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/STATISTIKA-POZHEZH.html>.
3. Аналіз масиву карток обліку пожеж (POG\_STAT) за 10 місяців 2017 року. [Електронний носій]. – Режим доступу: [http://undicz.dsns.gov.ua/files/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/2017/AD\\_10\\_17.pdf](http://undicz.dsns.gov.ua/files/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/2017/AD_10_17.pdf).
4. Ł. Januszkiewicz "Zmodyfikowana antena tekstylna pracująca w paśmie 2.5 GHz", Krajowa Konferencja Radiokomunikacji, Radiofonii i Telewizji KKRRiT 2009, Warszawa, 17 – 19 czerwca 2009.
5. Certyfikat oceny typu WE nr WE/S/1173/2008.
6. EN 469:2005. Protective clothing for firefighters. Performance requirements for protective clothing for firefighting. – 52 pp. – ISBN 0-580-47908-0.
7. ДСТУ 4366:2004 (ISO 11613:1999. NEQ; EN 469:1995. NEQ). Одяг пожежника захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробовування; Чинний 01.07.05. – К.: Вид-во держспоживстандарт, 2004. – 34 с.
8. ГОСТ 27331-87. Пожарная техника. Классификация пожаров.
9. ISO 3941:2007. Classification of fires.
10. Дія високої температури. [Електронний носій]. – Режим доступу: <http://medbib.in.ua/deystvie-vyisokoy-temperatury.html>.
11. ГОСТ 53264-2009 Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний.
12. Наказ МНС України від 07.05.2007 № 312 «Про затвердження Правил безпеки праці в органах та підрозділах МНС України».

13. Шевченко А.М., Яворовський О.П. Гігієна праці (методи досліджень та санітарно-епідеміологічний нагляд). - Вінниця: НОВА КНИГА, 2005.-528 с.:Іл.
14. Гігієна праці: підручник / Ю.І. Кундієв, О.П. Яворовський, А.М. Шевченко та ін.; за ред. акад. НАН України, НАМН України, проф. Ю.І. Кундієва, чл.-кор. НАМН України, проф. О.П. Яворовського.- К.: ВСВ «Медицина», 2011.- 904с. +с. кольор. вкл.
15. Станіславчук О.В., Горностаєв О.Б., Виниченко М. О. Синтез нових хімічних сполук – важлива умова створення ефективного захисного одягу рятувальника. // Chemical Technology and Engineering (Хімічна технологія та інженерія): збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. – 26 – 30 червня 2017 року, м. Львів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – С.210.
16. Силиконовый каучуковый материал. Хилборт Хенрик, Йохансон Томми, Вильсон Леннарт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://xumuktutor.ru/organic\\_chem.php?id=4](http://xumuktutor.ru/organic_chem.php?id=4).
17. Резина силиконовая CASTALDO Super High Strength . [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ruta.ru/product/273231\\_rezina\\_silikonovaya\\_CASTALDO\\_Super\\_High\\_Strengh\\_227\\_kg/](http://www.ruta.ru/product/273231_rezina_silikonovaya_CASTALDO_Super_High_Strengh_227_kg/).
18. Пінополістирол. [Електронний носій]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82>
19. Методика з визначення температурних параметрів підкостюмного простору пожежного в умовах пожежі / В.В. Ковалишин, В.Ш. Луц, В.Б.Лоїк В.Л. Петровський, Н.О. Штангрет.
20. РТ-0102 Регулятор температури. / Назначение регулятор. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ooobvs.ru/rt-0102>