

Таким чином, використання запропонованого способу дозволяє експериментально-розрахунковим методом визначати ефективність вогнезахисту дерев'яної тари і підвищити достовірність результатів оцінювання.

Підсумовуючи вищенаведене можна вважати за необхідне провести подальші наукові дослідження з визначення ефективності вогнезахисту об'єктів (штабелів) зберігання озброєння та боеприпасів з урахуванням вимог охорони навколишнього середовища, а також розробити методичну базу з визначення тривалості вогнезахисту тари.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Жартовский В.М., Цапко Ю.В. Профилактика горения целлюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика. – Київ: УкрНДПБ МНС України, 2006. – 256 с.
2. Жартовський В., Бут В., Цапко Ю., Баріло О. Дослідження механізму вогнезахисної ефективності деревини просочувальними композиціями // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. – Вып. 55 (Технические науки и архитектура). – К.: Техніка, 2004. – С. 219-229.
3. Цапко Ю.В. Перспективи підвищення ефективності вогнезахисту целлюлозовмісних матеріалів // Зб. наук. праць. – Львів: ЛДУ БЖД. – 2006. – Вып. 8. – С. 156-159.
4. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Жартовський С.В., Соколенко К.І. Відповідність сучасних просочувальних засобів багатofакторному оцінюванню ефективності вогнезахисту деревини // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вып. (Технические науки и архитектура). – К.: Техніка, 200. – С. 402-409.
5. Цапко Ю.В. Визначення ефективності вогнезахисту целлюлозовмісних матеріалів // Зб. наук. праць. – Львів: ЛППБ. – 2005. – Вып. 7. – С. 132-134.
6. Цапко Ю.В., Жартовський В.М., Бикова О.В., Баріло О.Г., Мошковський М.С., Фетісов С.В. Підвищення протипожежного захисту складів зберігання озброєння і боеприпасів шляхом застосування вогнезахисної деревини // Техногенна безпека. Теорія, практика, інновації: Зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. – Л.: ЛДУБЖД, 2008. – С. 207-209.
7. Цапко Ю.В. Аспекти визначення параметрів вогнезахисту деревини для підвищення протипожежного захисту складів зберігання озброєння і боеприпасів // Зб. наук. пр. Севастопольського військово-морського інституту ім. П.С.Нахімова. – Севастополь: СВМІ.- 2008. – Вып. 1(14). – С. 142-146.

УДК 614.842.86

*Б.В. Штайн, Б.В. Болібрux, к.т.н, доцент (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### ВИБІР КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Стаття присвячена актуальному питанню – підвищенню тактичних можливостей оперативно-рятувальних підрозділів шляхом розробки нового методу випробування захисного одягу пожежника і апаратури для його здійснення, яка б дозволила проводити випробування, що забезпечить достатньо об'єктивну оцінку показників якості досліджуваних матеріалів

**Вступ.** Актуальним питанням і до сьогодні, як свідчить аналіз статистики [1], залишається забезпечення безпечних умов праці працівників пожежно-рятувальної служби, оскільки травматизм серед них в період останніх десяти років збільшується.

Проаналізувавши нормативні документи [2-8], які діють на території України і які регламентують захисні характеристики теплозахисного одягу пожежника, до захисних параметрів відносяться такі показники: захист від інтенсивного теплового випромінювання за поверхневої густини теплового потоку до  $7 \text{ кВт/м}^2$  або до  $40 \text{ кВт/м}^2$ , конвекційного і контактного тепла, яке базується на здатності матеріалу відбивати та (або) в здатності матеріалу верху витримувати тривалий контакт (до 20 с або понад 30 с) з відкритим полум'ям.

**Постановка проблеми.** Розглянувши технічні характеристики спеціального теплозахисного одягу пожежників [9-11], які найчастіше використовуються в Україні, можна стверджувати, що їх основним показником є час захисної дії. Порівняльні характеристики цих матеріалів базуються на:

- температурному інтервалі експлуатації;
- стійкості до впливу теплового потоку від  $7$  до  $40 \text{ кВт/м}^2$ ;
- тривалості роботи при температурі навколишнього середовища в діапазоні  $200\text{-}1200 \text{ }^\circ\text{C}$  при щільності теплового потоку  $18 \text{ кВт/м}^2 \text{ с}$ ;
- тривалості контакту з відкритим полум'ям;
- стійкості до контакту з нагрітими до  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  твердими поверхнями.

В наведеному вище, основним показником захисних характеристик є часовий фактор. Але, як ми бачимо, всі вимоги стосуються лише захисного одягу, пакету матеріалу та самого матеріалу, з якого він виготовлений. Проблема полягає у відсутності відповідних норм, лабораторного та експериментального обладнання, а також програмного забезпечення, за допомогою яких ми могли б прогнозувати час захисної дії теплозахисного одягу, в якому працює пожежник. Не враховується час роботи в захисному одязі. Цей показник пов'язаний з температурою тіла працюючого, тобто який максимальний час пожежник може безпечно працювати в теплозахисному одязі, щоб не отримати тепловий удар.

З врахуванням наукового і практичного досвіду запропоновано завершальну оцінку теплозахисних властивостей матеріалів визначати за допомогою ряду характеристик. Вони дозволяють зробити висновок про здатність матеріалу забезпечити достатній рівень захисту від дії певного високотемпературного фактора.

Якщо провести вимірювання температури на лицевій і виворітній поверхнях матеріалу (пакета) можна отримати графіки залежності температур від часу теплової дії (рис.1).

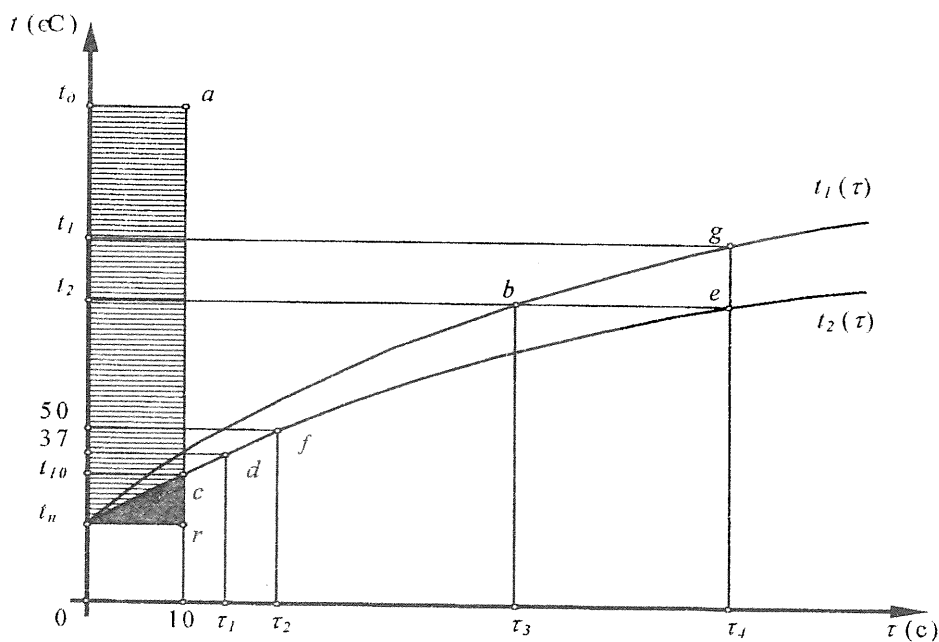


Рис.1. Схема визначення критеріїв оцінки теплозахисних властивостей матеріалів (пакетів)

На основі аналізу представлених графіків для оцінки теплозахисних властивостей матеріалу (пакета) запропоновано використовувати ряд характеристик. Далі будемо називати їх критеріями оцінки теплозахисних властивостей матеріалів. Назва “критерії” дозволяє відрізнити їх від класичних теплофізичних характеристик. Пояснимо їх сутність, обґрунтування і вибір.

ДСТУ 3998-2000 [12], щодо матеріалів та текстильних і швейних виробів дає визначення характеристики “температура руйнування”. Під цією характеристикою стандарт розуміє температуру, за якої настають незворотні зміни властивостей матеріалу або виробу. В науковій літературі [13,14] цей термін щодо волокон, носить назву “термостійкість” [15]. Для волокон ця характеристика, як правило, є однією з основних, оскільки визначає температурні межі та область використання волокон. Тому в довідковій літературі наведена температура руйнування текстильних волокон різного виду.

При переробці волокон в інші види текстильних матеріалів (тканина, неткані матеріали, трикотажне полотно, штучна шкіра тощо) внаслідок додаткової обробки, змінюються структура матеріалу та захисні властивості. Таких змін набувають і теплофізичні властивості матеріалів.

Однак, незважаючи на наявність і важливість такої стандартної характеристики, відомості про температуру руйнування таких матеріалів в літературі практично відсутні [9 - 11]. Це не дозволяє правильно визначити область застосування нових матеріалів та температурно-часові межі їх роботи.

Для розробки рекомендацій щодо термінів і граничних температур, при яких можливе використання матеріалів без руйнування, рекомендовано визначати показники початку і кінця руйнування проби і відповідні значення температури, при яких відбувається цей процес.

Якщо встановити показник кінця наскрізного руйнування проби  $t_4$ , то можливо з’ясувати температуру  $t_2$ , при якій відбулось її руйнування. Показник початку руйнування  $t_3$  можна визначити як проекцію ординати точки  $e$  залежності  $t_2(\tau)$  на криву залежності  $t_1(\tau)$  (точка  $b$  рис.1), а температуру руйнування проби на лицевій поверхні  $t_1$  за рахунок проекції абсциси точки  $e$  залежності  $t_2(\tau)$  на криву залежності  $t_1(\tau)$  (точка  $g$  рис.1).

Важливими критеріями оцінки теплозахисних властивостей матеріалів (пакетів) спецодягу є :

- підвищення температури на виворітній поверхні проб матеріалів спецодягу до значення  $37^\circ\text{C}$  ( $\tau_1$  - абсциса точки  $d$  залежності  $t_2(\tau)$  (рис.1), відповідає граничній температурі відносно комфортного відчуття людини. Критерій  $\tau_1$  - є одним з основних, оскільки визначає час, упродовж якого людина може з безпекою для здоров’я знаходитись в зоні дії певного високотемпературного фактора) [16].
- підвищення температури на виворітній поверхні проб матеріалів спецодягу до значення  $50^\circ\text{C}$  ( $\tau_2$  - абсциса точки  $f$  залежності  $t_2(\tau)$ , (рис.1)), відповідає температурі початку коагуляції білків тканин шкіри людини, при якій можна отримати опік;
- підвищення температури на виворітній поверхні проб матеріалів спецодягу за наперед визначений термін дії -  $10\text{с}$  ( $t_{10}$  - ордината точки  $c$  залежності  $t_2(\tau)$  (рис.1)). Ця характеристика може бути віднесена до додаткових, але вона дає практичну уяву про швидкість прогрівання матеріалу або пакета;
- захисний індекс відношення кількості тепла, що заблоковане матеріалом (пакетом), до кількості тепла, що діє, за термін в  $10\text{с}$ , який обчислюють за формулою:

$$I_{\text{зах}} = \frac{S_{t_0 t_{10} \text{ра}} - S_{t_{10} \text{кр}}}{S_{t_0 t_{10} \text{ра}}} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $I_{\text{зах}}$  - захисний індекс, %;

$S_{t_{\partial}t_{н}ra} = 10(t_{\partial} - t_{н})$  - площа прямокутника  $t_{\partial}t_{н}ra$  ;

$S_{t_{н}cr} = \int_0^{10} t_2(\tau) d\tau - 10 \cdot t_{н}$  - площа криволінійної трапеції  $t_{н}cr$  .

Якщо виконана апроксимація залежності  $t_1(\tau)$  і  $t_2(\tau)$ , то можливо аналітично розрахувати критерії з рівнянь  $t_1 = t_1(\tau_1)$ ,  $t_2 = t_2(\tau_2)$ .

**Експериментальні та теоретичні дослідження.** Експерименти проводяться із застосуванням приладу зовнішнього сканування (ПЗС) суть якого полягає в скануванні поверхні випробувального зразка, на який діє теплова радіація (інфрачервоне випромінювання, відкрите полум'я, контактне та конвекційне тепло), тобто перетворення теплової радіації в електричну. Показники випробовування аналізуються за допомогою програми, яка встановлена на ПК і в спектральному вигляді виводяться на монітор.

Функціональна схема приладу для оцінки теплозахисних властивостей спецматеріалів теплозахисного одягу пожежника наведена на рис.2. Вона містить блок моделювання теплової радіації (ІЧ-випромінювання, конвекційного та контактного тепла, відкритого полум'я) 1, випробувальний зразок з відповідним кріпленням 2, пристрій зчитування на основі дзеркальної оптичної системи 3, в якому розміщено ряд дзеркал, які приймають дані з випробувального зразка, фотоприймальний пристрій (ФПП), наприклад, ПЗС - матриця 4, яка обробляє дані з дзеркальної оптичної системи. Аналого-цифровий перетворювач 5 обробляє інформацію з ПЗС – матриці, пристрій управління 6 використовується для завдання критичних параметрів випробовування. За допомогою персонального комп'ютера 7, на якому встановлена відповідна програма, ми отримуємо результати випробовування в спектральному виді. Блок живлення 8 живить необхідні пристрої.

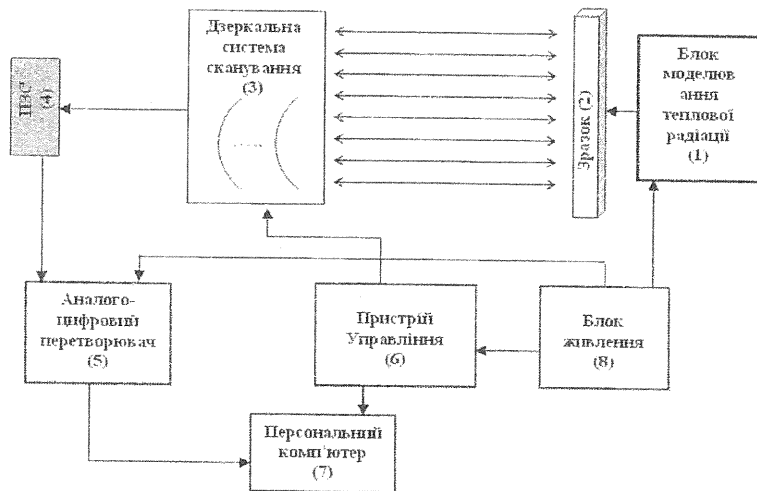


Рис. 2. Функціональна схема приладу для оцінки теплозахисних властивостей спецматеріалів ТЗОТ

Відповідно до функціональної схеми, можна визначити основні вузли з яких складатиметься прилад для визначення теплозахисних параметрів теплозахисного одягу пожежника: тепловий I та електровимірювальний II блоки (рис. 3). До функцій та складу теплового блока входить: визначення граничних умов 1.1, кріплення перетворювачів температури та блока для моделювання теплової радіації (ІЧ-випромінювання, конвекційного та контактного тепла, відкритого полум'я) 1.2, закріплення випробувального зразка 1.3. Електровимірювальний блок складається з пристрою дзеркального сканування 2.1, пристрою приймання та обробки даних 2.2, пристрою синхронізації і запису інформації 2.3, а також ПК 2.4.

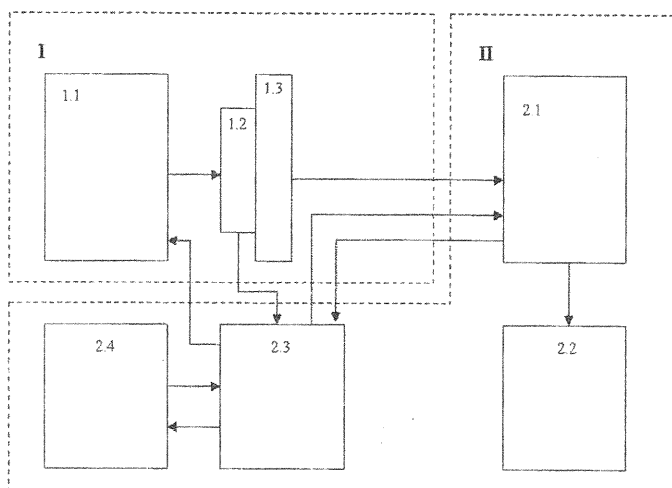


Рис. 3. Блок-схема приладу для оцінки теплозахисних властивостей спецматеріалів ТЗОЗТ

При нагріванні будь-якого твердого тіла спостерігається когерентне інфрачервоне випромінювання в діапазоні частот від  $10^{12}$  до  $4 \cdot 10^{14}$  Гц. Причиною цих випромінювань є міжатомні та міжмолекулярні процеси. Цю властивість твердих тіл можна використати під час дослідження поведінки спецматеріалу теплозахисного одягу пожежника при дії на нього теплової радіації (інфрачервоного випромінювання, відкритого полум'я, контактного тепла). Інфрачервоне випромінювання характеризується когерентними світловими хвилями. Як і всі інші, світлові хвилі несуть з собою енергію, що характеризує деяку питому об'ємну густину  $w$ . Через площу перерізу  $dS$ , нормальну до напрямку розповсюдження хвилі (променя), за одиницю часу переноситься енергія

$$dW = wdSc_1 = dS \int_0^{\infty} e(\lambda) d\lambda c_1 \quad (2)$$

де  $c_1$  – швидкість розповсюдження енергії, збігається з швидкістю розповсюдження хвилі (в вакуумі  $c_1 = c = 3 \cdot 10^8$  м/с),  $e(\lambda)d\lambda$  – функція, яка характеризує енергію в інтервалі хвилі ( $\lambda$ ,  $\lambda+d\lambda$ ). Використання рівняння (2) в програмному забезпеченні для ПК дає змогу моделювати поведінку спецматеріалу в конкретних відрізках випробувального зразка, де компонують всі зібрані показники з кожного відрізка. І отримуємо повну характеристику в спектральному вигляді на моніторі ПК.

Розробка нового методу дослідження поведінки спецматеріалу під час дії високої температури (до  $300$  °С) за допомогою оптичної системи сканування дає змогу вдосконалити процес визначення теплозахисних властивостей захисного одягу пожежників, який в подальшому вплине на покращення властивостей одягу, що значно розширить тактичні можливості підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

В процесі проведення експерименту реєструють дані щодо розподілу температур в часі. Подальше опрацювання даних експериментів виконують з використанням спеціально розробленої програми обробки експериментальних даних за відповідною послідовністю дій:

1. Дані реєструють на гнучкому або жорсткому диску в файлі з назвою "Opt1" (або "Opt2", ..., "Opt14") без розширення (в кореневій директорії програми RAB.exe). Формат файлу текстовий, цифрові дані розділяють між собою за допомогою символу "пробіл" або "кінець рядка", дробову частину відокремлюють від цілої символом "десяткової точки". Програма автоматично формує масив даних щодо розподілу температур (один рядок вміщує чотири значення температури).

2. Активізують програму RAB.exe.

3. Автоматично зображається графік розподілу температур від часу (Рис. 4).

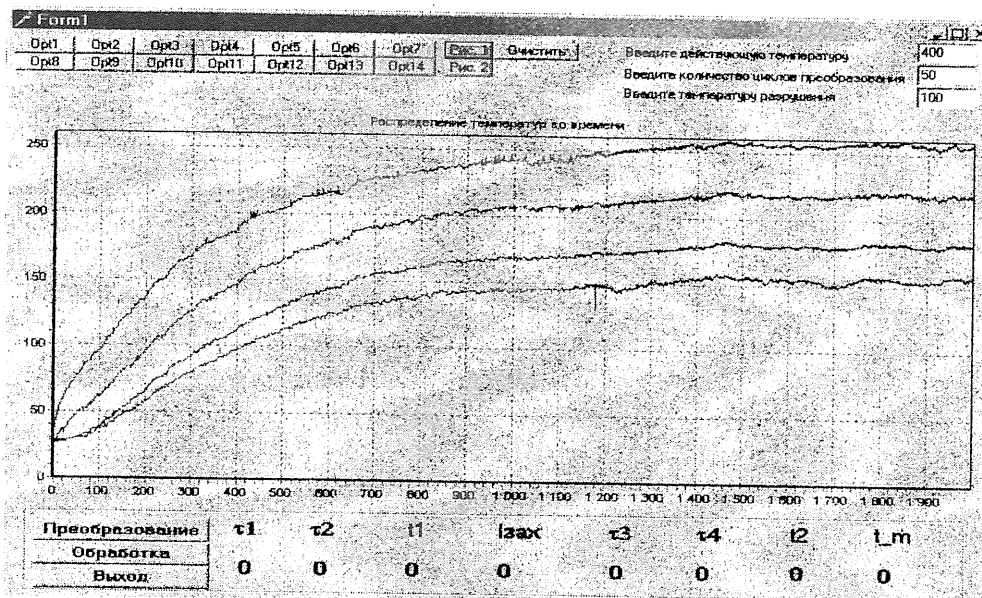


Рис.4. Вибір "рисунку" для креслення графіка

4. Перевіряється збіг графіка перетворених даних з графіком даних експерименту.
  5. Проводиться розрахунок теплозахисних показників спецматеріалів.
  6. Реєструють отримані дані щодо теплозахисних властивостей матеріалів спецодягу
- (рис.5).

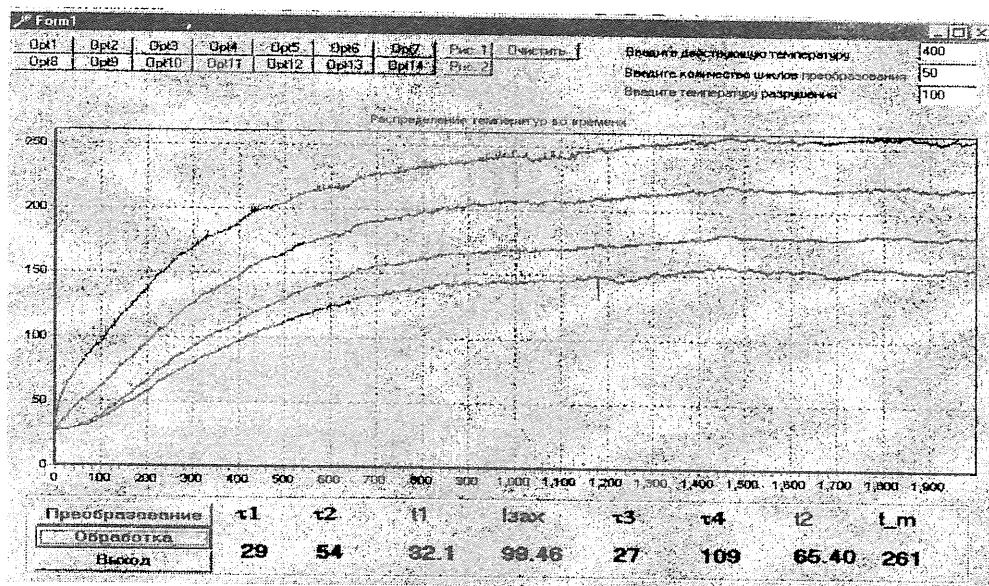


Рис.5. Отримання даних щодо теплозахисних властивостей матеріалів спецодягу

В результаті, практична комплексна оцінка теплозахисних властивостей матеріалів складається з таких характеристик:

$\tau_1$  – час підвищення температури з 20 до 37°C (критерій є одним з основних, оскільки визначає час упродовж якого людина може знаходитись в зоні дії певного високотемпературного фактора з безпекою для здоров'я).

$\tau_2$  – час підвищення температури до 50°C (критерій призначений для встановлення часу досягнення критичної температури 50°C, при перевищенні якої відбувається коагуляція білків шкіри людини і вона може отримати опік).

$t_1$  – температура яку досягає зворотна сторона проби за визначений термін 10 с (характеристика дає практичну уяву про швидкість прогрівання матеріалу або пакету).

$I_{\text{зах}}$  – захисний індекс (показує відсоток тепла, що блокований матеріалом по відношенню до кількості тепла, що діє на його лицеву поверхню).

$t_3$  – час початку руйнування матеріалів спецодягу (визначає час упродовж якого матеріали можна використовувати без руйнування при дії певної кількості тепла).

$t_4$  – час наскрізного руйнування матеріалів спецодягу (визначає час за який матеріал повністю руйнується).

$t_2$  – абсолютне значення температури, яка впливає на лицьову сторону проби.

$t_{\text{max}}$  – максимальна температура на лицевій поверхні в квазістаціонарній стадії.

**Висновок:** точне та ефективне визначення теплозахисних властивостей спеціальних матеріалів за допомогою запропонованого методу дасть змогу в подальшому підвищити теплозахисні властивості спеціального матеріалу з метою забезпечення безпечної роботи пожежника при безпосередній дії теплової радіації і, як наслідок, збільшення тактичних можливостей підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Огляд стану організації пожежогасіння, пожежно-рятувальних робіт, застосування пожежної та спеціальної техніки пожежно-рятувальними підрозділами МНС у 2006 році. – К.: УкрНДІПБ, 2006. – С. 36.
2. ДСТУ 2273-06 Національна стандартизація. Пожежна техніка. Терміни та визначення.
3. ДСТУ 4366-2006 Пожежна техніка. Одяг пожежника захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробовування.
4. ДСТУ 4125-2002 Одяг захисний від дії тепла і полум'я. Метод оцінювання реакції матеріалів на дію теплового випромінювання.
5. ДСТУ ISO 1368-2001 Одяг захисний. Загальні вимоги (ISO 13688: 1998, IDT).
6. ДСТУ ISO 6942-2001 Одяг захисний тепло- та вогнетривкий. Оцінювання теплопровідності матеріалів, що зазнають дії джерела теплового випромінювання (ISO 6942:1993, IDT).
7. ДСТУ EN 532:2001 Одяг захисний. Захист від високої температури та полум'я. Метод випробовування та обмеженість поширення полум'я (EN 532: 1994, IDT).
8. ДСТУ EN 340:2001 Одяг спеціальний захисний. Загальні вимоги (EN 340: 1993, IDT).
9. ТУ У 18.2-20153970.001-2002 Костюм спеціальний тепловідбивний „Індекс-1”. Технічні умови.
10. ТУ У 18.2-20153970.002-2002 Костюм спеціальний термозахисний „Індекс-1200”. Технічні умови.
11. ТУ 8570-008-46840277-00 Комплект специальной теплозащитной одежды пожарных „ТК-800-40-Т”.
12. ДСТУ 3998-2000. Матеріали та вироби текстильні, трикотажні, швейні та шкіряні. Терміни та визначення. - Введено вперше; Введ. 07.01.01. – К.: УкрНДІССТ, 2001. – 90 с.
13. Стельмашенко В.И., Розаренова Т.В. Материаловедение швейного производства: Учеб. для вузов. - М.: Легпромбытиздат, 1987. - 224 с.
14. Конкин А.А., Кудрявцев Г.И., Щепинин А.М. Термостойкие и негорючие волокна. - М.: Химия, 1976. – 424 с.
15. Булгаков В.К., Кодолов В.И., Липанов А.М. Моделирование горения полимерных материалов. – М.: Химия, 1990. – 240 с.
16. Засорнов О.С., Сарана О.М. Методичні аспекти розробки установки для дослідження термозахисних властивостей матеріалів для спецодягу // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1999. - № 3. – С. 161-163.