

А.А. Мичко, д.т.н., с.н.с., Б.В. Болібрух, к.т.н., Б.В. Штайн, З.В. Андрусак, Д.А. Ясінський (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

УЗАГАЛЬНЕНИЙ АНАЛІЗ ПРИЛАДІВ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ТЕРМОФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ПОЖЕЖНИКІВ

Дана стаття присвячена актуальній проблемі захисту особового складу підрозділів МНС України за допомогою засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), та бойовому одягу пожежників від небезпечних факторів надзвичайних ситуацій. Для підвищення рівня захисних властивостей захисного одягу проведено аналіз закордонних та вітчизняних приладів по визначенню термозахисних властивостей (термостійкості, горючості) спеціальних матеріалів захисного одягу пожежників до впливу високих температур, їх характеристики, особливості визначення просторовочасових умов бойової роботи, безпечних з точки зору теплової дії пожежі на людину; розглянуто методику визначення довговічності спеціальних матеріалів та конструктивні особливості ЗІЗ

Для підвищення ефективності діяльності пожежно-рятувальної служби і боєготовності оперативних підрозділів, а також визначення методики проведення вогневих та полігонних випробувань, створення єдиного порядку проведення випробувань виробів, що вперше розробляються і готуються до серійного виробництва, необхідно удосконалювати теплозахисні властивості захисного одягу пожежників.

Важливим елементом для вивчення властивостей спеціальних матеріалів є апаратурне забезпечення, яке являється основою дослідження (устаткування, прилади, комплекси, стендові або полігонні випробування та ін.). Провівши аналіз діючих на сьогодні методичних документів та апаратурного забезпечення [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] для оцінки термофізичних властивостей спеціальних матеріалів, які використовуються при виготовленні захисного одягу пожежників встановлено, що існує їх значна кількість, що призводить до розбіжності при порівнянні отриманих результатів, які безпосередньо впливають на їх об'єктивність. Використання устаткування з визначення фізичних параметрів, стендів з визначення термостійкості, приладів перевірки горючості (навіть при порівнянні зі стандартами інших держав [1, 2, 3, 5, 8]), як правило призводить до суттєвих непорозумінь при розробці технічних та конфекційних вимог щодо вибору матеріалів для виготовлення захисного одягу, його комплектуючих деталей, оскільки отримані характеристики можуть різнитися за фізичними параметрами, що надалі призводить до розбіжності в критеріях оцінок, зокрема горючості, займистості, димоутворюючої здатності, теплопередачі, стійкості до високих температур (до 800 °C) та ін.

Для виробів вказаного асортименту найбільш поширеною характеристикою є стійкість до відкритого полум'я. Аналізуючи цей показник згідно з чинними методиками [6, 7], використовують газові та спиртові пальники і паяльні лампи різних конструкцій. Наведені високотемпературні джерела найчастіше розміщуються у витяжній шахті або металевій камері де застосовується метод вогневої труби в нижній частині якої знаходяться отвори для створення тяги, яка не регулюється, що впливає на показник вогнестійкості матеріалу.

Проаналізувавши умови випробування матеріалів захисного одягу пожежників на стійкість до впливу відкритого полум'я, ми виявили, що переважна їх кількість ґрунтується на розміщенні проби досліджуваного матеріалу вертикально до джерела утворення температури (прилади, стенди та інше). Досліджуваний зразок, а саме нижня його частина, занурюється на глибину, яка коливається від 5 мм для спиртового пальника до 20 мм – для газового, а висота полум'я при цьому повинна бути рівною 20 мм в першому випадку і 40 мм – в другому. В міжнародних стандартах [1, 2, 3, 5], як джерело високої температури для

перевірки на горючість використовують спиртові та газові пальники, але в цьому випадку висота полум'я може бути від 1 мм до 40 мм, тобто різна. Недоліком цього випробовування є те, що визначається лише один з показників термофізичних властивостей проби – горючість. Крім вертикального розташування проб є певна кількість методів [1], які рекомендують вивчення стійкості до відкритого полум'я від горизонтального їх положення до нахилу під конкретним кутом (рис.1 так, щоб полум'я з заданими параметрами з пальника діяло впродовж певного проміжку часу (20...30 с) на розташовану вертикально, а якщо необхідно, то і під певним кутом, пробу матеріалу. Ця методика випробування матеріалу на горючість спирається лише на різне розміщення проби. Фіксацію моментів досягнення полум'ям зазначених ділянок здійснюють за допомогою фотоелектричних елементів, які змінюють електричний опір при зміні кількості світла, сигнали поступають на електронні вимірювачі часу, які автоматично фіксують час проходження полум'ям певних ділянок, а в деяких методиках визначається візуально, що призводить до неточності в отриманні кінцевих результатів.

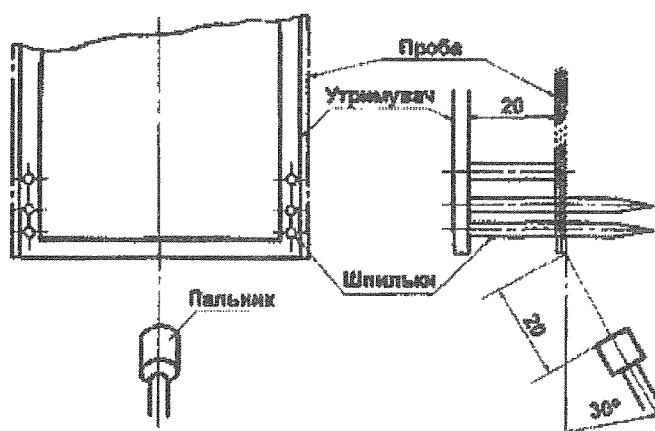


Рис.1. Схема випробування матеріалу приладом ОГМ-Н1 під заданим кутом

Термофізичні властивості спеціальних матеріалів визначають з використанням методологічних основ, що нами проаналізовані, та нових, які різняться технічним забезпеченням, геометричними формами проб і способами їх розміщення в випробувальних камерах, критеріях оцінок (візуально чи автоматично), хоча вибір спеціального матеріалу для захисного одягу пожежника за своїми термостійкими характеристиками може відноситись до спорідненого типу і мати однакове призначення. Так, згідно з умовами методики [1,8], тест на поширення полум'я повинен задовольняти такі вимоги: не допускати утворення дірок на зразку, зразок не повинен перетворитись на обгорілі чи розплавлені шматки, середня величина часу після горіння та після обуглення повинна становити не більше 2 с (визначається візуально), час займання 10 секунд, відповідно до цих вимог використовується прилад з тепловими параметрами 400...800°C, недоліком є те, що не вказується величина теплового потоку для перевірки взірців різного призначення. Зокрема в деяких вітчизняних методиках [7], залежно від призначення матеріалу який підлягає випробуванню, вказано величину теплових потоків (табл.1) якими повинен характеризуватись прилад при проведенні тестування.

Проаналізувавши вітчизняні та міжнародні стандарти [1, 2, 5, 6, 7], ми встановили, що для визначення термозахисних параметрів спеціальних матеріалів захисного одягу пожежників необхідно впроваджувати лабораторне устаткування, яке б відповідало високому рівню по визначенню часу впливу відкритого полум'я, контактного тепла, густини теплового потоку. Основною характеристикою лабораторного устаткування, є необхідність

поєднання в собі методики випробовування зразків водночас за декількома показниками термофізичних властивостей для визначення оптимальних показників, оскільки проведений огляд літератури показує, що вона не систематизована, навіть однотипні способи дослідження методично відрізняються за факторами, які розглянуті, а основним недоліком проаналізованих випробувань матеріалів для захисного одягу пожежників є те, що їх методи не наближені до реальних бойових умов, оскільки визначається лише один з показників термозахисних властивостей проби. Виникає потреба у розробці універсального устаткування, яке би поєднувало всі необхідні, найбільш наближені до бойових умов, можливості для дослідження термозахисних параметрів захисного одягу пожежників.

Таблиця 1

Величина теплових потоків в залежності від призначення захисного одягу

№п/п	Тип захисного одягу	Температура випробування, °С	Інтенсивного теплового випромінювання, кВт/м ²	Час випробовування, с
1	Тепловідбивний захисний одяг пожежника легкого типу (ТВО легкого типу, ТВОЛТ)	200	до 18	20
2	Тепловідбивний захисний одяг пожежника важкого типу (ТВО важкого типу, ТВОВТ)	800	до 40	30
3	Теплозахисний одяг пожежника автономного типу (ТЗО автономного типу, ТЗОАТ)*	800	до 40	30

* Відрізняється від ТВОВТ п'ятим рівнем експлуатаційних властивостей

Аналіз багатьох інформаційних джерел, пов'язаних з питанням рівня захисту спеціального одягу, показує, що такі поняття як витривалість та довговічність матеріалів були застосовані металознавцями, пізніше полімерниками, а в середні минулого століття, традиційно використовувалися матеріалознавцями. Необхідно також зазначити, що автори роботи [10] таку характеристику як витривалість не застосовують, а замість неї рекомендують користуватися термінами „зносостійкість” (клас багатоциклових розривальних показників), або „межа зносостійкості” (клас багатоциклових нерозривальних показників).

Вказані показники повинні утворювати комплекс характеристик конкретного матеріалу з урахуванням результатів напівциклових, одно- та багатоциклових досліджень у процесі таких деформацій, як наприклад розтяг, або інших по відношенню до дії небезпечних факторів. Тому зносостійкість елементарного зразка чи виробу повинна характеризуватися не числовим значенням, а коефіцієнтом зносостійкості, враховуючи умови експлуатації і фізико-механічні та хімічно небезпечні фактори, а також час їх впливу [11].

Якщо сказане прийняти за основу, то стає очевидним, що зносостійкість є не що інше, як потенційна здатність спеціального матеріалу забезпечувати техніко-експлуатаційні і захисні властивості захисного одягу пожежників залежно від тривалості дії небезпечних факторів. При цьому необхідно зазначити також, що зносостійкість спеціальних матеріалів бажано вивчати в динаміці, з врахуванням деформацій різного типу (розтягу, згину тощо), їх класу (напівциклові, одно- та багатоциклові), груп (одно- та багатоосні), а також підкласу (розривальні та нерозривальні). Таким чином, якщо „витривалість” замінити на „зносостійкість” (і не тільки термінологічно) а „межу зносостійкості” виключити, то довговічність елементарного зразка – це є час її руйнування при заданих умовах і напруженнях, але в статистичних умовах. Тобто вказана характеристика, особливо при

проведенні нашого експерименту, повністю відповідає класу „напівциклових” і розривальних (підклас), оскільки доповнює властивості зразка матеріалів за їх хемостійкістю, про що засвідчено роботою [12]. Так, вивчаючи вплив агресивних середовищ на фізико-хімічні властивості спеціальних матеріалів для ЗІЗ, було відмічено їх деформацію і зміну величини механічних в порівнянні з вихідними, або суттєвих змін не відбувається, не зважаючи на фактичне руйнування зразка. Це свідчить про те, що дослідження, наприклад, кислотостійкості текстильних матеріалів традиційними методами (зміна величини розривального зусилля), дозволяє отримати тільки відносну характеристику, оскільки іншу характеристику змін з допомогою розривальної машини РТ-250 і методик, що діють в теперішній час, виявити неможливо.

Таким чином, питання, що пов'язані з обґрунтованим вибором методик для оцінки термостійкості спеціальних текстильних матеріалів з обов'язковим врахуванням діючих і можливих небезпечних факторів надзвичайно важливі і можуть бути вирішені з допомогою дефектної і молекулярно-кінетичної теорії міцності, тобто довговічністю, яка характеризується напруженням (про це було сказано раніше) і часом, необхідним для їх руйнування, починаючи від моменту прикладання зусилля. Якщо довговічність матеріалу сприймати в класичному її трактуванні, то це очевидно не є багатоциклова характеристика деформації розтягу. Тому визначення довговічності найкращим чином і достовірно представлено в роботі [13], що пов'язана з вивченням властивостей полімерних матеріалів.

Відомо, що міцність зразка, наприклад, текстильного матеріалу, – це його здатність витримувати прикладене зусилля не руйнуючись, хоча на практиці, це величина навантаження, що його зруйнувало. Тому зусилля (критичне за абсолютним значенням), або навантаження, яке миттєво зруйнувало смужку текстильного матеріалу заданої ширини (це як правило 50 мм), називають розривальним зусиллям чи розривальним навантаженням. Якщо зразок додатково контролюється і по товщині, то показник, що його визначає (розривальне зусилля, або розривальне навантаження, які припадають на одиницю площі поперечного перерізу зразка), характеризується розривальним напруженням:

$$G_p = \frac{P_p}{S}, \quad [H/M^2] \quad (1)$$

де P_p – розривальне зусилля навантаження, H ; S – площа поперечного перерізу зразка, M^2 .

Окрім цього, на основі достатньої кількості експериментів, було встановлено, що зразки матеріалів можуть руйнуватись не тільки тоді, коли напруження досягає свого гранично-критичного значення, а й при значно менших його величинах. Це означає, що величина опору розриву залежить від часу дії прикладеного зусилля, тобто час від моменту прикладання сили в статичних умовах, до моменту руйнування зразка і називається довговічністю.

Температурно-тимчасова залежність міцності, в основному полімерів, була детально вивчена проф. Журковим С.М. з колегами [14, 15, 16], яка може бути записана таким виразом:

$$t = t_0 e^{\frac{U_0 - \gamma^{\delta}}{kT}} \quad (2)$$

де t – час руйнування зразка, тобто її довговічність під дією певного напруження в статичних умовах, s ;

σ – прикладене напруження, $MПа$;

k – постійна Больцмана;

T – абсолютна температура;

t_0, U_0, γ – константи, які характеризують вид матеріалу.

Залежність логарифма довговічності від напруження виражається прямою, яка описується рівнянням:

$$t = Ae^{-\alpha\sigma}, \quad (3)$$

де A – постійна величина, яка залежить від природи матеріалу; σ – прикладене напруження, МПа.

Таким чином, довговічність матеріалу залежить від величини прикладеного напруження і вказана залежність $\lg t = \varphi(\sigma)$ є лінійною. Такий характер залежності довговічності від напруження спостерігається в широкому температурному інтервалі і чим температура нижча, тим більший тангенс кута нахилу і тим більші за значенням A і e для даного матеріалу.

Якщо взяти до уваги умови вивчення довговічності, а саме постійне значення величини напруження і його вплив в статистиці, то використовувалось обладнання – розривна машина РТ-250. Окрім цього, довговічність матеріалу планується вивчати одночасно з проходженням деструктивних процесів під впливом високих температур, що дасть змогу обґрунтовано оцінити стійкість захисного одягу пожежника до високотемпературних факторів. Тому, для виконання поставленої задачі, була розроблена класифікація необхідних експериментальних характеристик властивостей зразків, з метою оцінки їх захисних властивостей. Так, наприклад, згідно з проведеним аналізом [18] встановлено, що костюм «АКВАРЕКС» (концерн «Треллеборг», Швеція) одягається поверх костюма «ТРЕЛКЕМ» та захищає рятувальника від теплового випромінювання при роботі в особливо складних умовах. Костюм ізолюючого типу нового покоління «Трелкем Супер 162-02» призначений для особового складу рятувальних і пожежних частин від контакту з хімічно небезпечними речовинами (ХНР). Скафандровий апарат для захисту органів дихання одягається під костюм. Повністю герметичний завдяки застосуванню газонепроникної застібки (замок-блискавка). Спеціальний тепловідбивний костюм «Індекс-1» (Україна м. Северодонецьк) захищає рятувальників від теплового випромінювання високої інтенсивності, дозволяє довгий час знаходитися в безпосередній близькості від джерела горіння. Застосовується при ліквідації пожеж на промислових підприємствах, транспорті тощо. Складається з куртки, штанів, рукавиць та жилета з каптуром. Апарат для дихання одягається поверх костюма. Костюм концерну «Треллеборг», «RINBA 180 GV-F» застосовується при високих концентраціях хімічних речовин. Виготовляється з поліаміду, який покритий зовні вітоном, а зсередини – бутил-неопреном. Шви, герметизовані зовні та проклеєні зсередини. Шолом, апарат для захисту органів дихання одягаються під костюм.

Внаслідок значної кількості існуючих засобів індивідуального захисту, а також тих, що розробляються, детально розглянути і виявити найбільш придатні серед них для використання при пожежогасінні є досить складним завданням. Отже, від класу пожежі, від необхідного часу перебування в зоні пожежогасіння (тепло, хімічно-небезпечні реагенти тощо) залежить конструктивне виконання захисного одягу для пожежників та вид матеріалу з якого він виготовлений. Тобто, фізико-хімічні характеристики матеріалу повинні чітко поєднуватися з конструктивними особливостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. *ГОСТ 6942-1998, Захисний одяг – захист від підвищеної температури і вогню – Метод тестування: Оцінка матеріалів і комплектів матеріалів, які піддаються джерелу випромінюваного тепла.*
2. *ГОСТ 9151, Захисний одяг від підвищеної температури і полум'я. – Визначення передачі тепла від полум'я.*
3. *ГОСТ 12127, Одяг для захисту від жару і полум'я. – Визначення передачі контактної тепла через захисний одяг чи складові матеріали.*
4. *ГОСТ 13688, Захисний одяг – Загальні вимоги.*