

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. ИПБ 161-97. Нормы пожарной безопасности. Специальная защитная одежда пожарных от повышенных тепловых воздействий. Общие технические требования. Методика испытаний. – М.: ГУПС и ВНИИО МВЛ России, 1998. – 52 с.
2. Патент України №32071 «Полігон для вогневих випробувань захисного одягу пожежника».
3. ДСТУ 4466-2006 Пожежна техніка. Одяг пожежника захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробування.
3. Стандарт ИСО. 2801 - 73. одежда тепло- и огнезащитная. Общие рекомендации для потребителя - М.;1975. – 5 с.
4. Стандарт ИСО. Общие рекомендации потребителям теплозащитной одежды. – М., 1978. – 38 с.
5. Куинт Т. Температура. – М.: Мир, 1985. – 447с.
6. Хадсон Р. Инфракрасные системы. – М.: Мир, 1972. – 354с.

УДК 614.897

*М.М. Клим'юк, к.т.н., А.А. Мичко, д.т.н. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### ХАРАКТЕРИСТИКА СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВЕРХУ ЗАХИСНОГО ВЗУТТЯ ПОЖЕЖНИКІВ-РЯТУВАЛЬНИКІВ

В статті приведена характеристика спеціальних матеріалів верху захисного взуття та їх фізико-механічних, геометричних та деяких гігієнічних показників. Досліджено зміну захисних показників натуральних шкір в процесі впливу небезпечних шкідливих факторів пожежі. Обґрунтовано застосування синтетичних матеріалів для виготовлення верху захисного взуття для пожежників-рятувальників

**Вступ.** Аналіз умов праці свідчить про те, що роботи в режимі надзвичайних ситуацій проводяться постійно, тобто незалежно від пори дня і року, кліматичних, атмосферних або інших невідворотних чинників (температура повітря і його вологість, характеристика об'єкта, перелік агресивних середовищ тощо). Перелік ймовірних небезпечних шкідливих факторів (НШФ), що можуть впливати на пожежника-рятувальника взагалі, практично не може бути унормованим, тому що кожен окремо взятий фактор має свою специфіку, а їх сукупність здала призвести до його багаторазової небезпечної дії. Тому до переліку таких традиційно небезпечних факторів, як відкрите полум'я, ІЧ-випромінювання, контактне та конвективне тепло, слід включити розчини мінеральних кислот різних концентрацій (сірчана, соляна, азотна, нітратна, нітритна, ортофосфорна, синильна), дугів і солей на їх основі, нафту і продукти її переробки, хлор, аміак, фосген, озон та багато інших речовин і реагентів, що виробляються в Україні або транспортуються через її територію. Відповідно, успіх виконання поставлених завдань залежить в першу чергу від надійності екіпірування пожежників-рятувальників, зокрема від такого засобу індивідуального захисту як взуття.

**Постановка проблеми.** У теперішній час для захисту ніг використовується взуття загальновійськового призначення. Верх указаних виробів виготовляють з натуральної шкіри юхта (ГОСТ 485-82) і натуральної шкіри водотривкої (ТУ 17-06 -97-84). Ця заміна допускається, оскільки за своїми, в основному, фізико-механічними показниками пробні матеріали мало відрізняються одна від одної. Так, наприклад товщина натуральної шкіри

юхти (НШю) рівна 2,1-2,5 мм, а натуральної шкіри водотривкої (НШв) – 2,0-2,4 мм. Гранична міцність при розтягуванні для НШю дорівнює 15,3...16,2 МПа, а для проб НШв – 16,4...16,9 МПа. Подовження матеріалу при навантаженні в 10 МПа проб із НШю рівняється 20%, а із НШв – 22%. Стійкість до багаторазового згину теж знаходиться майже в однакових межах, а саме: 920 і 948 тисяч циклів відповідно. Подальші експерименти показали, що залежно від товщини коефіцієнт водонепроникності для НШю дорівнює 1,6...1,0 мл/м<sup>2</sup>·год, а для НШв – 0,7...0,2 мл/м<sup>2</sup>·год, тобто зменшується при збільшенні товщини проб. Аналогічна залежність спостерігається і при визначенні коефіцієнта паронепроникності залежно від товщини проб. Так, для проб із НШю він змінюється від 2,8 до 2,4 мг/см<sup>2</sup>·год, а для проб НШв – від 5,7 до 4,2 мг/см<sup>2</sup>·год.

Таким чином, порівняльний аналіз основних показників матеріалів із натуральної шкіри, які різняться між собою тільки технологією обробки (хромовий, хромтанідний), показав, що за своїм функціональним призначенням вони відповідають технічним вимогам, захисним і експлуатаційним властивостям взуття військових споживачів-замовників. Але, якщо зважити на ті умови, в яких може працювати пожежник-рятувальник, то, на нашу думку, взуття загальновійськового призначення не може бути використане як захисне взуття за функціональним призначенням і захисними показниками, враховуючи охарактеризовані небезпечно шкідливі фактори (можливість одночасного впливу не тільки високотемпературних джерел, але і таких агресивних середовищ, як сірчана, соляна, азотна кислоти, луг та розчини солей на їх основі), так і за нормативним терміном експлуатації – один рік. Тому нами були проведені лабораторні роботи, які дають уявлення про зміну фізико-механічних показників матеріалу верху взуття, що використовується в теперішній час. Для цього були використані чотири пари взуття, які експлуатувались вісім місяців і стали непридатними для використання надалі за призначенням. За період експлуатації (вересень-квітень) взуття, особливо його верхня частина, після впливу температурних джерел, води, ціпоугворювача, розрихлювалось і набухало, а після висушування деформувалось. Указані фактори, що обов'язково виникають при гасінні пожежі, негативно впливають на захисні властивості шкіряних деталей взуття і унеможливають його подальшу експлуатацію.

**Експериментальні та теоретичні дослідження.** Дослідивши зміну розривальних характеристик (границя міцності) проб матеріалів верху взуття, виготовленого з натуральної шкіри (юхти і хромового методу дублення), було виявлено їх зменшення для всіх без винятку пар взуття в порівнянні з вихідними показниками. Так, для першої пари товщина НШю тильної сторони плюсни стоши зменшилась від 2,3 мм до 1,7 мм, для другої пари від 2,3 мм до 1,5 мм, для третьої пари від 2,3 мм до 1,8 мм, а для четвертої пари – від 2,3 мм до 2,0 мм, тобто на 26%; 34,8%; 21,7% і 13% відповідно.

Вихідні значення границі міцності проб матеріалів обчислюються за формулою:

$$\sigma = \frac{P_p}{S} \text{ [Н/мм}^2\text{]}. \quad (1)$$

де  $P_p$  – розривальне навантаження, Н;

$S$  – площа поперечного перерізу проби на ділянці її руйнування, мм<sup>2</sup>.

Аналіз отриманих результатів показав, що границя міцності проб НШю, які не мали практичного використання, дорівнює 15,2 Н/мм<sup>2</sup>. Після восьмимісячної експлуатації границя міцності зразків верхньої частини взуття стала дорівнювати 10,3 Н/мм<sup>2</sup>, тобто зменшилась на 32,2%. Для другої пари границя міцності зменшилась до 11,6 Н/мм<sup>2</sup> (23,7%), для третьої пари контролюючий показник дорівнював 10,6 Н/мм<sup>2</sup> (зменшення на 30%), а для четвертої пари зменшення відбулося до 11,4 Н/мм<sup>2</sup>, що склало 25% (табл. 1).

Зміна товщини і границі міцності проб із НШЮ  
після 8-ми місяців експлуатації

Умовний номер пари взуття	Контролюючі показники					
	товщина проб для верху взуття, мм			границя міцності проб для верху взуття, Н/мм <sup>2</sup>		
	вихідне значення товщини	товщина після 8-ми місяців експлуатації	зміна товщини, %	вихідне значення границь міцності	границя міцності після 8-ми місяців експлуатації	зміна границь міцності, %
1	2,3	1,7	26,0	15,2	10,3	32,2
2	2,3	1,5	34,8	15,2	11,6	23,7
3	2,3	1,8	21,7	15,2	10,6	30,3
4	2,3	2,0	13,0	15,2	11,4	25,0

Таким чином, отримані результати експериментів і їх аналіз показують, що взуття, особливо його верх з натуральної шкіри, фізично не витримує тих навантажень і того впливу небезпечних факторів (температура, вода, ПАР), що є складовими будь-якої пожежі і діють одночасно.

Застосування синтетичних і штучних шкір для верху спеціального взуття є перспективним тому, що, як стверджують автори робіт [1-3], їх можна розробляти із завчасно заданими властивостями. Склад штучної шкіри визначається глибиною проникнення полімерних і покривних композицій в основу, безперервністю їх зв'язків, загальною товщиною і структурою зовнішнього покриття, а також хімічним складом полімерної композиції. Покриття штучних шкір можуть бути монолітними, пористими і монолітно-пористими. М'які штучні шкіри класифікуються за призначенням і структурою, типом основи і шівкоутворюючого полімеру, конфігурацією і фактурою зовнішнього покриття [4,5].

У нашій країні для виготовлення верху взуття використовують штучні шкіри, 80% з яких є вінілштучшкірою-Т – штучні шкіри на тканий основі з полівінілхлоридним покриттям (ПВХ) [4]. Взуттєве носіння вінілштучшкіри-Т (совіол) – це тканина (АСТ-28, бавовнолаванова, віскозна або взуттєва палатка) з одностороннім пористо-монолітним покриттям із суміші ПВХ і вітрильного каучуку СКН-26, який отриманий каландровим методом. Пористий шар покриття вінілштучшкіри має структуру із замкненими незв'язаними порами, тому паро- і повітропроникність матеріалу дуже низька.

Останнім часом для зовнішнього покриття штучних і синтетичних шкір широко застосовуються поліуретанові еластомери. Штучні шкіри з поліуретановим покриттям мають декілька переваг над матеріалами з ПВХ і каучуковим покриттям [6]: не мають пластифікаторів і їх можна мити і навіть піддавати хімічній чистці; мають високу міцність і опір до стирання (наприклад, при заміні покриття ПВХ товщиною 0,3-0,5 мм для отримання тієї ж міцності потрібне поліуретанове покриття товщиною 0,025-0,075 мм); мають морозостійке (до температури -40°C) і теплостійке (до температури +160°C) покриття, високу адгезію до ткані основи (0,3-0,4 МПа) і паропроникність до 3 мг/см<sup>2</sup>·год, невелику товщину, що робить уретаноштучшкіри дуже м'якими і еластичними; зварюються в полі високої частоти і тиснуться (тиснення рисунку) [2,3]. До уретаноштучшкір можна віднести і синтетичні шкіри. Але вони здебільшого мають неткану голконробивну основу або комбіновану, яка просочена поліуретановими композиціями, а метод конденсаційного структуроутворення полімерної складової матеріалу забезпечує утворення дрібнопористої структури, внаслідок чого отримують задовільні гігієнічні показники, які можна порівняти з аналогічними показниками натуральної шкіри.

Штучні і синтетичні шкіри для верху спеціального взуття повинні мати високі показники міцності, опору до роздирання, стирання, згину, дії понижених температур, а також повинні мати комплекс таких гігієнічних показників як гігроскопічність, вологопоглинання, паро- і повітропроникність для забезпечення нормального мікроклімату всередині взуття [7].

Враховуючи результати проаналізованих теоретичних розрахунків і установчих експериментальних досліджень, можна зробити висновок, що для виготовлення спеціальних матеріалів, які за своїми властивостями одночасно можуть виконувати термо- і агресивно-захисні функції, слід використовувати синтетичні шкіри на текстильній основі (тканина, неткане полотно). Лицева, а можливо і зворотна сторона текстильної основи, повинні бути покриті полімерними композиціями, стійкими як до впливу високих температур (відкрите полум'я, ІЧ-випромінювання, конвективне тепло), так і до розчинів мінеральних 20% кислот (сірчана, соляна, азотна), лугу (20%) та 12% ПАР [8]. Розробкою та виготовленням шкір хімічного походження займаються ряд фірм європейських держав, але інформація про особливості технологічного процесу, як і про полімери, що використовуються при цьому, для спеціалістів закрита. Тому, для розробки взірців матеріалів з необхідними термо- і агресивно-захисними властивостями, були використанні поліуретанові емульсії (ПУЕ) та поліакрилонітрильне (ПАН) покриття, які наносились на 100% бавовняні і поліефірні тканини, а також неткані полотна. Для отримання термозахисного і агресивно-захисного ефекту в полімерні композиції вносили (в певних відсотках) такі сполуки, як антибіотики та адрети. Розроблено рецептури поліефіруретанового (ПУЕ) і поліакрилонітрильного (ПАН) полімерного покриття, а також технологію їх нанесення (одно- і багат шарове) на текстильну основу (тканина, неткане полотно).

Для проведення експериментів було виготовлено п'ять взірців синтетичних шкір (СШ). Три взірці на основі (СШ ПУЕ+100% поліефірна тканина з оздобленням; СШ ПУЕ+ неткане полотно без оздоблення; СШ ПУЕ+100% бавовняна тканина без оздоблення) і два взірці на основі ПАН-покриття (СШ ПАН+неткане полотно без оздоблення і СШ ПАН+ каркасна основа). Фізико-механічні і геометричні характеристики, а також гігієнічні показники вказаних матеріалів були визначені за допомогою 14 показників, перелік яких та значення наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Фізико-механічні, геометричні характеристики та деякі гігієнічні показники матеріалів для верху спеціального взуття

Назва показників властивостей проб матеріалів	Перелік зразків верху спеціального взуття, їх назва, номер, шифр						
	Натуральна шкіра (юхта)	Натуральна шкіра хром.методу дублення	СШ ПУЕ + 100% ПЕ тканина з оздобленням	СШ ПУЕ+ ПТ-полотно без оздоблення	СШ ПАН дисперсна ПТ-полотно без оздоблення	СШ ПАН дисперсна-каркасна основа	СШ ПУЕ+ 100% БВ тканина без оздоблення
1	2	3	4	5	6	7	8
Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup>	-	-	1278,4	634,0	761,8	756,0	674,3
Товщина, мм	2,5	1,0	1,6	1,7	2,1	2,0	1,4
Розривальне навантаження (подовж. 30x150 мм), Н	1200,0	546,0	637,4	486,0	566,7	1388,0	260,0
Абсолютне видовження, мм	19,3	21,2	22,7	53,4	31,0	25,0	8,0

1	2	3	4	5	6	7	8
Роздиральне навантаження, Н	-	-	77,6	48,5	74,2	255,0	40,0
Гранична міцність при розтягуванні, Н/мм <sup>2</sup>	16,0	18,2	13,3	9,5	9,0	23,1	6,2
Адгезія покриття до шівки, кН/м	-	-	без розшарув.	0,6	0,9	0,7	0,5
Стійкість полімерного покриття до стирання по площині, цикли	-	-	7124,0	5627,0	4015,0	4977,0	5001,0
Умовна жорсткість, сН	478,4	275,2	52,3	58,0	102,7	75,5	42,3
Стійкість до складного згинання, тис. циклів	617,0	742,0	137,0	103,0	95,0	98,0	113,0
Коефіцієнт повітропроникності, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	2,26	69,41	0,69	4,46	15,24	7,37	4,04
Водопроникність, с	49,5	70,2	548,1	309,3	50,4	37,2	112
Водотривкість, мм.вод ст.	360,0	660,0	2080,0	1820,0	400,0	280,0	920,0
Коефіцієнт паропроникності, мг/см <sup>2</sup> ·год	2,9	5,2	0,4	3,2	6,6	5,1	2,7

**Примітка:** СШ - синтетична шкіра; ПУЕ - поліуретанова емульсія; ПАН - поліакрилонітриєва дисперсія; ПЕ - поліефірна тканина; БВ - бавовняна тканина

Аналіз показників, наведених в таблиці 2, показує, що суттєві переваги одних матеріалів над іншими майже відсутні. Так, наприклад, поверхнева густина матеріалу СШ ПУЕ+100% ПЕ тканина дорівнює 1278,4 г/м<sup>2</sup>, стійкість полімерного покриття до стирання по площині дорівнює 7124,0 циклів, а коефіцієнт паропроникності знаходиться в межах 0,4 мг/см<sup>2</sup>·год. А проби матеріалу СШ ПАН+каркасна основа у вигляді стрічки розміром 30x150 мм (довжж) руйнуються при навантаженні в 1388 Н. Стійкість до складного згинання (метод ремба) при цьому дорівнює 98,0 тисяч циклів, а коефіцієнт паропроникності зразків дорівнює 5,1 мг/см<sup>2</sup>·год (табл. 2). Результати досліджень наведені в роботі [9] вказують на переваги СШ над натуральними шкірами при дії високих температур. Тому надалі необхідно провести експериментальні дослідження синтетичної та натуральної шкіри на дію високих температур і агресивних рідин.

#### **Висновки.**

1. Проведені дослідження показали, що натуральна шкіра, яка використовується для виготовлення верху взуття за вісім місяців експлуатації розтріскується від впливу вологості, температури та ПАР, а також зменшують показники по товщині і розривальних характеристиках (табл. 1). Причиною цього можуть бути такі умови праці, НШФ та непередбачені ситуації в процесі пожежогасіння, що захист від їх впливу малоефективний для виробів з натуральної шкіри.

2. Аналіз літературних джерел різного рівня свідчить про відсутність інформації про вплив високих температур і агресивних середовищ на взуття пожежників-рятувальників та матеріали, необхідні для його виготовлення.

3. Враховуючи умови збільшення переліку таких НШФ, як мінеральні кислоти, луки різних концентрацій, розчини солей на їх основі, ПАР тощо, то стає очевидною необхідність розробки спеціального взуття, особливо матеріалу верху, з універсальними захисними властивостями.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Денисенко З.М. Новые искусственные материалы для верха обуви. – К.: Киевский торгово-экономический институт, 1975. – 33 с.
2. Михайлов В.А., Китнис Б.Я. Искусственные кожи и пленочные материалы. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 400 с.
3. Искусственные кожи и пленочные материалы: Справочник / Под редакцией В.А. Михайлова и Б.Я. Китниса. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 400 с.
4. Ильин С.Н., Бернштейн М.Х. Искусственные кожи. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.
5. Кирпичников П.А. Химия и технология синтетических каучуков. – М.: Химия, 1970. – 245 с.
6. Очуренко В.И. Разработка методов оценки и исследование свойств материалов для верха кислотозащитной специальной обуви: Дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01. – Л., 1990. – 229 с.
7. Мореходов Г.А. Требования к искусственным материалам для обуви // Кожевенно-обувная промышленность. – 1977. – № 11. – С. 3-6.
8. Взуття пожежника захисне. Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ДСТУ 4446: 2005. – [Числий від 2005-09-07]. – К.: Держспоживстандарт, 2004. – 37 с.
9. Мичко А.А., Клиш'юк М.М. Розробка математичної моделі процесу теплопередачі через товщину матеріалу для спецвзуття пожежників // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів, 2006. – №9. – С. 20-27.

УДК 621

*В.І. Гудим, д.т.н., Б.М. Кінаш, к.т.н., Б.М. Юрків (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), А.Я. Постолюк (ІВНДКП «Укрзахіденергопроект»)*

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГРОЗОВИХ РОЗРЯДІВ

Розглянуто принципи та засади формування розрахункової схеми грозових розрядів на основі аналізу фізичних явищ та сформована математична модель для аналізу динаміки процесів, які відбуваються під час грозових розрядів, що дозволяє здійснити кількісну оцінку струмів під час грозових розрядів, та уточнити особливості протікання таких процесів

**Вступ.** Грозові розряди характеризуються величезною енергією, тому вони дуже небезпечні для уражуваних об'єктів. Разом з тим, теплові процеси грозових розрядів є причиною виникнення пожеж на різних об'єктах. Аналіз статистичних даних показує, що щорічно на території України від дії блискавки трапляються десятки загорань дерев'яних будівель у сільській місцевості, багатократні вмикання високовольтних ліній електропередач, руйнуються електроустановки та силове електрообладнання (трансформатори, реактори, конденсаторні батареї), що призводить до тривалих перебоїв в електропостачанні.

**Постановка задачі.** З метою кількісної оцінки грозорозрядних процесів та розроблення ефективних і разом з тим економічно обґрунтованих заходів і засобів для захисту від уражень об'єктів блискавкою, доцільно розширити дослідження цих процесів. Разом з тим, експериментальні дослідження є не лише небезпечними для дослідників, а й, у багатьох випадках, не реалізовними через відсутність відповідної вимірювальної апаратури, тому найефективнішим є метод математичного моделювання. У зв'язку з цим виникає важлива і актуальна задача сформуванню адекватну математичну модель, придатну до виконання масових експериментів грозових розрядів і відтворення найрізноманітніших ситуацій.