

УДК 677.017.2.7:
687.174

РУБАНКА А.І., ОСТАПЕНКО Н.В.,
КОЛОСНІЧЕНКО О.В., ЛУЦКЕР Т.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕРМОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ

Мета. Обґрунтувати раціональний вибір термостійких матеріалів для виготовлення термостійкого одягу на основі теоретичних і експериментальних досліджень по визначенню розривального зусилля та видовження на момент розірвання від кількості прань.

Методика. Експериментальні дослідження з визначення показників надійності проведено за стандартними методиками. Для обробки результатів випробувань використано методи математичної статистики.

Результати. Проведено дослідження по зміні розривального зусилля та видовження на момент розірвання термостійких текстильних матеріалів внаслідок багатьох циклів прань. Встановлено, що обрані матеріали зберігають свої властивості в регламентованих нормативними документами межах.

Наукова новизна. Встановлено математичну залежність зміни розривального зусилля та видовження на момент розірвання від кількості циклів прання з метою прогнозування поведінки матеріалів спеціального захисного одягу.

Практична значимість. Проведено експериментальні дослідження показників надійності термозахисних матеріалів та їх порівняльний аналіз для обґрунтування вибору раціональної структури пакета.

Ключові слова: термостійкі матеріали, захисний одяг, прання, розривальне зусилля, видовження на момент розірвання.

Вступ. Асортимент текстильних матеріалів для виготовлення термостійкого одягу досить широкий. Відомими фірмами постійно розширюються та вдосконалюються термостійкі тканини. Інформація щодо характеристик та властивостей таких матеріалів є досить розпорошеною та представлена переважно з комерційної точки зору. Враховуючи те, що при веденні аварійно-рятувальних робіт на працівника діють різні чинники виробничого середовища, захист від усіх видів небезпек є важливим та складним науково-технічним завданням, особливо зважаючи на те, що часто ці чинники є досить суперечливими, наприклад, одночасна дія води та полум'я. Актуальним також є дослідження впливу експлуатаційних чинників на властивості термостійких матеріалів [1].

Постановка проблеми. Виготовлення сучасного, високотехнологічного одягу для захисту від усіх видів небезпек, які встановлено для аварійно-рятувального одягу, залежить переважно від використовуваних матеріалів. Особливо гостро проблема раціонально обґрунтованого вибору матеріалів постає при пасивному способі захисту. Збереження життя робітника при умовах праці у високотемпературному середовищі залежить від правильного вибору матеріалів для верху, прокладки і підкладки. Проте важливим є збереження захисних властивостей комплекту напротязі усього терміну експлуатації. Саме тому моделювання експлуатаційних навантажень дає можливість прогнозувати збереження надійності одягу протягом тривалого часу. До таких експлуатаційних навантажень на термозахисний одяг належить, в тому числі, прання.

Результати досліджень. Для раціонального вибору матеріалів захисного одягу

рятувальників необхідно мати інформацію щодо фізико-механічних характеристик тканини. З цією метою було проведено експериментальні дослідження по визначенню розривального зусилля та видовження на момент розірвання за стандартною методикою [2].

Об'єктом експериментальних досліджень обрано наступні матеріали, що представлені на ринку України:

- тканина костюмна Nomex BV-120 (100% метаарамідні волокна Nomex), з поверхневою густиною 265 г/м² виробництва «Ten Cate Protect», Нідерланди;
- тканина костюмна ХВ 9340 (75% бавовна, 25% Kevlar, просочування Proban, anti-static), з поверхневою густиною 340 г/м² виробництва «Ten Cate Protect», Нідерланди;
- тканина костюмна FlameStat Lite (100% бавовна, просочування Proban, anti-static), з поверхневою густиною 250 г/м² виробництва «Carrington», Великобританія;
- тканина костюмна RigChief (100% бавовна, просочування Pyrovatex, anti-static), з поверхневою густиною 370 г/м² виробництва «Daletec», Норвегія.

Встановлено, що для догляду за термостійкими матеріалами виробниками рекомендується прання. Хімічне чищення дозволяється, але без використання відбілювачів. Враховуючи економічну складову вартості догляду, споживачі надають перевагу пранню перед хімічищенням. Саме тому дослідження проводились до та після впливу на матеріал багаторазових циклів прання. Для випробування по визначенню розривального зусилля та видовження на момент розірвання по основі та утоку після прання використано 4 види матеріалів по 10 зразків кожного. Матеріали піддавали 12 циклам прання при температурі 60±5 °С з використанням стандартних пральних засобів.

Для проведення експериментів для кожного матеріалу із точкових проб було вирізано по 10 елементарних по основі і утоку розміром 50×350 мм. Для випробувань використовували розривальну машину РТ-250М-2, яка забезпечує постійну швидкість опускання нижнього зажиму, вимірювальну лінійку, секундомір, ножиці, пінцет. Показники розривального зусилля і видовження на момент розірвання знімають з шкали розривальної машини. Випробування проводяться за нормальних кліматичних умов, а саме температури 25±10°С, відносної вологості повітря 65-80% і тиску від 8,4*10⁻⁴ до 10,7*10⁻⁴ Па. Середнє арифметичне значення результатів вимірів по основі і утоку приймають за розривальне зусилля точкової проби.

Шкала розривальної машини показує абсолютне видовження на момент розірвання (L), для подальшої обробки результатів зручніше користуватися відносним видовженням (L_i), що розраховується за формулою [2]:

$$L_i = \frac{L \cdot 100}{A},$$

де L – видовження на момент розірвання, мм;

A – заживна довжина елементарної проби, мм.

Середні арифметичні значення експериментальних досліджень фізико-механічних показників (розривального зусилля та видовження на момент розірвання) тканини Nomex BV-120, ХВ 9340, FlameStat Lite і RigChief наведено у таблицях 1-4.

Графічна інтерпретація залежності зміни розривального зусилля від кількості циклів прання наведено на рис. 1 по основі і рис. 2 по утоку.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень фізико-механічних показників тканини костюмної Nomex BV-120 (T1)

№ циклу прання	Розривальне зусилля P, Н		Видовження на момент розірвання L, %	
	за основою	за утком	за основою	за утком
0	1653	1407	51,0	44,2
4	1622	1457	46,0	40,0
8	1661	1413	50,2	45,8
12	1584	1455	50,0	45,0

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень фізико-механічних показників тканини костюмної Proban anti-static XB 9340 (T2)

№ циклу прання	Розривальне зусилля P, Н		Видовження на момент розірвання L, %	
	за основою	за утком	за основою	за утком
0	1536	1869	10,6	19,2
4	1426	1638	15,0	23,6
8	1401	1613	13,8	18,2
12	1433	1702	12,6	19,2

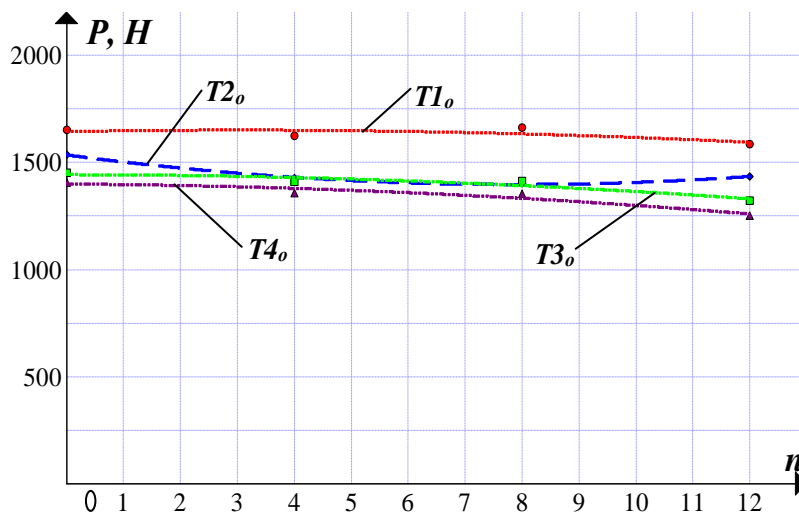


Рис. 1. Графічна інтерпретація залежності розривального зусилля P матеріалів по основі від кількості циклів прання n

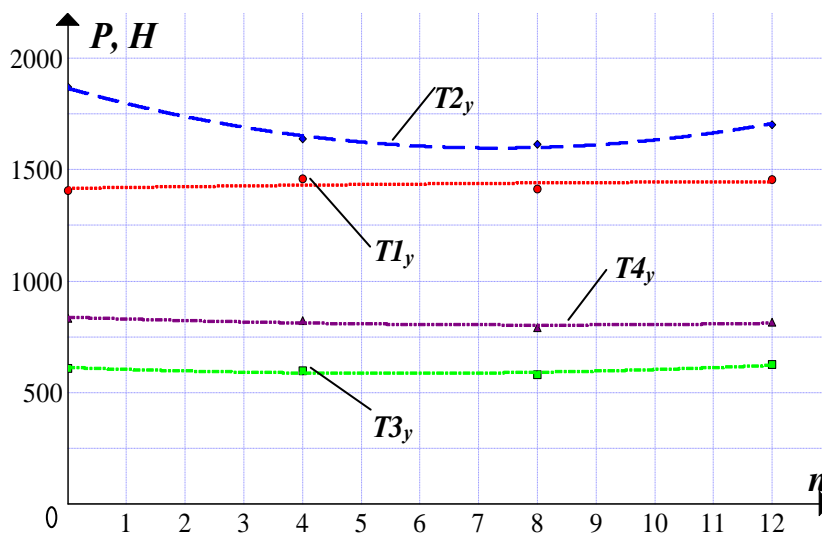


Рис. 2. Графічна інтерпретація залежності зміни розривального зусилля P матеріалів по утоку від кількості циклів прання n

За результатами статистичної обробки розривального зусилля отримано наступні рівняння регресії для матеріалів по основі із кодованим позначенням:

$$T1_0: P = -0,7188n^2 + 4,425n + 1643,7, \text{ при } R^2 = 0,5287$$

$$T2_0: P = 2,2188n^2 - 34,975n + 1534,6, \text{ при } R^2 = 0,9963$$

$$T3_0: P = -0,75n^2 - 0,4n + 1442,9, \text{ при } R^2 = 0,8835$$

$$T4_0: P = -0,8281n^2 - 1,6875n + 1398,75, \text{ при } R^2 = 0,9163$$

Рівняння регресії для матеріалів по утоку із кодованим позначенням:

$$T1_y: P = -0,125n^2 + 4n + 1416, \text{ при } R^2 = 0,2416$$

$$T2_y: P = 5n^2 - 73,15n + 1864,4, \text{ при } R^2 = 0,9894$$

$$T3_y: P = 0,875n^2 - 9,7n + 612,7, \text{ при } R^2 = 0,7531$$

$$T4_y: P = 0,5312n^2 - 8,625n + 838, \text{ при } R^2 = 0,6844$$

Таблиця 3

Результати експериментальних досліджень фізико-механічних показників тканини костюмної Proban anti-static FlameStat Lite (T3)

№ циклу прання	Розривальне зусилля P , Н		Видовження на момент розірвання L , %	
	за основою	за утоком	за основою	за утоком
0	1450	609	12,2	12,6
4	1408	599	17,6	13,8
8	1413	580	15,2	12,8
12	1323	326	15,4	12,4

Таблиця 4

Результати експериментальних досліджень фізико-механічних показників тканини костюмної Pyrovatex anti-static RigChief (T4)

№ циклу прання	Розривальне зусилля P, Н		Видовження на момент розірвання L, %	
	за основою	за утком	за основою	за утком
0	1406	834	11,6	20,4
4	135,7	824	16,8	23,8
8	1354	791	16,2	22,8
12	1252	815	14,8	20,2

За графічною інтерпретацією залежності зміни розривального зусилля матеріалів по основі та утку від кількості циклів прання визначено, що матеріали Nomex BV-120 (T1) та ХВ 9340 (T2) є найміцнішими та зберігають свої властивості протягом тривалої експлуатації. Матеріали T3 та T4 є менш міцними, особливо по утку, але їх експериментальні значення дозволяють стверджувати, що вони теж можуть використовуватися для проектування захисного одягу, так як їх характеристики залишаються в регламентованих межах.

Графічна інтерпретація залежності видовження на момент розірвання від кількості циклів прання вказана на рисунках 3 по основі та 4 по утку.

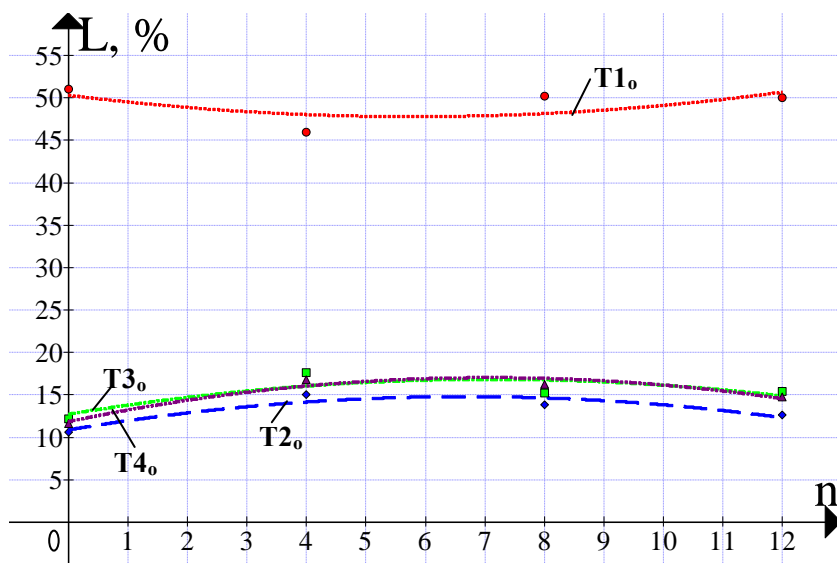


Рис. 3. Графічна інтерпретація залежності зміни видовження на момент розірвання L матеріалів по основі від кількості циклів прання n

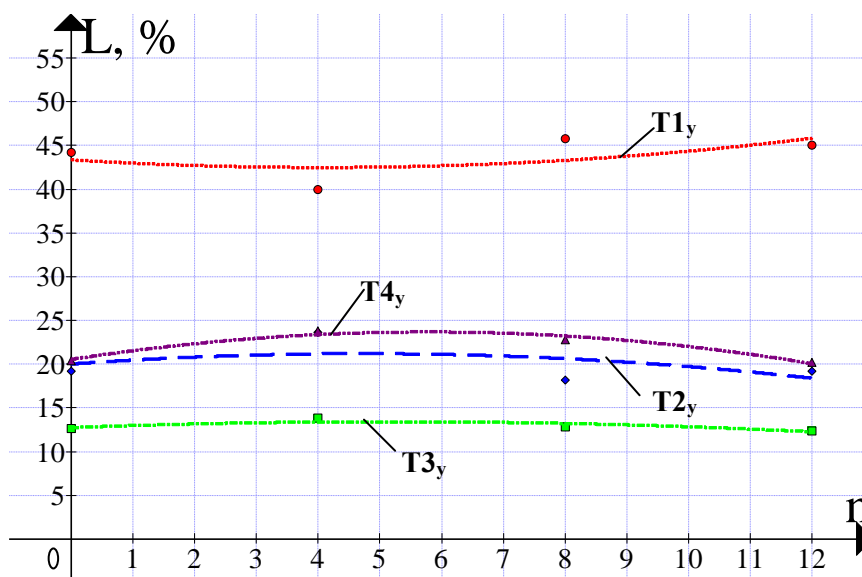


Рис. 4. Графічна інтерпретація залежності зміни видовження на момент розірвання L матеріалів по утоку від кількості циклів прання n

За результатами статистичної обробки видовження на момент розірвання отримано наступні рівняння регресії для різних матеріалів по основі із кодованим позначенням:

$$T1_0: L = 0,075n^2 - 0,87n + 50,32, \text{ при } R^2 = 0,3867$$

$$T2_0: L = -0,0875n^2 + 1,17n + 10,88, \text{ при } R^2 = 0,8515$$

$$T3_0: L = -0,0813n^2 + 1,155n + 12,72, \text{ при } R^2 = 0,6336$$

$$T4_0: L = -0,1031n^2 + 1,4625n + 11,85, \text{ при } R^2 = 0,9228$$

Рівняння регресії для різних матеріалів по утоку із кодованим позначенням:

$$T1_y: L = 0,0531n^2 - 0,4325n + 43,37, \text{ при } R^2 = 0,3121$$

$$T2_y: L = -0,0531n^2 + 0,5025n + 20,01, \text{ при } R^2 = 0,2489$$

$$T3_y: L = -0,025n^2 + 0,26n + 12,74, \text{ при } R^2 = 0,6621$$

$$T4_y: L = -0,0938n^2 + 1,085n + 20,54, \text{ при } R^2 = 0,9588$$

За графічною інтерпретацією залежності зміни видовження на момент розірвання матеріалів по основі та утоку від кількості циклів прання визначено, що матеріал Nomex BV-120 ($T1$) має найбільше видовження на момент розірвання, що свідчить про високу еластичність його волокон та стабільність напружати тривалої кількості прань.

Висновки. Експериментально засвідчено, що обрані матеріали після 12 циклів прання змінюють свої властивості в допустимих межах. Аналіз отриманих результатів дав змогу встановити характер зміни властивостей тканин після мокрої обробки (прання) і врахувати їх при проектуванні захисного одягу для ведення аварійно-рятувальних робіт. Проведені експериментальні дослідження по визначенню залежності зміни розривального зусилля та видовження на момент розірвання після мокрих обробок (прання) дозволяють стверджувати,

що всі обрані матеріали можуть бути використані для виготовлення захисного одягу для ведення аварійно-рятувальних робіт. Встановлено, що найбільш повно висунутим вимогам відповідає матеріал Nomex BV-120, а його розривальне зусилля змінюється до 4,6% по основі та до 3,4% по утоку в процесі тривалого терміну експлуатації. Це може бути зумовлено тим, що він на 100% складається з метаарамідних волокон, вплив експлуатаційних навантажень на які є менш вираженим.

Перспективними є дослідження, спрямовані на визначення зміни різних показників пакетів матеріалів залежно від терміну експлуатації, частоти контакту з небезпечними та шкідливими виробничими факторами тощо.

Список використаних джерел

1. Розробка вимог до спеціального одягу для рятувальників / І.В. Горіславець, А.І. Рубанка, О.В. Євтушик, Н.В. Остапенко // Вісник КНУТД. – 2015. – №6 (92). – С. 222–226.
2. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении: ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82) . – [Введ. 1973-01-01] . – М.: Издательство стандартов, 1973. – 20с.
3. Ергономіка і дизайн. Проектування сучасних видів одягу : навчальний посібник / [М. В. Колосніченко, Л. І. Зубкова, К. Л. Пашкевич та ін.]. – К. : ПП «НВЦ «Профі», 2014. – 386 с.
4. Determination of linear dimensions changes in heat-resistant textile materials / A. I. Rubanka, N. V. Ostapenko, M. M. Rubanka, O. V. Kolosnichenko // Nauka i studia. — 2016. — Vol. 24, No. 7 (161). — P. 52-56.
5. Дизайн-проектування виробів спеціального призначення: Навчальний посібник / Н.В. Остапенко, М.В. Колосніченко, Т.В. Луцкер та ін. – К.: КНУТД, 2016. – 320 с.
6. Pashkevich K. L. Research of some physical and mechanical characteristics of suiting fabrics for designing the clothes / K.L. Pashkevich, M.V. Kolosnichenko, N. V. Ostapenko // Vlakna a Textile. – Bratislava. – 2016. – №1. – P. 3–8.
7. Specialistworkclothing [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://specialistworkclothing.wordpress.com>. – Заголовок з екрану.

Referenses

1. Rozrobka vimog do special'nogo odjagu dlja rjatuval'nikiv / I.V. Gorislavec', A.I. Rubanka, O.V. Evtushik, N.V. Ostapenko // Visnik KNUTD. – 2015. – №6 (92). – S. 222–226.
2. Materialy tekstil'nye. Tkani i shtuchnye izdelija. Metody opredelenija razryvnyh harakteristik pri rastjazhenii: GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82) . – [Vved. 1973-01-01] . – М.: Izdatel'stvo standartov, 1973. – 20s.
3. Ergonomika i dizajn. Proektuvannja suchasnih vidiv odjagu : navchal'nij posibnik / [M. V. Kolosnichenko, L. I. Zubkova, K. L. Pashkevich ta in.]. – К. : PP «NVC «Profi», 2014. – 386 s.
4. Determination of linear dimensions changes in heat-resistant textile materials / A. I. Rubanka, N. V. Ostapenko, M. M. Rubanka, O. V. Kolosnichenko // Nauka i studia. — 2016. — Vol. 24, No. 7 (161). — P. 52-56.
5. Dizajn-proektuvannja virobiv special'nogo priznachennja: Navchal'nij posibnik / N.V. Ostapenko, M.V. Kolosnichenko, T.V. Lucker ta in. – К.: KNUTD, 2016. – 320 s.
6. Pashkevich K. L. Research of some physical and mechanical characteristics of suiting fabrics for designing the clothes / K.L. Pashkevich, M.V. Kolosnichenko, N. V. Ostapenko // Vlakna a Textile. – Bratislava. – 2016. – №1. – R. 3–8.

7. Specialistworkclothing [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu :
<https://specialistworkclothing.wordpress.com>. – Zagolovok z ekranu.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ

РУБАНКА А.И., ОСТАПЕНКО Н.В., КОЛОСНИЧЕНКО О.В., ЛУЦКЕР Т.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Обосновано выбрать рациональные термостойкие материалы для изготовления термостойкой одежды на основании теоретических и экспериментальных исследований по определению разрывной нагрузки и удлинения на момент разрыва от количества стирок

Методика. Экспериментальные исследования по определению показателей надежности проведены по стандартным методикам. Для обработки результатов испытаний использованы методы математической статистики.

Результаты. Актуальными являются исследования воздействия эксплуатационных факторов на свойства термостойких материалов. Нами проведены исследования по изменению разрывной нагрузки и удлинения на момент разрыва термостойких текстильных материалов в следствии многих циклов стирок. Установлено, что выбранные материалы сохраняют свои свойства в регламентированных нормативными документами пределах.

Научная новизна. Установлено математическую зависимость изменения разрывной нагрузки и удлинения на момент разрыва от количества циклов стирок с целью прогнозирования поведения материалов специальной защитной одежды.

Практическая значимость. Проведено экспериментальные исследования показателей надежности термозащитных материалов и их сравнительный анализ для обоснования выбора рациональной структуры пакета.

Ключевые слова: термостойкие материалы, защитная одежда, разрывная нагрузка, удлинение на момент разрыва.

RATIONALE FOR SELECTION OF HEAT-RESISTANT MATERIALS FOR PROTECTIVE CLOTHING

RUBANKA A., OSTAPENKO N., KOLOSNIICHENKO O., LUTSKER T.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. To prove rational choice of heat-resistant materials for manufacturing heat-resistant clothing based on theoretical and experimental studies to determine the breaking load and elongation at the time of rupture from the number of washings

Methodology. Experimental studies to determine reliability indicators were carried out using standard methods. For the processing of test results used methods of mathematical statistics.

Findings. Current research is the impact of operational factors on the properties of heat-resistant materials. We carried out research on changing the breaking load and elongation at the time of breaking of heat-resistant textile materials in the course of many washing cycles. It is established that the selected materials retain their properties in the limits regulated by regulatory documents.

Originality. The mathematical dependence of the change in tensile load and elongation at the time of rupture on the number of wash cycles is established to predict the behavior of materials of special protective clothing.

Practical value. Experimental studies of the reliability indexes of thermoprotective materials and their comparative analysis to justify the choice of the rational structure of the package are carried out.

Key words: heat-resistant materials, protective clothing, breaking load, elongation at the moment of rupture.