

КРАВЧУК М.Ф.¹, ГАЛАВСЬКА Л.Є.¹, ШАТИЛО Т.В.²

¹Київський національний університет технологій та дизайну,

²АДВЛ «ТЕКСТИЛЬ-ТЕСТ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ ТРИКОТАЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАХИСНИХ РУКАВИЧОК

Мета. Дослідити вогнестійкі властивості трикотажних матеріалів, вироблених на двофонтурному плосков'язальному обладнанні 8 класу ПА-8 з пряжі з метаарамідних (МА) волокон, параарамідних (РА) та високомолекулярних поліетиленових (РЕ) ниток.

Методи. У ході дослідження реалізовано методи аналізу й синтезу науково-технічної літератури, експериментальний метод випробування розроблених зразків трикотажних матеріалів щодо їх стійкості до дії відкритого джерела полум'я. Дослідження вогнестійкості виконано у відповідності до ДСТУ EN ISO 15025:2016, який спеціально призначено для тестування матеріалів для захисного одягу пожежників.

Головні результати. Для проведення випробувань на плосков'язальному обладнанні 8 класу (рукавичковий автомат ПА-8) вироблено зразки трикотажних матеріалів з використанням пряжі на основі метаарамідних волокон, поліетиленових та параарамідних ниток з яких підготовлено одношарові проби та двошарові у вигляді пакету матеріалів, розташованих виворітною стороною один до одного. Також виготовлено пробу заданої форми у вигляді початку рукавиці, вироблену платированим переплетенням, де у якості нитки ґрунту використано пряжу з волокон метаараміду та у якості платировочної параарамідну нитку підвищеної міцності. Визначено показники стійкості матеріалів до дії відкритого вогню.

Наукова новизна. Визначено показники стійкості розроблених зразків трикотажних матеріалів й сформованих з них пакетів до дії відкритого полум'я та встановлено їх відповідність нормативним вимогам до виробів для вогнезахисту рук. Досліджено вогнестійкість трикотажних матеріалів, які використовуватимуться для виготовлення суцільнов'язаних рукавичок, що забезпечуватимуть одночасно захист від дії механічних ушкоджень та полум'я.

Практична значимість. Для виготовлення суцільнов'язаних засобів індивідуального захисту рук від механічних ушкоджень та дії полум'я запропоновано двошаровий пакет трикотажних матеріалів, один з яких вироблено з вогнестійкої пряжі з метаарамідних волокон, а інший з параарамідних або високомолекулярних поліетиленових ниток – для забезпечення стійкості до дії механічних ушкоджень.

Ключові слова: вогнетривкий трикотаж, надміцний трикотаж, метаарамідна (МА) пряжа, високомолекулярна поліетиленова (РЕ) нитка, параарамідна (РА) нитка, функціональні захисні рукавички.

RESEARCH ON THE FIRE RESISTANCE OF DEVELOPED KNITTED MATERIALS FOR MANUFACTURING PROTECTIVE GLOVES

KRAVCHUK M.F.¹, HALAVSKA L.E.¹, SHATYLO T.V.²

¹Kyiv National University of Technology and Design, ²ADVL "TEXTIL-TEST"

Purpose. To investigate the fire-resistant properties of knitted materials produced on double-cylinder flat knitting equipment of class 8 pa-8 using meta-aramid (MA), para-aramid (PA), and high-molecular-weight polyethylene (PE) yarns

Methodology. During the research, methods of analysis and synthesis of scientific and technical literature were implemented, as well as an experimental method for testing the developed samples of knitted materials for their resistance to the action of an open flame. The investigation of fire resistance was conducted in accordance with DSTU EN ISO 15025:2016, which is specifically designed for testing materials for firefighter protective clothing.

Results. To conduct tests on the class 8 flat knitting equipment (glove machine PA-8), samples of knitted materials were produced using yarns based on meta-aramid fibers, polyethylene, and para-aramid threads. From these materials, single-layer samples and double-layer samples in the form of material packets were prepared, with the layers positioned face to face. Additionally, a sample of a specified shape in the form of a glove cuff was manufactured using plaited weave. In this case, meta-aramid yarn was used as the ground thread, and high-strength para-aramid thread was used as the plaiting thread. The materials' resistance to the open flame was determined by testing their performance.

Scientific novelty. The indicators of the resistance of the developed knitted material samples and the formed material packets to the action of an open flame were determined, and their compliance with the regulatory requirements for flame-resistant hand protection products was established. The fire resistance of the knitted materials, which will be used to manufacture seamless gloves providing simultaneous protection against mechanical damage and flame, was investigated.

Practical value. To manufacture seamless personal protective equipment for hands providing protection against mechanical damage and the action of flame, a two-layer packet of knitted materials is proposed. One layer is made from fire-resistant yarn composed of meta-aramid fibers, and the other layer is made from para-aramid or high-molecular-weight polyethylene threads to ensure resistance to mechanical damage.

Keywords: flame-resistant knitwear, high-strength knitwear, meta-aramid (MA) yarn, high-molecular-weight polyethylene (PE) thread, para-aramid (PA) thread, functional protective gloves.

Всмысл. В охороні праці різних виробничих професій з метою попередження травматизму у наслідок небезпечних виробничих факторів одним із важливих засобів індивідуального захисту людини є засоби захисту рук. До цієї категорії відносять засоби для захисту рук від зовнішнього механічного, хімічного й температурного впливів. Не менш важливим в умовах повномасштабної війни в Україні є забезпечення надійного захисту рук військовослужбовців екіпажів бойових машин. Виконання завдань цієї категорією військових супроводжується різноманітними виробничими ризиками (механічні ушкодження та дія полум'я), зумовленими небезпечністю виконання бойових завдань. Оскільки загрози ураження рук різними шкідливими чинниками частіше є одночасними, важливо забезпечити захист від кожного з ймовірних уражень.

Аналіз попередніх досліджень. На сьогодні на ринку представлені різні моделі рукавичок та рукавиць, як засобів індивідуального захисту рук. У більшості випадків захисні властивості виробам надаються шляхом нанесення захисного покриття на долонну частину. Проте можна спростити процес створення даного засобу індивідуального захисту людини, якщо захисні властивості надаватимуться за рахунок вибору відповідної сировини для їх виготовлення та структури переплетення. Враховуючи комбінацію

небезпечних факторів в процесі виготовлення трикотажної рукавички можна сформувати функціональні шари з декількох видів сировини, які мають захисні властивості від різних видів небезпек.

Питанню створення вогнестійких текстильних матеріалів приділяється зараз особлива увага. Так, у роботі [1] авторами висвітлено питання використання інноваційних видів сировини для створення речового майна військовослужбовців, а саме вогнестійкої натільної білизни. При цьому запропоновано у процесі в'язання за рахунок структури переплетення формувати у трикотажному матеріалі функціональні шари: один з яких забезпечуватиме виведення пароподібної вологи з підодягового простору, а інший з вогнетривкої змішаної пряжі, одержаної шляхом поєднання негорючих метаарамідних волокон та негорючих віскозних волокон (корпорація «ТСК») [1].

Робота [2] присвячена розробці технології виготовлення змішаної пряжі з використанням волокон негорючої віскози та метаарамідних волокон з покращеними механічними властивостями та вогнестійкістю, що може бути використана у виробництві захисних трикотажних матеріалів та виробів з них, у тому числі й виробів заданої форми для забезпечення захисту рук від дії термічних впливів.

Автори роботи [3] акцентують свою увагу на виборі сировини для виготовлення трикотажних рукавичок як елемента бойової форми пілотів винищувачів. Тактичні рукавички повинні бути не лише вогнестійкими, але демонструвати гарні показники комфорту. Зокрема, при виборі трикотажного матеріалу слід враховувати пітливність долонь у пілота, яка за умови поганої вологостійкості матеріалу рукавички призводить до втрати зчеплення та проковзування під час керування літальним апаратом. Авторами інших робіт [4-7] розроблено зразки трикотажних матеріалів різних за структурою переплетення для виготовлення вогнетривкої нижньої білизни та досліджено їх споживні властивості. У якості сировини, що надає вогнестійкі властивості використано пряжу з вмістом метараїдних волокон та негорючої віскози. Одержані трикотажні матеріали продемонстрували гарний результат при нетривалому часі впливу вогню. У разі формування двошарових структур трикотажних матеріалів, один шар яких призначений для забезпечення гігієнічних властивостей, а зовнішній – для захисту від температурного впливу, виникає питання зміни наскрізної пористості зовнішнього шару. Адже незважаючи на використання вогнестійкої пряжі для його виготовлення полум'я палика частково проникає крізь петельну структуру зовнішнього шару.

У напрямку розробки вогнетривкого трикотажу працюють вчені всього світу [2, 3, 8-9]. Зокрема у роботі [8] представлено результати дослідження впливу лінійної густини пряжі та щільності в'язання на час горіння текстильного матеріалу. Авторами зауважено, що дані параметри впливають на повітропроникність та пористість трикотажних матеріалів від яких залежить час горіння. Авторами іншої роботи [9] встановлено взаємозв'язок між коефіцієнтом наскрізної пористості, показником повітропроникності трикотажного матеріалу, виробленого з вогнетривкої пряжі Nomex Delta TA 18 tex×2, та часом горіння проби. Встановлено, що збільшення кількості складень даної пряжі забезпечує збільшення тривалості у часі горіння матеріалу, що обумовлено зменшенням наскрізної пористості та відповідно зниженням рівня повітропроникності. Тому при створенні трикотажних структур, що забезпечуватимуть стійкість до дії відкритого полум'я, слід брати до уваги їх наскрізну пористість.

Постановка завдання. Аналіз наукових праць дозволяє зробити висновок, що тема розробки вогнестійких трикотажних матеріалів для створення засобів індивідуального захисту є актуальною. При цьому науковці активно працюють над розширенням функціональних властивостей таких матеріалів

завдяки вибору структури переплетення та поєднання в одному матеріалі декількох видів сировини, розмежувавши їх по шарам або шляхом створення пакету матеріалів, кожен з яких виконує свою захисну функцію. Таким чином доцільним є розробка функціональних трикотажних матеріалів та дослідження їх вогнестійких властивостей.

Методи дослідження. Експериментальний метод дослідження розроблених зразків трикотажних матеріалів на стійкість до дії полум'я реалізовано в акредитованій лабораторії КНУТД АДВЛ «Текстиль-ТЕСТ». Метод випробування горючості згідно з нормативними документами [10,11] передбачає розміщення газового палика перпендикулярно до поверхні досліджуваного зразка, який закріплюють у металевій рамці вертикально та витримують у полум'ї протягом 10 с (рис.1).

Для проведення випробувань попередньо були підготовлені проби розміром 20х20 сантиметрів одношарові з розроблених трикотажних матеріалів та двошарові, що включають один шар з вогнестійкої сировини, інший з ниток підвищеної міцності.

Результати дослідження і обговорення. Для реалізації експерименту розроблено зразки трикотажних матеріалів, вироблені

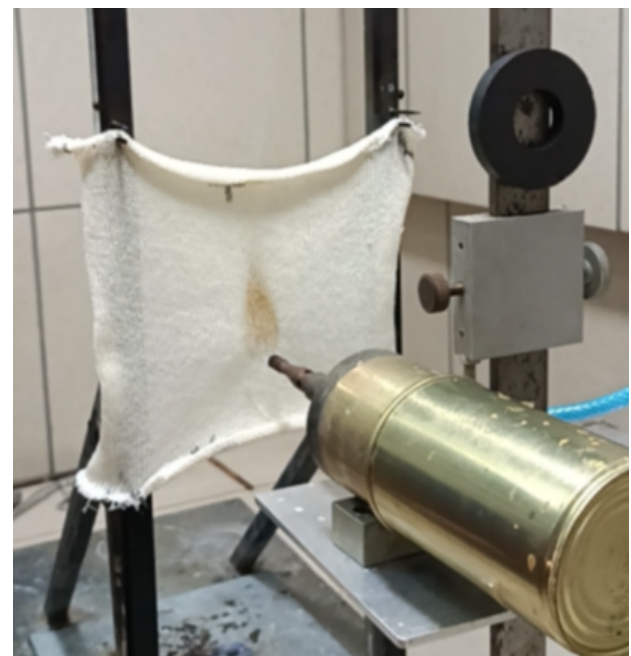


Рис. 1. Зображення лабораторної установки, що складається з рамки із закріпленою пробєю текстильного матеріалу, палика та газового балона

Таблиця 1

Параметри структури дослідних зразків трикотажних матеріалів

Номер зразка	Характеристика проби, вид переплетення трикотажного матеріалу	Сировинний склад	Лінійна густина	Довжина нитки в петлі ξ , мм	Щільність по горизонталі	Щільність по вертикалі	Товщина, мм	Поверхнева густина, г/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	у вигляді суцільнов'язаної частини рукавиці заданої форми (область пальців), гладке платироване	нитка ґрунту – РА нитка платировочна – МА	44 текс × 4 40 текс × 2	9,6	35	50	1,20	430,1
2	одношаровий трикотажний матеріал, гладь	МА	40 текс × 3	8,9	46	59	1,27	292,2
3	одношаровий трикотажний матеріал, гладь	РА	44 текс × 3	8,3	50	65	0,90	300,6
4	одношаровий трикотажний матеріал, гладь	РЕ	44 текс × 3	8,2	48	85	1,30	384,3
5	двошаровий пакет матеріалів, гладь	лицьовий шар – РЕ вिवорітний шар – МА	44 текс × 3 40 текс × 3	8,2 8,2	48 52	85 65	1,30 1,27	384,3 334,0
6	двошаровий пакет матеріалів, гладь	лицьовий шар – РЕ вिवорітний шар – МА	44 текс × 3 40 текс × 3	8,2 8,9	48 40	85 59	1,30 1,27	384,3 292,2
7	двошаровий пакет матеріалів, гладь	лицьовий шар – РА вिवорітний шар – МА	44 текс × 3 40 текс × 3	8,3 8,2	50 40	65 59	0,90 1,27	300,6 292,2
8	двошаровий пакет матеріалів, гладь	лицьовий шар – РА вिवорітний шар – МА	44 текс × 3 40 текс × 3	8,3 8,9	50 40	65 59	0,90 1,27	300,6 292,2

переплетенням гладь на двофонтурному плосков'язальному автоматі ПА-8 з трьох видів сировини (пряжа з метаарамідних волокон, високомолекулярні поліетиленові та параарамідні нитки) з різною довжиною нитки в петлі. Таким чином, одержані трикотажні матеріали з одного виду сировини але різною величиною довжини нитки в петлі відрізняються за рівнем наскрізної пористості. Для забезпечення подвійної функціональності (одночасний захист від механічних ушкоджень та дії вогню) окрім одношарових проб сформовано також й двошарові. Для зовнішнього шару підготовлених двошарових проб, який безпосередньо контактуватиме з відкритим джерелом полум'я та передбачає захист від різних видів небезпек (прокол,

поріз), використано трикотажний матеріал з високоміцних поліетиленових або параарамідних ниток. Внутрішній, що забезпечуватиме у засобі індивідуального захисту захист від дії вогню та підвищених термічних впливів, представляє собою трикотажний матеріал з вогнестійкої пряжі з метаарамідних волокон. Шари двошарових проб з'єднані по краям красобметувальною строчкою на швейному обладнанні типу оверлок. Також на рукавичковому автоматі 7 класу [12] підготовлено трикотажні проби у вигляді виробу заданої форми, що представляє собою ділянку початку рукавиці в області пальців, вироблену платированим переплетенням. У якості платировочної (покривної) нитки використано параарамідну нитку, а у якості нитки ґрунту – пряжу з метаарамідних волокон. Випробування

Таблиця 2

Результати дослідження стійкості трикотажних матеріалів та їх пакетів до дії відкритого полум'я

№ П/П	Характеристика горіння проби під впливом полум'я	Характеристика залишкового горіння проби	Характеристика після видалення проби з полум'я
1	2	3	4
1	з'являється дим	залишкове горіння, жевріння та світіння відсутнє	у місці контакту проби з полум'ям утворюється крихкий залишок
2	з'являється дим	залишкове горіння, жевріння та світіння відсутнє	у місці контакту з полум'ям поверхня проби оплавлена
3	з'являється дим	залишкове горіння, жевріння та світіння відсутнє	у місці контакту з полум'ям поверхня проби оплавлена
4	з'являється дим	час залишкового горіння 40 с	у місці контакту проби з полум'ям утворюється діра розміром (75×45) мм
5	з'являється дим	після 40 с залишкового горіння лицьового шару проби полум'я проникає на виворітний шар проби;	полум'я досягає верхньої кромки проби за 1 хв 35 с; проба зруйнувалась повністю
6	з'являється дим	після 40 с залишкового горіння лицьового шару проби полум'я проникає на виворітний шар проби; час залишкового горіння близько 2 хв	після 2 хв залишкового горіння з'являється жевріння протягом 10 с; у місці контакту полум'я з лицьовим шаром проби утворюється діра розміром (110×60) мм; у місці контакту полум'я з виворітним шаром проби утворюється обвуглена частина розміром (110×60) мм з дірою (40×30) мм та крихким залишком
7	з'являється дим	залишкове горіння, жевріння та світіння відсутнє	полум'я не розповсюджується; висота обвугленої частини верхнього (лицьового шару) проби 40 мм; діра не утворюється
8	з'являється дим	залишкове горіння, жевріння та світіння відсутнє	полум'я не розповсюджується; висота обвугленої частини верхнього (лицьового шару) проби 40 мм; діра не утворюється

вогнестійкості трикотажної проби заданої форми проведено з вертикальним розташуванням пальника, що забезпечило спрямування полум'я до кромки проби. Час впливу полум'я складав як і для інших проб 10 секунд [11, 13]. У таблиці 1 наведено параметри структури дослідних зразків трикотажних матеріалів, з яких сформовано проби для проведення випробувань на вогнестійкість.

У ході дослідження встановлено поведінку дослідних зразків трикотажних матеріалів та їх пакетів різного сировинного складу та щільності в'язання під дією відкритого джерела полум'я. У відповідності до ДСТУ EN ISO 15025:2016 [11] встановлено витривалість до однократної дії вогню. Одержані результати наглядно

ілюструють вплив відкритого джерела полум'я на розроблені зразки трикотажних матеріалів та їх пакетів та дозволяють зробити висновки щодо доцільності використання того чи іншого виду сировини для виготовлення функціональних захисних трикотажних рукавичок.

Найбільш вогнестійкими виявились одношарові проби трикотажного матеріалу з матаарамідної пряжі (зразок 2) та двошарові проби (зразки 7 та 8) з зовнішнім шаром, сформованим з трикотажного матеріалу з параарамідних ниток. Менш вогнестійким виявився зразок 3 з параарамідних ниток. Також позитивний результат випробувань щодо стійкості до дії відкритого джерела полум'я продемонстрував зразок 1, виготовлений як

Таблиця 3

Зовнішній вигляд зразків через 20 секунд після впливу полум'я

	Номер зразка			
	1	2	3	4
Зовнішній вигляд зразка через 20 секунд після видалення з полум'я				
	5	6	7	8
				

виріб заданої форми, а саме у вигляді частини рукавиці на ділянці пальців. Вказані зразки трикотажних матеріалів не підтримують горіння на повітрі. Однак при цьому зазнають фізичних та хімічних змін під дією полум'я і підвищеної температури. У місці контакту з полум'ям поверхні проб оплавляються, але не мають залишкового горіння та жевріння. Характеристики горіння дослідних зразків наведені у таблиці 2.

Представлені у таблиці 3 фотозображення дослідних зразків наглядно ілюструють зміни у зовнішньому вигляді через 20 секунд після впливу полум'я.

Трикотажний матеріал з РЕ ниток (зразок 4) має час залишкового горіння 40 с, у місці контакту проби з полум'ям утворюється діра розміром 75x45 мм. Двошарові пакети трикотажних матеріалів, зовнішній шар яких сформований з РЕ ниток, а внутрішній шар з МА пряжі (зразки 5 та 6, що відрізняються щільністю в'язання шару з вогнестійкої сировини) виявилися менш ефективними щодо забезпечення захисту від дії полум'я внаслідок руйнації зовнішнього шару. Під дією полум'я шар трикотажного матеріалу з РЕ ниток горить, досягає верхньої кромки проби за 1 хв 35 с та в результаті руйнується повністю. Краплі, що утворюються від горіння високомолекулярного поліетилену потрапляють на внутрішній шар проби з МА пряжі, що призводить до обуглення внутрішнього шару.

При цьому полум'я проникає на внутрішній шар двошарового пакету трикотажних матеріалів вже за 40 с залишкового горіння. У ході проведених експериментальних

досліджень також виявлено, що на вогнестійкість пакетів матеріалів з лицьовим шаром з високомолекулярних РЕ ниток впливає щільність в'язання (зміна довжини нитки в петлі) внутрішнього шару з вогнетривкої пряжі на основі МА волокон (зразки 5-6). Так, якщо порівнювати зразки 5 та 6, то меншого розповсюдження полум'я та руйнації внутрішнього шару з МА пряжі під впливом краплеутворення внаслідок горіння РЕ ниток вдається досягти у разі зменшення щільності його в'язання. Цей факт слід враховувати при формуванні функціонального пакету трикотажних матеріалів для засобу індивідуального захисту, зовнішній шар якого забезпечуватиме високі показники стійкості до механічних ушкоджень (прокол, поріз і т.ін.) та разом з цим перешкоджатиме ураженню тіла людини внаслідок підвищених температурних впливів.

Двошарові проби, де верхній шар сформовано з трикотажного матеріалу з РА ниток, а внутрішній шар з пряжі з метаарамідних волокон (зразки 7 та 8), не мають залишкового горіння, після впливу полум'я лишається обуглена частина висотою 40 мм лише лицьового шару проби. При цьому внутрішній шар двошарового пакету матеріалів залишається неушкодженим. Таким чином двошарові пакети трикотажних матеріалів з РА ниток та МА пряжі (зразки 7 та 8), а також вироби заданої форми, вироблені платированим переплетенням з використанням РА ниток у якості платировочної нитки, а МА пряжі – у якості ґрунтової (зразок 1), можуть бути рекомендовані для виготовлення рукавиць та рукавичок як засобу індивідуального захисту з безпекою ураження вогнем.

Висновки. У ході дослідження вогнестійких властивостей розроблених зразків трикотажних матеріалів встановлено, що найкращого результату щодо захисту від дії полум'я вдається досягти у разі використання двошарового пакету матеріалів, в якому у якості зовнішнього шару використовується трикотажний матеріал з РА ниток, а у якості внутрішнього – з МА пряжі. Також продемонстровано позитивні результати у разі використання для виготовлення рукавиці, як суцільнов'язаного виробу для захисту рук платинованого переплетення, де у якості платировочної нитки використано РА нитки, а у

якості ґрунтової – МА пряжу.

На підставі одержаних результатів досліджень вогнестійкості запропоновані двошарові пакети трикотажних матеріалів з РА ниток та МА пряжі, а також вироби заданої форми, вироблені платированим переплетенням з використанням РА ниток у якості платировочної нитки, а МА пряжі – у якості ґрунтової, які можуть бути рекомендовані для виготовлення рукавиць та рукавичок як засобу індивідуального захисту з небезпекою ураження вогнем.

Список літературних джерел

1. Галавська Л.Є., Прохоровський А.С., Швиданенко О.А., Дмитрик О.М. Впровадження інноваційних технологій виготовлення речового майна військовослужбовців // Перспективні напрями наукових досліджень щодо технічного та тилового забезпечення національної гвардії України: збірник тез доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Харків, 30.04.2021 р.). Харків: НАНГУ, 2021. С. 5-8. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19037>
2. NIU, Ben, et al. Toward high-performance FR viscose/meta-aramid blended yarns enabled by vortex spinning driven core-sheath assembly. *Cellulose*, 2023, 1-13. DOI: 10.1007/s10570-023-05466-4
3. AHMED, Usman, et al. Improvement in Comfort Properties of Gloves for Fighter Jet Pilots. In: *International Conference of Applied Research on Textile and Materials*. Cham: Springer International Publishing, 2020, С. 172-181. DOI: 10.1007/978-3-031-08842-1_28
4. Галавська Л.Є., Дмитренко Л.А. Розробка асортименту трикотажних полотен, стійких до дії полум'я та дослідження їх вогнетривкості // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (м. Хмельницький, 10-11 жовтня 2019 р. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14554>
5. Галавська Л.Є., Боброва С.Ю., Дмитренко Л.А., Прохоровський А.С., Харченко Ю.М. Трикотажний матеріал для виготовлення термостійкої білизни військовослужбовців екіпажів бойових машин // *Індустрія моди*. Fashion Industry. 2022. № 3-4. С. 62-69. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/22923>
6. Галавська Л., Прохоровський А., Дмитренко Л., Швиданенко О. Дослідження

References

1. Halavska, L.Ye., Prokhorovskyy, A.S., Shvydanenko, O.A., Dmytryk, O.M. (2021). Vprovadzhennya innovatsiynykh tekhnolohiy vyhotovlennya rechovoho mayna viys'kovosluzhbovtiv [Implementation of innovative technologies for the production of material property of military personnel]. *Proceedings from Prospective directions of scientific research on technical and rear support of the National Guard of Ukraine: II Vseukrayins'ka naukovo-praktychna konferentsiya (30 kvitnya 2021 roku) – 2nd All-Ukrainian Scientific and Practical Conference*. (pp. 5-8). Kharkiv: NANGU [in Ukraine]. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19037>
2. NIU, Ben, et al. Toward high-performance FR viscose/meta-aramid blended yarns enabled by vortex spinning driven core-sheath assembly. *Cellulose*, 2023, p. 1-13. DOI: 10.1007/s10570-023-05466-4
3. AHMED, Usman, et al. Improvement in Comfort Properties of Gloves for Fighter Jet Pilots. In: *International Conference of Applied Research on Textile and Materials*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 172-181. DOI: 10.1007/978-3-031-08842-1_28
4. Halavska L.Ye., Dmytrenko L.A. Rozrobka asortymentu trykotazhnykh poloten, stiykykh do diy polum'ya ta doslidzhennya yikh vohnetryvkosti [Development of an assortment of flame-resistant knitted fabrics and research into their fire resistance]. *Proceedings from Resource-saving technologies of light, textile and food industry: Mizhnarodnai naukovo-praktychna konferentsiya molodykh vchenykh ta studentiv (10-11 zhovtnya 2019 r.) – International scientific and practical conference of young scientists and students*. (pp. 65-67). Khmel'nyts'ky: KhNU [in Ukraine]. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14554>
5. Halavska L.Ye., Bobrova S.Yu., Dmytrenko L.A., Prokhorovskyy A.S., Kharchenko Yu.M. (2022). Trykotazhnyy material dlya vyhotovlennya termostiynoyi bilyzni viys'kovosluzhbovtiv ekipazhiv boyovykh mashyn [Knitted material for the manufacture of heat-resistant underwear for the military of combat vehicle crews]. *Industriya modi*.

споживних властивостей вогнестійкого трикотажу для виготовлення елементів речового майна екіпажів бойової техніки // Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн технологій KyivTex&Fashion (м. Київ, 21 жовтня 2021 р.). Київ: КНУТД, 2021. С. 84-85. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19104>

7. Halavska, L., Ielina, T., Mikučionienė, D., Milašius, R., Bobrova, S. (2022, January). Development of knitwear for protection against increased thermal effects. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2430, No. 1, p. 030001). AIP Publishing LLC. DOI: 10.1063/5.0077005

8. Mikučionienė D Milašiūtė L & Milašius R 2014 Influence of Knits Structure on Flammability and Comfortability Autex Research Journal 4 226-232. DOI: 10.2478/aut-2014-0022

9. Mikučionienė D. et al 2012 Influence of Plain Knits Structure on Flammability and Air Permeability Fibres&Textiles in Eastern Europe 20 (5) 66-69. URL: <https://www.researchgate.net/publication/266137130>

10. ДСТУ EN 532-2001 "Одяг захисний. Захист від високої температури та полум'я. Метод випробування на обмеженість поширення полум'я (EN 532:1994, IDT)". [Чинний від 2001-12-28. Наразі не діє. Замінений на ДСТУ EN ISO 15025:2016]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2001. 14с.

11. ДСТУ EN ISO 15025:2016 "Одяг захисний. Захист від тепла та полум'я. Метод випробування на обмеженість поширення полум'я (EN ISO 15025:2002, IDT; ISO 15025:2000, IDT)". [Чинний від 2017-10-01. На заміну ДСТУ EN 532-2001]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2017. 18с.

12. Обладнання для виробництва робочої рукавички. Рукавичковий автомат для виробництва робочої рукавиці. URL: https://shd.com.ua/equipment_manufacturing_equipment. (дата звернення: 25.10.23).

13. ДСТУ EN 407:2005 "Засоби індивідуального захисту рук. Спеціальні рукавички для захисту від термічного впливу (тепла та/чи полум'я) (EN 407:2004, IDT)". [Чинний від 2007-04-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 14с.

– Fashion Industry, 3-4, 62-69 [in Ukraine]. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/22923>

6. Halavska L, Prokhorovskyy A., Dmytrenko L., Shvydanenko O. (2021)/ Doslidzhennya spozhyvnykh vlastyvostey vohnestykoho trykotazhu dlya vyhotovlennya elementiv rechovoho mayna ekipazhiv boyovoyi tekhniki [Research of consumption properties of fire-resistant knitwear for the production of items of material property of combat equipment crews] Proceedings from KyivTex&Fashion: V Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsia tekstylnykh ta feshn tekhnolohii (20 zhovtnya 2021 r.) – Vnd International scientific and practical conference of textile and fashion technologies. (pp. 84-85). Kyiv: Kyiv National University of Technologies and Design [in Ukraine]. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19104>

7. Halavska, L., Ielina, T., Mikučionienė, D., Milašius, R., & Bobrova, S. (2022, January). Development of knitwear for protection against increased thermal effects. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2430, No. 1, p. 030001). AIP Publishing LLC. DOI: 10.1063/5.0077005

8. Mikučionienė D Milašiūtė L & Milašius R 2014 Influence of Knits Structure on Flammability and Comfortability Autex Research Journal 4 226-232. DOI: 10.2478/aut-2014-0022

9. Mikučionienė D. et al 2012 Influence of Plain Knits Structure on Flammability and Air Permeability Fibres&Textiles in Eastern Europe 20 (5) 66-69. URL: <https://www.researchgate.net/publication/266137130>

10. DSTU EN 532-2001 Odiah zakhysnyi. Zakhyst vid vysokoi temperatury ta polum'ia. Metod vyprobuvannia na obmezhenist poshyrennia polum'ia [DSTU EN 532-2001 Protective clothing. Protection against high temperature and flame. Test method for limited flame spread]. (2001-2014) Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2001. 14p.

11. DSTU EN ISO 15025:2016 "Odiah zakhysnyi. Zakhyst vid tepla ta polum'ia. Metod vyprobuvannia na obmezhenie poshyrennia polum'ia [DSTU EN ISO 15025:2016 "Protective clothing. Protection against heat and flame. Test method for limited flame spread]. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2017. 18p.

12. Obladnannya dlya vyrobnytstva robochoyi rukavychky. Rukavychkovyy avtomat dlya vyrobnytstva robochoyi rukavytsi [Equipment for the production of work gloves. Glove machine for the production of working gloves]. shd.com.ua. URL: https://shd.com.ua/equipment_manufacturing_equipment [in Ukraine].

13. DSTU EN 407:2005 "Zasoby indyvidualnoho zakhystu ruk. Spetsialni rukavychky dlia zakhystu vid termichnoho vplyvu (tepla ta/chy polum'ia) [DSTU EN 407:2005 "Individual hand protection equipment. Special gloves for protection against thermal effects (heat and/or flame)]. Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine, 2007. 14p.