

ВАРДАНЯН А.О., ГАРАНІНА О.О., РЕДЬКО Я.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Дослідити вплив умов на ефективність фарбування та комплексні показники якості текстильних матеріалів з антибактеріальними властивостями на основі суміші волокон, призначених для виробів індивідуального захисту військовослужбовців.

Методи. У ході дослідження реалізовано розроблені технології фарбування бавовняно-поліестерних текстильних матеріалів. Проведено бібліометричний аналіз науково-технічної літератури. Визначення показників споживних характеристик розроблених зразків антибактеріальних текстильних матеріалів виконано у відповідності до стандартизованих методик текстильного матеріалознавства.

Головні результати. Обґрунтовано доцільність використання інтенсифікатора в процесі опорядження текстильних матеріалів. Подано результати експериментальних досліджень зазначених матеріалів: дані аналізу комплексних показників якості досліджуваних тканин, а саме гігієнічних показників та показників стійкості до фізико-хімічних впливів. Експериментально для кожного випробуваного зразка текстильного матеріалу визначено: гігроскопічність, паропроникність, повітропроникність, стійкість до мокрого та сухого тертя, стійкість до багаторазового прання. Обґрунтовано, що для створення антибактеріальних текстильних матеріалів розроблені матеріали повинні поєднувати високу гігроскопічність, повітро- і паропроникність з достатнім поглинанням вологи. За результатами досліджень гігієнічних та експлуатаційних показників розроблених зразків антибактеріальних текстильних матеріалів підтверджено високий рівень властивостей, які обґрунтовують доцільність їх використання для текстильних виробів військового призначення.

Наукова новизна. Визначено показники гігієнічних та експлуатаційних властивостей розроблених зразків антибактеріальних текстильних матеріалів на основі суміші поліестерних та бавовняних волокон, їх відповідність нормативним документам на методи випробування, що регламентують вимоги до текстильної продукції. Досліджено вплив інтенсифікатора на ефективність фарбування, а саме інтенсивність забарвлення, стійкості до прання, сухого та мокрого тертя.

Практична значимість. Використання інтенсифікатора із заданими антибактеріальними властивостями при фарбуванні тканин із суміші волокон забезпечує отримання зразків забарвлених текстильних матеріалів, призначених для виробів індивідуального захисту військовослужбовців з високими гігієнічними та експлуатаційними характеристиками.

Ключові слова: бавовняно-поліестерна тканина, інтенсифікатор, фарбування, забарвлення, показники якості.

INVESTIGATION OF COMPREHENSIVE QUALITY INDICATORS ANTIBACTERIAL TEXTILE MATERIALS

VARDANIAN A., HARANINA O., REDKO Y.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Purpose. To investigate the influence of conditions on the effectiveness of dyeing and comprehensive

indicators of the quality of textile materials with antibacterial properties based on a mixture of fibers intended for individual protection products of military personnel.

Methodology. *In the course of the research, the developed technologies for dyeing cotton-polyester textile materials were implemented. A bibliometric analysis of scientific and technical literature was carried out. Determination of indicators of consumer characteristics of developed samples of antibacterial textile materials was performed in accordance with standardized methods of textile materials science.*

Results. *The expediency of using an intensifier in the process of equipping textile materials is substantiated. The results of experimental studies of the specified materials are presented: data from the analysis of complex indicators of the quality of the investigated fabrics, namely hygienic indicators and indicators of resistance to physical and chemical influences. The hygroscopicity, vapor permeability, air permeability, resistance to wet and dry friction, resistance to repeated washing were determined experimentally for each tested sample of the textile material. It is substantiated that for the creation of antibacterial textile materials, the developed materials should combine high hygroscopicity, air and vapor permeability with sufficient moisture absorption. According to the results of research on the hygienic and operational indicators of the developed samples of antibacterial textile materials, a high level of properties was confirmed, which substantiates the expediency of their use for military textile products.*

Scientific novelty. *Indicators of hygienic and operational properties of developed samples of antibacterial textile materials based on a mixture of polyester and cotton fibers, their compliance with regulatory documents on test methods, which regulate requirements for textile products, were determined. The effect of the intensifier on the efficiency of dyeing, namely intensity of coloring, resistance to washing, dry and wet friction, was studied.*

Practical value. *The use of an intensifier with specified antibacterial properties when dyeing fabrics from a mixture of fibers ensures obtaining samples of dyed textile materials intended for individual protection products of military personnel with high hygienic and operational characteristics.*

Keywords: *cotton-polyester fabric, intensifier, dyeing, coloring, quality indicators.*

Вступ. В даний час у текстильній промисловості виникає необхідність у зниженні витрат на енергоресурси з одночасним підвищенням якості текстильних виробів для забезпечення її конкурентоспроможності на Вітчизняному та світовому ринку. Відомо, що інтенсифікувати процес фіксації барвників можливо введенням у фарбувальну ванну органічних розчинників. Досить обмежене використання органічних сполук для фарбування текстильних матеріалів пов'язане з жорсткими вимогами до інтенсифікаторів. Усі компоненти фарбувального розчину повинні бути мало летучими, без запаху, не викликати сильного набухання волокон. Крім того, необхідно, щоб речовина легко видалялася з волокна та біологічно розкладалася. У свою чергу застосування інтенсифікаторів передбачає високу економічну ефективність при мінімальній концентрації в фарбувальній ванні. У даному випадку вагомим результатом стане поєднання антибактеріальних властивостей розроблених інноваційних текстильних матеріалів з високими показниками якості,

комфорту, практичності та їх експлуатації.

Змішані тканини складу поліестер/бавовна знаходять широке застосування при виготовленні одягу, тому що вміст у тканинах синтетичних ниток підвищує міцнісні властивості, а використання натуральних волокон – комфорт [1, 2]. Фарбування змішаних бавовняно-поліестерних текстильних матеріалів ускладнене гідрофобністю поліестерних волокон, які недостатньо набухають у воді і ускладнюють проникнення барвника у волокно. Для полегшення дифузії барвника в поліестерні волокна доцільно проводити фарбування в присутності інтенсифікаторів (переносників) [1–4].

Розроблення технологій опорядження текстильних матеріалів для виготовлення вітчизняних зразків сучасного асортименту засобів індивідуального захисту військовослужбовців робить актуальним питання визначення комплексних показників якості, які забезпечують їх фізіолого-гігієнічні властивості при експлуатації. У роботі наводяться

результати дослідження і порівняльного аналізу гігієнічних та експлуатаційних властивостей тканих полотен, з яких потенційно можуть виготовлятися текстильні вироби військового призначення.

Аналіз попередніх досліджень.

Питанню створення антибактеріальних текстильних матеріалів приділяється особлива увага. Значна частина текстильних матеріалів обробляється біоцидами. Речовини з антимікробними властивостями, що використовуються для обробки текстилю (антибактеріальні агенти, біоциди, фунгіциди), можуть бути як органічними (наприклад, четвертинні амонієві сполуки, галаміни, полібігуаніди, триклозан, хітозан та біологічно активні сполуки рослинного походження), так і неорганічними (наночастинки та оксиди металів) [6–12].

При проведенні бібліометричного аналізу узагальнено наукові публікації за 2018 – 2023 роки. Зафіксовано збільшення кількості англomовних публікацій, присвячених антибактеріальному текстилю, та враховано світовий досвід публікаційної активності використання триклозану як активної антибактеріальної сполуки. Триклозан є відомим антибактеріальним

агентом, що відповідає вимогам ЄС та США щодо небезпеки токсичності та може бути використаний для обробки текстильних матеріалів [11, 12].

Для пошуку та дослідження публікаційної активності обрано три ключові слова чи словосполучення: антибактеріальний текстиль, триклозан та текстиль з триклозаном, що дозволяє оцінити актуальність обраного напрямку дослідження у світі (рис. 1) та в Україні (рис. 2) зокрема. Дані з Google Scholar за ключовими словами про антибактеріальний текстиль в англomовних публікаціях демонструють, що їх кількість невпинно зростає (рис. 1).

Антибактеріальні сполуки запобігають росту патогенних штамів бактерій, які можуть призводити до зміни колірних характеристик текстильних матеріалів, пошкодження волокон та утворення неприємного запаху, можуть спричиняти інфекційні захворювання шкіри. Потреба в антибактеріальних засобах зростає, особливо останнім часом через зниження ризику майбутніх пандемій та обізнаності громадськості щодо патогенів і резистентності бактерій до різних звичайних антибактеріальних препаратів. Бібліометричний аналіз показує, що

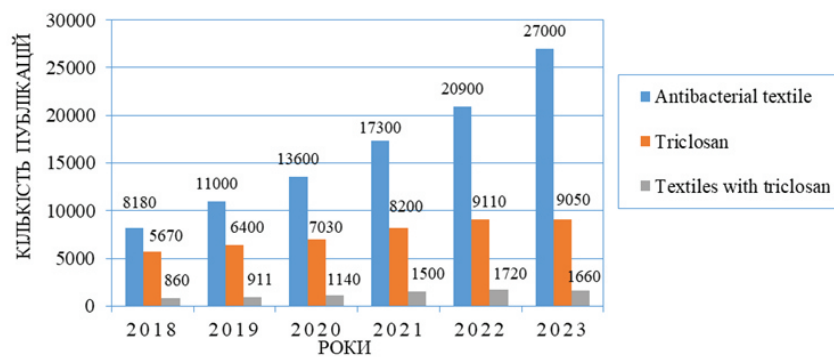


Рис. 1. Статистика англomовних наукових публікацій у Google Scholar

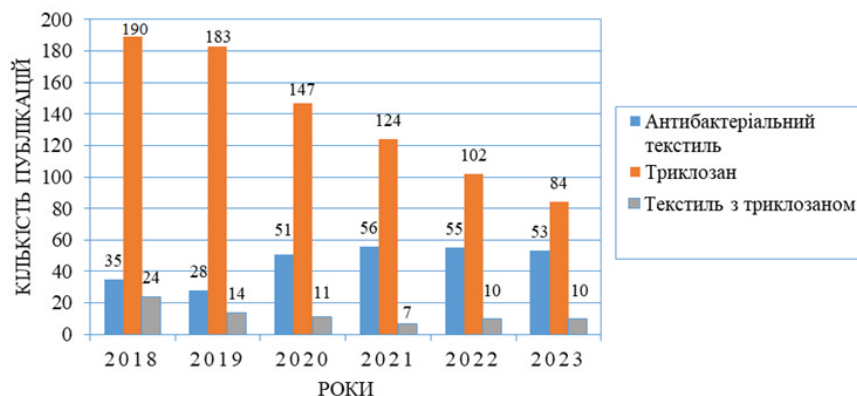


Рис. 2. Статистика українськомовних наукових публікацій у Google Scholar

загальна кількість англомовних публікацій про антибактеріальний текстиль у 2023 році становить 27 тис., що майже на 19 тис. публікацій більше у порівнянні з 2018 роком, що вказує на очевидну зацікавленість цим перспективним напрямом досліджень науковою спільнотою, який стрімко розвивається.

Постановка завдання. Аналіз наукових праць дозволяє зробити висновок, що в результаті досліджень за кількістю публікацій було виявлено, що серед вітчизняних науковців зацікавленість в даній тематиці є невисокою та щорічно зменшується, порівняно з приростом статей англомовних дослідників, що підкреслює вагому значимість та нагальну необхідність у розвитку та продовженні досліджень у даному напрямку. Таким чином, метод бібліометричного аналізу показав глобальний інтерес до обраного напрямку досліджень у науковців міжнародного рівня, який викликаний світовою пандемією COVID-19. Аналіз публікаційної активності в рамках загальної кількості україномовних публікацій показав незначне зацікавлення тематикою науковців, що виражено зменшенням кількості наукових статей щорічно. Використання триклозану як антибактеріального засобу є відомим [13], проте його застосування для обробки текстильних матеріалів у якості інтенсифікатора практично не досліджено. У зв'язку з цим доцільним є розробка технологій отримання антибактеріальних властивостей текстильних матеріалів у процесі опорядження [14], дослідження впливу умов на ефективність фарбування та комплексні показники їх якісних характеристик.

Методи дослідження. У роботі використано класичні методи хімічної технології текстильних матеріалів [1, 2]. Виготовлення зразків забарвлених текстильних матеріалів проводилося в навчально-науковій лабораторії «Експертизи текстильних матеріалів та виробів» у Київському національному університеті технологій та дизайну (КНУТД).

В якості сировинної бази використані текстильні матеріали із суміші волокон, а саме бавовняно-поліестерні тканини саржевого переплетення різних фірм-виробників.

Перший етап опорядження текстильних матеріалів включав підготовку текстильних матеріалів шляхом розмаслювання (для

вилучення апретів з поверхні текстильних матеріалів), вибілювання (за необхідністю). Другий етап полягав у безпосередньому фарбуванні текстильних матеріалів за двохванним способом. У якості барвників використовувались активні та дисперсні барвники. Процес здійснювався постадійно. При фарбуванні дисперсними барвниками використовувався продукт феніл-фенольного ряду – інтенсифікатор забарвлення (триклозан) для отримання нових, відмінних для вихідного зразка, властивостей, а саме, поглиблення кольору та надання антибактеріальних властивостей. Цей етап передбачає варіювання концентрацій барвника, інтенсифікатора та поверхнево-активної речовини.

В аналітично-дослідній випробувальній лабораторії «Текстиль-ТЕСТ» КНУТД, яка акредитована Національним Агентством з акредитації України відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 (ISO/IEC 17025:2017) проводились випробування гігієнічних (гігроскопічність, паро- і повітропроникність) та експлуатаційних (стійкість до тертя і багаторазового прання) властивостей забарвлених зразків антибактеріальних матеріалів.





Стойкість обробок до фізико-хімічних впливів, а також гігієнічні властивості текстильних матеріалів визначались за методиками, що передбачені чинними Державними стандартами України (ДСТУ ISO 105-A02 ДСТУ ISO 105-A03). А саме, стійкість до прання при 30°C (змінення фарбування проби/зафарбовування суміжної тканини) ДСТУ ISO 105-C06 – 4/4 бали, до поту (змінення фарбування проби/зафарбовування суміжної тканини) ДСТУ ISO 105-E04 – 4/4 бали.

Визначення повітропроникності проводили відповідно до ДСТУ ISO 9237:2003 (ISO 9237:1995, IDT). Метод визначення паропроникності та вологопоглинання визначали відповідно до ДСТУ ISO 4920:2005 Матеріали текстильні. Метод визначення опору до зволоження поверхні (випробування збризуванням) (ISO 4920:1981, IDT).

Результати дослідження і обговорення. На вітчизняному ринку для виготовлення засобів індивідуального захисту військовослужбовців використовують тканини різних виробників. Тому при обгрунтованому виборі матеріалів для вироблення якісної

Таблиця 1

Зразки бавовняно-поліестерних тканин, пофарбованих в різних умовах

№ з/п	Умови фарбування	Артикул, сировинний склад, %, країна-виробник	Поверхнева густина, г/м ²	Зовнішній вигляд зразка
1	Без інтенсифікатора. Фарбування: дисперсний барвник (темно-синій k) – 2 г/л; ПАР (ОС-20) – 2 г/л; активний барвник (яскраво-блакитний) - 2 г/л	Артикул 44769 Склад, %: бавовна – 53, поліестер – 47 Україна	222,0	
2	З інтенсифікатором: - інтенсифікатор (5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксі) фенол) – 2 г/л; Фарбування: дисперсний барвник (темно-синій k) – 2 г/л; ПАР (ОС-20) – 2г/л; активний барвник (яскраво-блакитний) - 2 г/л	Артикул 44769 Склад, %: бавовна – 53, поліестер – 47 Україна	222,0	
3	Без інтенсифікатора. Фарбування: дисперсний барвник (темно-синій k) – 2 г/л; ПАР (ОС-20) – 2г/л; активний барвник (яскраво-блакитний) - 2 г/л	Артикул 58270 Склад, %: поліестер – 80, бавовна – 20 Китай	200,0	
4	З інтенсифікатором: - інтенсифікатор (5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксі) фенол) – 3 г/л; Фарбування: дисперсний барвник (темно-синій k) – 2 г/л; ПАР (ОС-20) – 2г/л; активний барвник (яскраво-блакитний) - 2 г/л	Артикул 58270 Склад, %: поліестер – 80, бавовна – 20 Китай	200,0	
5	Без інтенсифікатора: Фарбування: дисперсний барвник (темно-синій k) – 2 г/л; ПАР (ОС-20) – 2г/л; активний барвник (яскраво-блакитний) - 2 г/л	Артикул 129940 Склад, %: поліестер – 65, бавовна – 35 Китай	160,0	
6	З інтенсифікатором: - інтенсифікатор (5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксі) фенол) – 3 г/л; Фарбування: дисперсний барвник (темно-синій k) – 2 г/л; ПАР (ОС-20) – 2г/л; активний барвник (яскраво-блакитний) - 2 г/л	Артикул 129940 Склад, %: поліестер – 65, бавовна – 35 Китай	160,0	
7	Без інтенсифікатора: Фарбування: дисперсний барвник (темно-синій k) – 2 г/л; ПАР (ОС-20) – 2г/л; активний барвник (яскраво-блакитний) - 2 г/л	Артикул 75834 Склад, %: поліестер – 65, бавовна – 35 Китай	250,0	
8	З інтенсифікатором: - інтенсифікатор (5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксі) фенол) – 3 г/л; Фарбування: дисперсний барвник (темно-синій k) – 2 г/л; ПАР (ОС-20) – 2г/л; активний барвник (яскраво-блакитний) - 2 г/л	Артикул 75834 Склад, %: поліестер – 65, бавовна – 35 Китай	250,0	

продукції військового призначення слід акцентувати увагу на порівняльному аналізі споживних властивостей і, в підсумку, зважати на їх показники. Для створення антибактеріальних текстильних матеріалів військового призначення розроблені матеріали повинні поєднувати гігроскопічність, повітро- і паропроникність з достатнім поглинанням вологи.

В якості об'єктів дослідження обрано 8 пофарбованих зразків тканин однакового сировинного складу, що відрізняються вмістом синтетичної складової, які вважаються перспективними для впровадження у розробку засобів для індивідуального захисту військових України.

Ефективність фарбування оцінювали за ступенем фіксації барвника на бавовняно-поліестерному текстильному матеріалі та інтенсивністю забарвлення.

Для візуалізації отриманих результатів в таблиці 1 наведено характеристики структури та зовнішній вигляд розроблених зразків бавовняно-поліестерної тканини, пофарбованих в різних умовах, зміна яких матиме істотний вплив на якісні показники, такі як стійкість забарвлення до сухого та мокрого тертя, прання та гігієнічності властивості.

Представлені у таблиці 1 зображення зазначених зразків демонструють зміни у зовнішньому вигляді в залежності від умов опорядження, пов'язаних із введенням чи відсутністю інтенсифікатора на стадії фарбування з одночасним наданням антибактеріальних властивостей текстильним матеріалам того чи іншого складу сировини для індивідуального захисту військовослужбовців.

Одержані результати дають можливість встановити вплив умов на ефективність фарбування бавовняно-поліестерних тканин дисперсними та активними барвниками з інтенсифікатором, введення якого істотно впливає на сорбцію барвника волоконним середовищем і, як наслідок, полегшує його дифузію в поліестерні волокна. Це підтверджується інтенсивністю та рівномірністю забарвлення, загальною помітно вираженою та насиченою колірною відмінністю отриманих зразків, що свідчить про більше проникнення та фіксацію барвника всередині текстильного матеріалу із суміші волокон. Таким чином, вищезазначене дозволяє зробити висновки, що фарбування бавовняно-поліестерних

тканин доцільно проводити у присутності інтенсифікатора.

З метою дослідження впливу умов фарбування на комплексні показники якості текстильних матеріалів з антибактеріальними властивостями розроблено ряд зразків за рецептурою, наведеною у таблиці 2.

Без обробки у мильно-содовому розчині. Артикул 75834

Гігроскопічність належить до основних показників фізичних властивостей тканин, які визначають її гігієнічність. Як відомо, гігроскопічність – це властивість тканини змінювати свою вологість в залежності від вологості й температури навколишнього середовища [15]. Цією властивістю повинні володіти, в першу чергу, тканини для білизни: вони повинні легко вбирати вологу, яку виділяє тіло людини, та випаровувати її в навколишнє середовище, підтримуючи тим самим тіло людини в гігієнічному стані.

Гігроскопічність тканин, трикотажу й нетканих матеріалів характеризується кількістю вологи, що втримується в них при певних атмосферних умовах і визначається шляхом висушування зразка матеріалу до постійної ваги. Внаслідок гігроскопічності текстильних волокон вага тканини, трикотажу й нетканих матеріалів змінюється у залежності від вологості. Найкращу гігроскопічність мають лляні та бавовняні тканини, а також тканини з штучного й натурального шовку. Це дозволяє використовувати такі тканини для білизни й легкого одягу [15].

Паропроникність, яка характеризує здатність полотен пропускати водяні пари із середовища з підвищеною вологістю в середовище з меншою вологістю, визначається багатьма чинниками (будовою, сировинним складом, завершальною обробкою матеріалів).

Повітропроникність – це здатність тканини пропускати повітря, що характеризується коефіцієнтом повітропроникності, який показує яка кількість повітря проходить через одиницю площі в одиницю часу при визначеній різниці тиску по обом сторонам матеріалу. Повітропроникність залежить від волокнистого складу, щільності та обробки тканини. Кращу повітропроникність мають тканини тонкі, не дуже щільні,

Таблиця 2

Характеристика зразків бавовняно-поліестерної тканини для випробувань

№ з/п	Умови фарбування	Характеристика зразків тканини
1	Зразок №1. Контрольний зразок незабарвлений, білого кольору Сировинний склад, %: поліестер – 65, бавовна – 35	Артикул 75834 Країна-виробник: Китай
2	Зразок № 2. Без попередньої обробки інтесифікатором. Фарбування дисперсним барвником: - дисперсний барвник (Novasil Navy NB-01) – 3 г/л; - поверхнево-активна речовина (ОС-20) – 2 г/л; - амоній оцтовокислий – 2% від маси зразка; - аміак – до рН 8–9; - триклозан (5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксі) фенол) – 3 г/л. З обробкою у мильно-содовому розчині.	Артикул 75834 Склад сировини, %: поліестер – 65, бавовна – 35 Поверхнева густина, г/м ² : 250 Країна виробник: Китай
3	Зразок № 3. Попередня обробка інтенсифікатором: - поверхнево-активна речовина (ОС-20) – 2 г/л; - триклозан (5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксі) фенол) – 3 г/л; Фарбування дисперсним барвником: - дисперсний барвник (Novasil Navy NB-01) – 3 г/л; - поверхнево-активна речовина (ОС-20) – 2 г/л; - амоній оцтовокислий – 2% від маси зразка; - аміак – до рН 8–9. З обробкою у мильно-содовому розчині.	Артикул 75834 Склад сировини, %: поліестер – 65, бавовна – 35 Поверхнева густина, г/м ² : 250 Країна виробник: Китай
4	Зразок № 4. Без попередньої обробки інтесифікатором. Фарбування дисперсним барвником: - дисперсний барвник (Novasil Navy NB-01) – 3 г/л; - поверхнево-активна речовина (ОС-20) – 2 г/л; - амоній оцтовокислий – 2% від маси зразка; - аміак – до рН 8-9; - триклозан (5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксі) фенол) – 3 г/л. Без обробки у мильно-содовому розчині.	Артикул 75834 Склад сировини, %: поліестер – 65, бавовна – 35 Поверхнева густина, г/м ² : 250 Країна виробник: Китай
5	Зразок № 5. Попередня обробка інтенсифікатором: - поверхнево-активна речовина (ОС-20) – 2 г/л; - триклозан (5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксі) фенол) – 3 г/л; Фарбування дисперсним барвником: - дисперсний барвник (Novasil Navy NB-01) – 3 г/л; - поверхнево-активна речовина (ОС-20) – 2 г/л; - амоній оцтовокислий – 2 % від маси зразка; - аміак – до рН 8-9. Без обробки у мильно-содовому розчині.	Артикул 75834 Склад сировини, %: поліестер – 65, бавовна – 35 Поверхнева густина, г/м ² : 250 Країна виробник: Китай

малоапретовані, гіршу – товсті, щільні, апретовані. Сорочкові та білизняні тканини повинні мати високі показники повітропроникності.

Комплексні показники якості текстильних матеріалів з антибактеріальними властивостями на основі суміші волокон, призначених для виробів індивідуального захисту військовослужбовців оцінювали за гігроскопічністю, паро- і повітропроникністю, стійкістю до прання, сухого і мокрого тертя.

В таблиці 3 наведені показники гігієнічних (гігроскопічність, паро- і повітропроникність) та експлуатаційних (стійкість до тертя і багаторазового прання) властивостей забарвлених зразків текстильних матеріалів (нумерація зразків співпадає з нумерацією в таблиці 2).

Результати випробувань демонструють, що експлуатаційні властивості бавовняно-поліестерної тканини, пофарбованої дисперсним барвником Novasil Navy NB-01 з концентрацією від 3 г/л з використанням інтенсифікатора феніл-фенольного типу,

Таблиця 3

Результати випробувань комплексних показників якості розроблених матеріалів

Найменування показника, одиниця виміру	Результат випробування	НД на метод випробування
Зразок № 1		
Гігроскопічність, % (при вологості 98%)	8,26 min 8,256 max 8,260	МВЛ 7.2-56 (ГОСТ 3816-2009, ІДТ)
Паропроникність, мг/см ² -годину	14,5 min 13,8 max 15,4	МВЛ 7.2-62 (ГОСТ 22900-78, ІДТ)
Повітропроникність, дм ³ /м ² ·с (перепад тиску 50Па)	40,6 min 33,3 max 45,8	ДСТУ ISO 9237:2003
Стойкість пофарбовання, бали: до прання при 60°C (С1М) *	5/5/5	ДСТУ ISO 105-A03:2005 ДСТУ ГОСТ ИСО 105-A01:2004 ДСТУ ISO 105-C06:2009
до дії сухого тертя	5	ДСТУ ISO 105-X12:2009
до дії мокрого тертя	5	
Зразок № 2		
Гігроскопічність, % (при вологості 98%)	4,19 min 4,12 max 4,253	МВЛ 7.2-56 (ГОСТ 3816-2009, ІДТ)
1	2	3
Паропроникність, мг/см ² -годину	15,7 min 15,1 max 16,6	МВЛ 7.2-62 (ГОСТ 22900-78, ІДТ)
Повітропроникність, дм ³ /м ² ·с (перепад тиску 50Па)	36,7 min 33,3 max 41,7	ДСТУ ISO 9237:2003
Стойкість пофарбовання, бали: до прання при 60°C (С1М) *	4/4-5/4	ДСТУ ISO 105-A03:2005 ДСТУ ГОСТ ИСО 105-A01:2004 ДСТУ ISO 105- C06:2009
до дії сухого тертя	5	ДСТУ ISO 105-X12:2009
до дії мокрого тертя	5	
Зразок № 3		
Гігроскопічність, % (при вологості 98%)	3,99 min 3,841 max 4,141	МВЛ 7.2-56 (ГОСТ 3816-2009, ІДТ)
Паропроникність, мг/см ² -годину	15,5 min 14,8 max 16,0	МВЛ 7.2-62 (ГОСТ 22900-78, ІДТ)
Повітропроникність, дм ³ /м ² ·с (перепад тиску 50Па)	35,9 min 30,6 max 41,7	ДСТУ ISO 9237:2003
Стойкість пофарбовання, бали: до прання при 60°C (С1М) *	4-5/4-5/4	ДСТУ ISO 105-A03:2005 ДСТУ ГОСТ ИСО 105-A01:2004 ДСТУ ISO 105-C06:2009
до дії сухого тертя	5	ДСТУ ISO 105-X12:2009
до дії мокрого тертя	5	
Зразок № 4		
Гігроскопічність, % (при вологості 98%)	8,92 min 8,874 max 8,969	МВЛ 7.2-56 (ГОСТ 3816-2009, ІДТ)
Паропроникність, мг/см ² -годину	14,9 min 13,7 max 15,5	МВЛ 7.2-62 (ГОСТ 22900-78, ІДТ)
Повітропроникність, дм ³ /м ² ·с (перепад тиску 50Па)	63,2 min 55,6 max 69,4	ДСТУ ISO 9237:2003
Зразок № 5		
Гігроскопічність, % (при вологості 98%)	9,12 min 9,024 max 9,211	МВЛ 7.2-56 (ГОСТ 3816-2009, ІДТ)
Паропроникність, мг/см ² -годину	14,5 min 14,0 max 15,0	МВЛ 7.2-62 (ГОСТ 22900-78, ІДТ)
Повітропроникність, дм ³ /м ² ·с (перепад тиску 50Па)	66,0 min 55,6 max 76,4	ДСТУ ISO 9237:2003

* зміна фарбування проби/зафарбування суміжної бавовняної тканини/
зафарбування суміжної поліестерної тканини

характеризуються високою стійкістю до багаторазового прання, сухого і мокрого тертя.

Застосування інтенсифікатора для отримання зразків забарвлених антибактеріальних текстильних полотен не погіршує паро- і повітропроникність. Зниження показника гігроскопічності у порівнянні з необробленим вихідним зразком від 8,26 % до 3,99 % вказує на присутність спеціального опорядження контрольного зразка виробником. Впровадження технології фарбування з інтенсифікатором антибактеріальної дії бавовняно-поліестерних текстильних матеріалів з високою стійкістю забарвлення до багаторазового прання та тертя вказує на високі показники міцності, що є необхідним при експлуатації виробів та є прямим свідченням збереження антибактеріального ефекту впродовж тривалого часу їх практичного використання. Обробка тканини емульсією інтенсифікатора перед фарбуванням не змінює значення показників стійкості забарвлення до фізичних (тертя) і хімічних впливів (багаторазового прання). Також можна спостерігати, що при більш високих концентраціях інтенсифікатора стійкість забарвлення до мокрого тертя покращується [14], що свідчить про полегшення дифузії та високий ступінь фіксації барвника всередині волокна.

Список літературних джерел

1. Глубіш П. А. Хімічна технологія текстильних матеріалів (Завершальне оброблення) : навч. посіб. Київ : Арістей, 2006. 304 с.
2. Тебляшкіна Л. І., Нездоровін В. П. Хімічна технологія текстильних матеріалів : навч. посіб. Хмельницький : ХНУ, 2015. 323 с.
3. Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety / ed. S. Jayaraman, P. Kiekens, A. M. Grancaric - Amsterdam Netherlands: IOS Press, 2006. – 147 p.
4. Advanced Textiles for Wound Care / ed. S.Rajendran - Cambridge England: Woodhead Publishing Limited, 2009. 360 p. URL: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-00217-3>
5. Morton W. E. Physical properties of textile fibres / W.E. Morton, J.W.S. Hearle - Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, 2008. 746 p.

Висновки. Встановлено вплив умов на ефективність фарбування та комплексні показники якості текстильних матеріалів з антибактеріальними властивостями на основі суміші волокон. Обґрунтовано доцільність використання інтенсифікатора в процесі опорядження текстильних матеріалів.

Подано результати експериментальних досліджень зазначених матеріалів і дані аналізу гігієнічних показників та показників стійкості до фізико-хімічних впливів у залежності від умов фарбування. Експериментально для кожного випробуваного матеріалу визначено: гігроскопічність, паропроникність, повітропроникність, стійкість до мокрого та сухого тертя, стійкість до багаторазового прання, що відповідають вимогам діючих нормативів. Проведені дослідження гігієнічних та експлуатаційних властивостей засвідчили високий рівень комплексних показників якості отриманих антибактеріальних текстильних матеріалів, що дозволяє рекомендувати їх для виготовлення виробів індивідуального захисту військовослужбовців.

References

1. Hlubish P. A. Khimichna tekhnolohiia tekstylnykh materialiv (Zavershalne obrobлення) : navch. posib. Kyiv : Aristei, 2006. 304 s.
2. Tebliashkina L. I., Nezdrovin V. P. Khimichna tekhnolohiia tekstylnykh materialiv : navch. posib. Khmelnytskyi : KhNU, 2015. 323 s.
3. Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety / ed. by S. Jayaraman (Editor), P. Kiekens (Editor), A. M. Grancaric (Editor). Netherlands : IOS Press, 2006. 160 p.
4. Advanced Textiles for Wound Care / ed. S.Rajendran. Cambridge : Woodhead Publishing Limited, 2009. 360 p. URL: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-00217-3>
5. Physical properties of textile fibres / ed. by W.E. Morton, J.W.S. Hearle. Cambridge : Woodhead Publishing Limited, 2008. 746 p.

6. Gulati R. Antimicrobial textile: recent developments and functional perspective [Electronic resource] / Rehan Gulati, Saurav Sharma, Rakesh Kumar Sharma // Polymer Bulletin. – 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03826-3>
7. Textiles impregnated with antimicrobial substances in healthcare services: systematic review [Electronic resource] / Guilherme Schneider [et al.] // Frontiers in Public Health. 2023. Vol. 11. URL: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1130829>
8. Highly Specialized Textiles with Antimicrobial Functionality—Advances and Challenges [Electronic resource] / Fulga Tanasa [et al.] // Textiles. 2023. Vol. 3, no. 2. P. 219–245. URL: <https://doi.org/10.3390/textiles3020015>
9. European Commission, Directorate-General for Health and Consumers, Opinion on triclosan antimicrobial resistance [Electronic resource] // European Commission. 2010. URL: <https://doi/10.2772/11162>
10. United States. Environmental Protection Agency. Office of Prevention, Pesticides And Toxic Substances. Reregistration eligibility decision: Triclosan, list B, case 2340 – Washington, D. C : Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, 2008. P. 98.
11. Матвейцова Д. С., Карван А. С., Параска О. А. Нанотехнології у виробництві текстильних матеріалів. Вісник Хмельницького національного університету. 2014. № 5. С. 55–60. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_tekh_2014_5_12
12. Шлапак О. С. Нанотехнології у текстильній промисловості. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. 2011. № 3. С. 107–112.
13. Comprehensive insight into triclosan—from widespread occurrence to health outcomes / M. Milanović et al. Environmental Science and Pollution Research. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17273-0>
14. Гараніна О. О., Редько Я. В., Варданян А. О., Романюк Є. О. Застосування інтенсифікатора з антибактеріальною дією при фарбуванні бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів. Індустрія моди. 2023 №. 1 С. 29–36. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/24294/1/IM_2023_N1_P029-036.pdf
15. Дрегуляс Е.П., Рибальченко В.В., Супрун Н.П. Текстильне матеріалознавство: навчальний посібник. К.: КНУТД, 2011. 430 с.
6. Gulati R., Sharma S., Sharma R. K. Antimicrobial textile: recent developments and functional perspective. Polymer Bulletin. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03826-3>
7. Textiles impregnated with antimicrobial substances in healthcare services: systematic review / G. Schneider et al. Frontiers in Public Health. 2023. Vol. 11. URL: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1130829>
8. Highly Specialized Textiles with Antimicrobial Functionality—Advances and Challenges / F. Tanasa et al. Textiles. 2023. Vol. 3, no. 2. P. 219–245. URL: <https://doi.org/10.3390/textiles3020015>
9. European Commission, Directorate-General for Health and Consumers, Opinion on triclosan antimicrobial resistance. European Commission, 2010. 56 p. URL: <https://doi/10.2772/11162>
10. United States. Environmental Protection Agency. Office of Prevention, Pesticides And Toxic Substances. Reregistration eligibility decision: Triclosan, list B, case 2340 – Washington, D. C : Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, 2008. 98 p.
11. Matveitsova D. S., Karvan A. S., Paraska O. A. Nanotekhnologii u vyrobnytsvi tekstylnykh materialiv. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. 2014. № 5. S. 55–60. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_tekh_2014_5_12
12. Shlapak O. S. Nanotekhnologii u tekstylnii promyslovosti. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnologii ta dyzainu. 2011. № 3. S. 107–112.
13. Comprehensive insight into triclosan—from widespread occurrence to health outcomes / M. Milanović et al. Environmental Science and Pollution Research. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17273-0>
14. Zastosuvannia intensyfikatora z antybakterialnoiu diieiu pry farbuvanni bavovnyano-poliefirnykh tekstylnykh materialiv / O. O. Haranina ta in. Fashion Industry. 2023. № 1. S. 29–36. URL: <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2023.1.2>
15. Drehulias E.P., Rybalchenko V.V., Suprun N.P. Tekstylne materialoznavstvo: navchalnyi posibnyk. K.: KNUVD, 2011. 430 s.