

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

Київський національний університет технологій та дизайну

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕНСИФІКАТОРА З АНТИБАКТЕРІАЛЬНОЮ ДІЄЮ ПРИ ФАРБУВАННІ БАВОВНЯНО-ПОЛІЕФІРНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Встановити вплив інтенсифікатора на колірні характеристики, показники міцності забарвлення та антибактеріальні властивості отриманих текстильних матеріалів у процесі фарбування.

Методи. Для підготовки та фарбування бавовняно-поліефірних тканин в роботі використано методи хімічної технології текстильних матеріалів. Дослідження стійкості забарвлення отриманих зразків текстильних матеріалів до прання (ДСТУ ISO 105-C06:2009), дії поту (ДСТУ ISO 105-E04:2009), до сухого та мокрого тертя (ДСТУ ISO 105X12:2009) проводили відповідно до стандартних методів випробування. У роботі застосовано спектральні методи досліджень. Антимікробна активність зразків визначалася методом зон пригнічення зростання тест-штамів мікроорганізмів.

Головні результати. Запропонований спосіб підтверджує доцільність використання обраного інтенсифікатора при фарбуванні бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів. Визначено концентрації інтенсифікатора при їх опорядженні. Встановлено вплив інтенсифікатора на інтенсивність забарвлення та його стійкість до фізико-хімічних чинників. Підтверджено антибактеріальну активність оброблених зразків текстильних матеріалів.

Наукова новизна. Доведено можливість фарбування бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів з використанням інтенсифікатора феніл-фенольного ряду з одночасним наданням антибактеріальних властивостей у процесі опорядження.

Практична значимість роботи полягає у тому, що проведені дослідження дозволяють оцінити вплив інтенсифікатора на колірні характеристики бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів. Результати випробувань оброблених зразків до фізико-хімічних чинників показують високі показники міцності забарвлення. Дослідження антибактеріальних характеристик підтверджує їх якісні властивості.

Ключові слова: інтенсифікатор, триклозан, фарбування, бавовняно-поліефірні текстильні матеріали.

APPLICATION OF INTENSIFIER WITH ANTIBACTERIAL EFFECT IN DYEING OF COTTON-POLYESTER TEXTILE MATERIALS

GARANINA O.O., REDKO Y.V., VARDANYAN A.O., ROMANIUK E.O.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose of the work is to establish the effect of the intensifier on the color characteristics, color fastness indicators and antibacterial properties of the obtained textile materials during the dyeing process.

Methodology. Methods of chemical technology of textile materials were used in the work for preparation and dyeing of cotton-polyester fabrics. The color fastness of the obtained samples of textile materials to washing (DSTU ISO 105-C06:2009), sweat (DSTU ISO 105-E04:2009), to dry and wet friction (DSTU

ISO 105X12:2009) was conducted in accordance with standard test methods. Spectral research methods are used in the work. The antimicrobial activity of the samples was determined by the method of zones of inhibition of the growth of test strains of microorganisms.

Results. The proposed method confirms the expediency of using the selected intensifier when dyeing cotton-polyester textile materials. Concentrations of the intensifier during their equipment were determined. The influence of the intensifier on the color intensity and its resistance to physicochemical factors was established. The antibacterial activity of the treated samples was confirmed.

Scientific novelty. The possibility of dyeing cotton-polyester textile materials using the intensifier of the phenyl-phenol series with the simultaneous provision of antibacterial properties during the furnishing process has been proven.

Practical value of the work lies in the fact that the conducted studies allow us to evaluate the influence of the intensifier on the color characteristics of cotton-polyester textile materials. The results of tests of processed samples for physico-chemical factors show high indicators of color fastness.

Keywords: intensifier, triclosan, dyeing, cotton-polyester textile materials.

Вступ.

Впродовж останніх років у текстильній промисловості широко розвивається напрямок функціоналізації текстильних матеріалів для надання нових властивостей. Одним з напрямків є антибактеріальна функціоналізація. Інтенсивний розвиток суспільства призвів до масового поширення вірусів та мікроорганізмів, викликав безліч епідемій та пандемій, таких як віспа, холера, туберкульоз, жовта лихоманка, іспанський грип та коронавірус [1-3].

Ефективним способом захисту людини від вірусів та шкідливих мікроорганізмів є використання захисних текстильних матеріалів. Споживачі зосередилися безпосередньо на медичних виробках, і, як наслідок, використання текстилю в галузі медицини, гігієни та охорони здоров'я стало значно ширшим завдяки новим протимікробним препаратам, функціональним волокнам, новим хімічним покриттям та технологіям. Текстильні матеріали, оброблені триклозаном, могли б стати гарною альтернативою при отриманні антибактеріальних характеристик текстильних виробів для медичних застосувань, таких як маски для обличчя, медичні халати та ранові пов'язки [3, 4]. Таким чином, доцільним є дослідження можливості використання триклозану у якості інтенсифікатора при фарбуванні текстильних матеріалів.

Аналіз попередніх досліджень.

Відомі дослідження удосконалення різних антимікробних складових при створенні текстильних матеріалів для захисту людини, що включають сполуки четвертинного амонію, триклозан, полібігуаніди, N-галаміни

та метали, такі як срібло та протимікробні речовини природного походження [1-5]. Існують різні методи для отримання антимікробної ефективності тканини.

Триклозан або 2,4,4'-трихлор-2'-гідроксифеніловий ефір є продуктом, що має антимікробну активність та за механізмом дії на мікроорганізми пригнічує їх ріст, впливаючи на біосинтез жирних кислот шляхом припинення біосинтезу ліпідів за допомогою реакції із залишками амінокислот ферментативно-активного центру всередині мембрани [5].

Одним із методів одержання антибактеріального текстильного матеріалу є обробка вибіленої бавовняної тканини триклозаном. В подальшому її піддавали дії полікарбонічних кислот, а саме: 1,2,3,4-бутантетракарбонічної і лимонної кислот як зшиваючих агентів для пролонгації антибактеріальних властивостей. Поверхня волокон, оброблених 1,2,3,4-бутантетракарбонічної кислоти, мала більшу площу зшивання, а поверхня тканин, під дією лимонної кислоти мала більшу кількість деформацій через механічні та хімічні впливи після 50 прань [6].

В роботі [7] доведено ефективність використання триклозану при наданні віскозно-поліефірним нетканним матеріалам антибактеріальних властивостей. Мета досягається при використанні методу сухого розпилення синтезованих мікросфер полілактиду з вмістом триклозану на неткані матеріали. Вміст триклозану в мікросферах коливався від 4,65 до 4,95 мас.%. Отримані антибактеріальні неткані матеріали були досліджені за допомогою методу вимірювання

зони інгібування, що мають антибактеріальні властивості Gram (+) – *Staphylococcus aureus* і Gram (-) – *Klebsiella pneumoniae* від 4 до 9 мм КУО більше, ніж 12 місяців [7].

Світовий досвід використання триклозану при опорядженні текстильних матеріалів підтверджується антимікробною здатністю триклозану на таких матеріалах як: поліефірні, поліамідні, поліакрилонітрильні та целюлозні [8].

Постановка завдання.

Широке використання в багатьох галузях отримали бавовняно-поліефірні текстильні матеріали [9, 10]. Використання даного асортименту матеріалів при виготовленні текстильних виробів пояснюється достатніми гігієнічними та високими міцнісними характеристиками. Надання бавовняно-поліефірним текстильним матеріалам спеціальних антибактеріальних властивостей забезпечить підвищений захист людини від патогенного впливу оточуючого середовища.

Текстильні матеріали, що містять в своєму складі поліефірні волокнисті системи, відрізняються щільною будовою. Це значно уповільнює дифузійні процеси, тому при фарбуванні таких текстильних матеріалів застосовуються високотемпературні способи фарбування (при температурі 130 – 140°C під тиском або термозольний спосіб з температурою вище 200°C). При температурах кипіння можна досягти лише світлих колірних відтінків. Для зниження щільності структури полімеру та отримання середніх та темних забарвлень при невисоких температурах розроблено процеси фарбування з використанням інтенсифікаторів (переносників) [11-13].

Таким чином, актуальним є дослідження процесу фарбування бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів з інтенсифікатором – 5-хлор-2(2,4-дихлорфенокси)фенолом, який має підтверджені антибактеріальні та антимікробні властивості широкого спектру дії. Використання даного компоненту в якості інтенсифікатора процесу фарбування текстильних матеріалів з поліефірною складовою дозволить не лише знизити температуру, але й виключити бактерицидну обробку на стадії заключного опорядження.

Методи дослідження. Для досліджень використовували сурову бавовняно-поліефірну тканину, що містить 53% поліефіру та 47% бавовни. Підготовка тканини до фарбування включала наступні операції:

розшліхтування, відварювання, вибілювання за стандартними методиками [14]. Перед фарбуванням зразки тканини попередньо обробляли емульсією триклозану (CAS: 3380-34-5) з диспергатором DTS 2 г/л (модуль ванни 10, концентрація інтенсифікатора 1 – 5 г/л, тривалість 1 год, температура 100°C).

Умови фарбування поліефірної складової тканини: модуль ванни 10; барвник дисперсний синій 2 BLN CAS: 12217-79-7 (1-3% мас.) (Hongda Chemical Industrial Co., Ltd, Китай); диспергатор DTS (2 г/л); оцтова кислота (CAS: 64-19-7) (1 г/л); тривалість 1 год; температура 100°C. Умови фарбування бавовняної складової тканини: модуль ванни 10; сіль кухонна (40 г/л); барвник активний синій V-RN (1,5-4 % мас.) (Yorkshire Farben GmbH, Німеччина); сода кальцинована (CAS: 497-19-8) (5 г/л); сода каустична (CAS: 1310-73-2) (2 г/л); тривалість 85 хвилин; температура 60°C. Умови фарбування бавовняної складової у всіх дослідах були незмінними.

Після фарбування зразки промивали в гарячій та холодній воді, а також проводили обробку в мильно-содовому розчині для видалення залишків незакріпленого барвника.

Оцінка колірних характеристик визначалася із застосуванням спектральних методів досліджень за допомогою спектрофотометру Daticolor 600, (Daticolor, USA).

Антимікробна активність зразків визначалася методом зон пригнічення зростання тест-штамів мікроорганізмів. Показником антимікробної активності матеріалів є зона затримки зростання тест-штамів (грампозитивних умовно-патогенних мікроорганізмів *Staphylococcus aureus* та грамнегативної кишкової палички *Escherichia coli*) навколо зразка випробуваного матеріалу.

Результати дослідження і обговорення .

Високотемпературні способи фарбування текстильних матеріалів, які містять поліефірну складову, становлять 130 – 140°C під тиском. Термозольний спосіб фарбування проводять при температурах вище 200°C [15, 16]. Використаний в роботі спосіб фарбування дозволить, щонайменше, знизити температурний режим на 30 – 40°C.

Для дослідження впливу інтенсифікатора із заданими властивостями на зміну колірних характеристик зразків текстильних матеріалів використовували три різні концентрації дисперсного барвника – 1%, 2% та 3% від маси текстильного матеріалу.

Для кожної концентрації барвника змінювали концентрацію інтенсифікатора від 1 до 5 г/л в робочій ванні при попередній обробці.

Використання сучасного колориметричного обладнання для обробки результатів

фарбування текстильних матеріалів вирішує питання витрат барвника, що є важливим з економічної точки зору та екологізації виробництва. Для аналізу впливу концентрації інтенсифікатора на колірні характеристики забарвлених зразків текстильних матеріалів

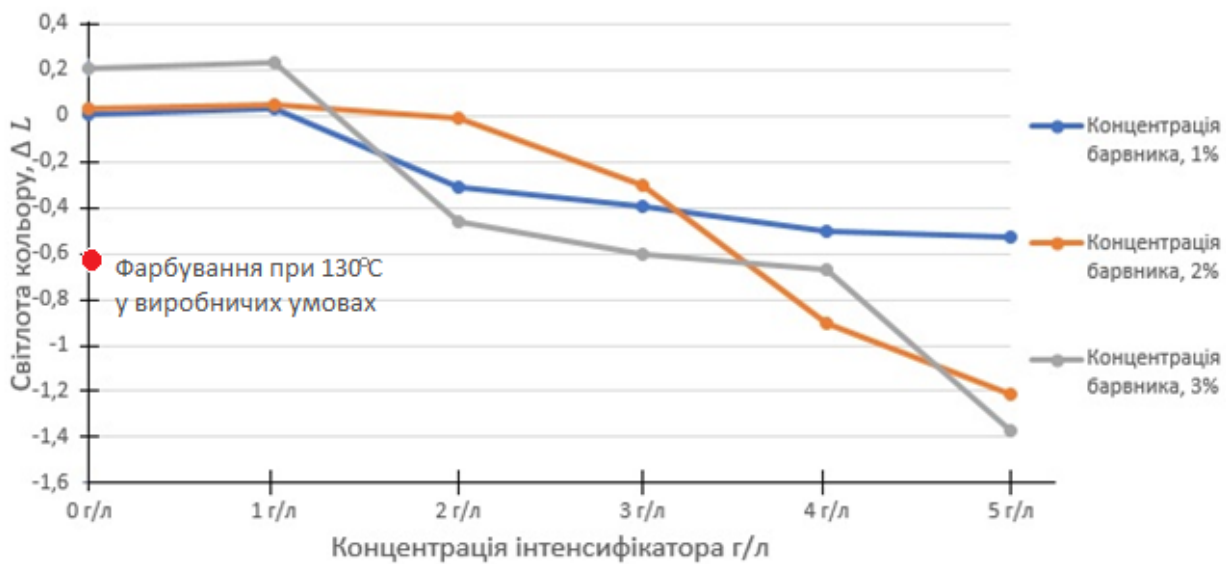


Рис. 1. Зміна показників світлоти ΔL в залежності від концентрацій інтенсифікатора

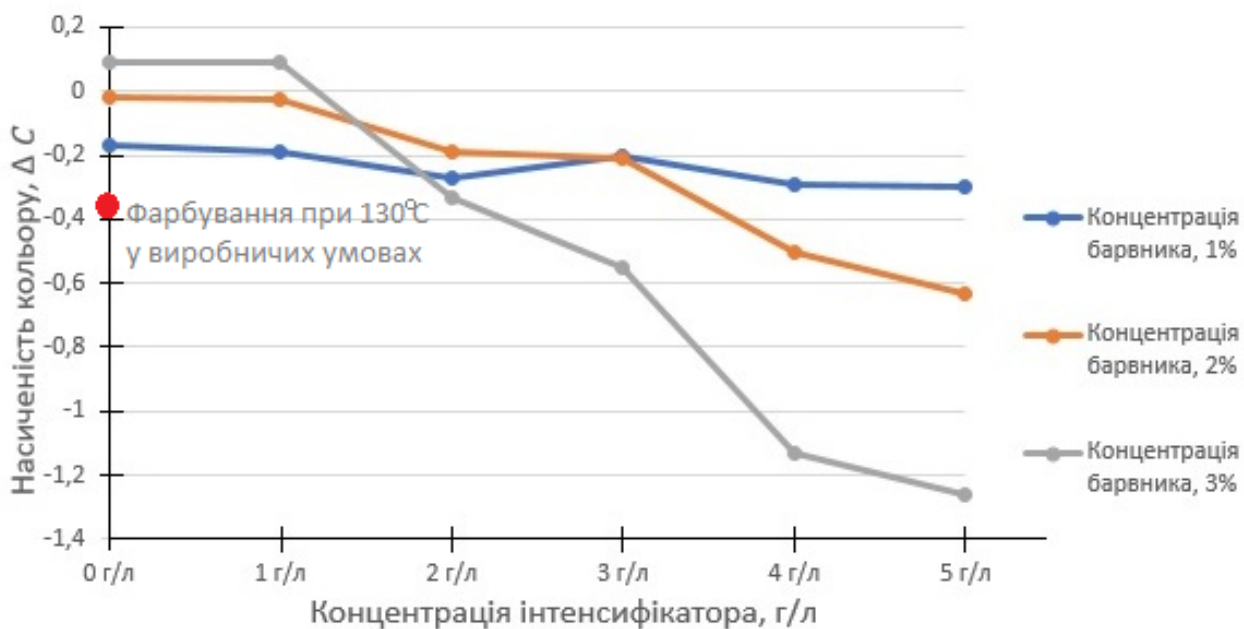


Рис. 2. Зміна показників насиченості ΔC в залежності від концентрацій інтенсифікатора

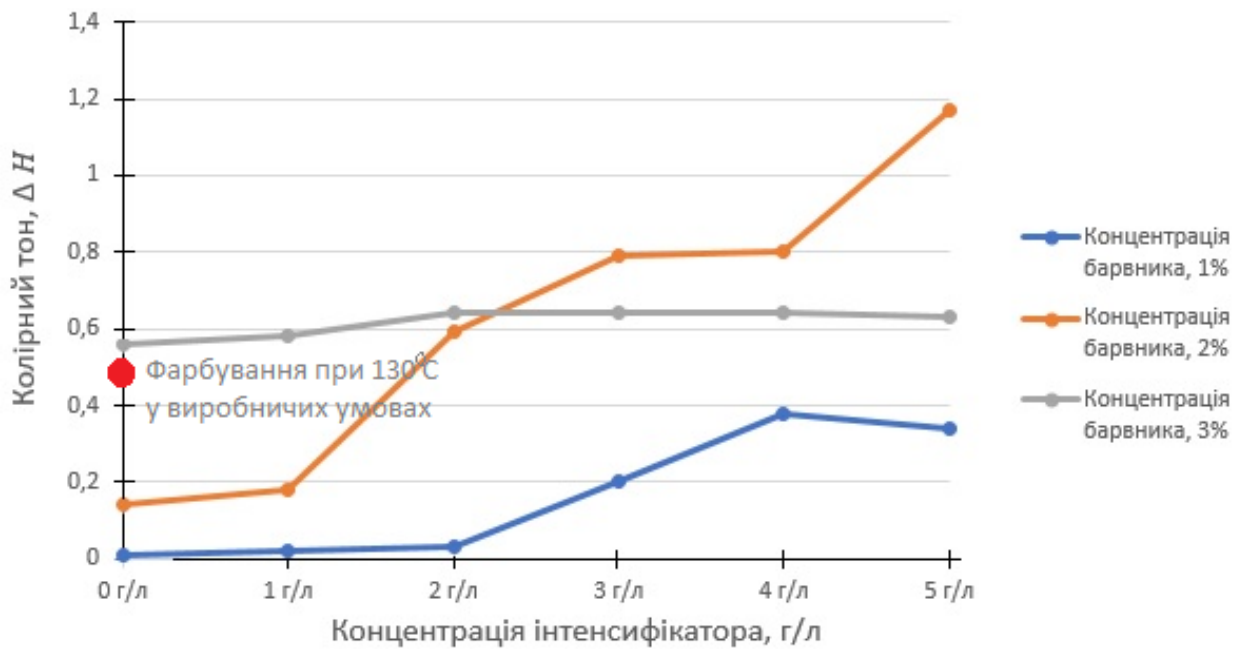


Рис. 3. Зміна показників колірної тонації ΔH в залежності від концентрацій інтенсифікатора

були розглянуті показники зміни світлоти (рис. 1), насиченості (рис. 2), колірної тонації (рис. 3) та загальної колірної відмінності (рис. 4).

Аналіз рисунків показує, що збільшення концентрації триклозану впливає на інтенсивність забарвлення всіх зразків

текстильних матеріалів. Зниження світлоти характеризує отримання більш глибокого забарвлення текстильних полотен. Як видно з рис. 1 для зразків, які забарвлені з концентрацією барвника 1% та 3% від маси текстильного матеріалу, зниження світлоти

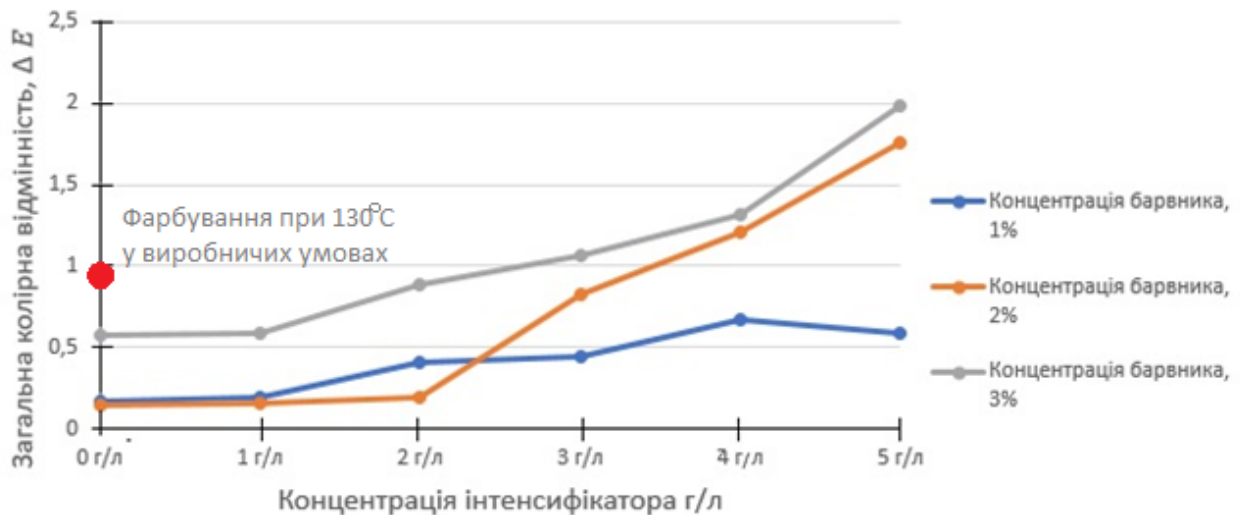


Рис. 4. Зміна показників загальної колірної відмінності ΔE в залежності від концентрацій інтенсифікатора

при концентрації інтенсифікатора 3 г/л в подальшому відбувається більш повільно. При концентрації 2% зниження світлоти відбувається більш стрімко.

Величина насиченості кольору досліджуваних зразків дає змогу оцінити колориметричну чистоту. При збільшенні концентрації інтенсифікатора понад 2 г/л відбувається стрімке насичення кольору. Вплив

триклозану більшою мірою проявляється при фарбуванні текстильних матеріалів в темні тони (концентрація барвника 2% і 3%) і меншою – для низької концентрації барвника. Зразки, забарвлені при 100°C з використанням триклозану (концентрацією від 2 г/л), мали більш інтенсивне забарвлення порівняно зі зразками, отриманими при високотемпературному фарбуванні (130°C) без триклозану.

Як відомо, при експлуатації текстильні матеріали підлягають впливу зовнішніх факторів: дії світла, вологи, температури, механічних зусиль та різних хімічних реагентів. Під їх впливом відбуваються фізико-хімічні зміни в структурі барвників, порушення міцності їх зв'язку з волокнами. Це призводить до незворотних змін колірних характеристик та якості текстильного матеріалу. Отже, дослідження стійкості забарвлення отриманих зразків текстильних матеріалів до прання (ДСТУ ISO 105-C06:2009), дії поту (ДСТУ ISO 105-E04:2009), до сухого та мокрого тертя (ДСТУ ISO 105X12:2009) проводили відповідно до стандартних методів випробування.

Усі зразки мають високі показники стійкості забарвлень: до дії мила та поту 4 – 5 балів, до сухого та мокрого тертя 4 бали за п'ятибальною шкалою сірих еталонів.

При концентраціях інтенсифікатора 4 г/л та 5 г/л стійкість забарвлення зразків дещо збільшується у порівнянні зі зразками, обробленими без інтенсифікатора при температурі 130°C. Стійкість до сухого та мокрого тертя при цьому становить 3 – 4 бали. Отже, інтенсифікатор дозволяє барвнику глибше проникати у структуру волокон.

Для дослідження антибактеріальних властивостей були обрані 2 зразки текстильних матеріалів, які обробляли перед фарбуванням емульсією триклозану з концентраціями 2 г/л та 3 г/л після 5 прань. Фактичні показники для концентрації триклозану 2 г/л за результатами

досліджень від золотистого стафілококу – 49 мм та кишкової палички – 36 мм. Для концентрації триклозану 3 г/л за результатами досліджень від золотистого стафілококу – 46 мм та кишкової палички – 34 мм. Таким чином, підтверджено антибактеріальну активність оброблених зразків. Введення триклозану з концентрацією 2 г/л є достатнім для отримання якісних антибактеріальних характеристик забарвлених зразків бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів.

Висновки.

Запропонований спосіб підтверджує доцільність використання обраного інтенсифікатора при фарбуванні бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів. Визначено концентрації інтенсифікатора при їх опорядженні. Фарбування бавовняно-поліефірного текстильного матеріалу з використанням в якості інтенсифікатора триклозану дозволяє знизити температуру фарбування до 100°C. Застосування концентрацій триклозану при опорядженні текстильних матеріалів перед фарбуванням від 1 г/л до 5 г/л підвищує інтенсивність забарвлення, що особливо впливає на отримання глибоких та насичених колірних характеристик. При концентраціях інтенсифікатора 4 г/л та 5 г/л стійкість забарвлення до фізико-хімічних впливів підвищується, отже, інтенсифікатор дозволяє барвнику глибше проникати у структуру волокон. Введення триклозану у кількості 2 г/л є достатнім для отримання якісних антибактеріальних характеристик забарвлених текстильних матеріалів.

Таким чином, встановлено вплив інтенсифікатора на інтенсивність забарвлення та його стійкість до фізико-хімічних чинників. Підтверджено ефективне застосування інтенсифікатора з антибактеріальною дією при фарбуванні бавовняно-поліефірних текстильних матеріалів.

Список літературних джерел

1. Школа І. Використання інструменту VOSviewer для аналізу статей у БД Pubmed з тематики емерджентних інфекцій / М. Андрійчук, А. Петруньок // Український науково-медичний молодіжний журнал. – 2022. – Т. 134, № 4. – С. 53-61. [https://doi.org/10.32345/USMJ.4\(134\).2022.53-61](https://doi.org/10.32345/USMJ.4(134).2022.53-61)
2. Комісаренко С. В. Стан біобезпеки в Україні та шляхи її поліпшення: Стенограма доповіді на засіданні Президії НАН України

References

1. Shkola, I., Andriichuk, M., Petruniok, A. (2022). Vykorystannia instrumentu VOSviewer dlia analizu statei u BD Pubmed z tematyky emerdzhentnykh infektsii [Using vosviewer to analyze articles, indexing in pubmed database, about emerging infections]. Ukrainskyi naukovomedychnyi molodizhnyi zhurnal - Ukrainian Scientific Medical Youth Journal, 134, 4, 53–61 [in Ukrainian]. URL: [https://doi.org/10.32345/usmj.4\(134\).2022.53-61](https://doi.org/10.32345/usmj.4(134).2022.53-61)

- 13 квітня 2022 року / С. В. Комісаренко // Вісник Національної академії наук України. – 2022. – № 6. – С. 53–58. <https://doi.org/10.15407/visn2022.06.053>
3. Orhan M. Triclosan applications for biocidal functionalization of polyester and cotton surfaces. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2020. Vol. 15. - P. 155892502094010. URL: <https://doi.org/10.1177/1558925020940104>
4. Zhang Y. Eco-friendly versatile protective polyurethane/triclosan coated polylactic acid nonwovens for medical covers application / T. Li, B. Shiu, F. Sun, H. Ren, X. Zhang et al. // *Journal of Cleaner Production*. - 2021. - Vol. 282. - P. 124455. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124455>
5. Ahmed F. Developments in Health Care and Medical Textiles - A Mini Review-1 / F. Ahmed, I. Shaikh, T. Hussain, I. Ahmad, S. Munir, M. Zameer // *Pakistan Journal of Nutrition*. - 2014. - Vol. 13, № 12. - P. 780–783. URL: <https://doi.org/10.3923/pjn.2014.780.783>
6. Orhan M. Improving the antibacterial activity of cotton fabrics finished with triclosan by the use of 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid and citric acid / M. Orhan, D. Kut, C. Gunesoglu // *Journal of Applied Polymer Science*. - 2009. - Vol. 111, № 3. - P. 1344–1352. URL: <https://doi.org/10.1002/app.25083>
7. Karaszewska A. Preparation and properties of textile materials modified with triclosan-loaded polylactide microparticles / A. Karaszewska, I. Kamińska, M. Kiwała, M. Gadzinowski, M. Gosecki, S. Slomkowski // *Polymers for Advanced Technologies*. - 2017. - Vol. 28, № 9. - P. 1185–1193. URL: <https://doi.org/10.1002/pat.4030>
8. Rahman Md.M. Finishes for Textile Scientific Research / Md.M. Rahman, R. Chakma, Md. Arifuzzaman // *North American Academic Research*. - 2022. - Vol. 5, № 1. - P. 115-127. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6013609>
9. Subramanian K. An overview of cotton and polyester, and their blended waste textile valorisation to value-added products: A circular economy approach – research trends, opportunities and challenges / K. Subramanian, M.K. Sarkar, H. Wang, Z.H. Qin, S.S. Chopra, M. Jin, V. Kumar et al. // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. - 2021. - P. 1–22. URL: <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1966254>
2. Komisarenko, S.V. (2022). Stan biobezpeky v Ukraini ta shliakhy yii polipshennia: Stenohrama dopovidi na zasidanni Prezydii NAN Ukrainy 13 kvitnia 2022 roku [The state of biosafety in Ukraine and ways to improve it: Transcript of the report at the meeting of the Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine on April 13, 2022] *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy - Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 6, 53–58 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/visn2022.06.053>
3. Orhan M. (2020). Triclosan applications for biocidal functionalization of polyester and cotton surfaces Vol. 15, 155892502094010 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1177/1558925020940104>
4. Zhang, Y., Li, T., Shiu, B., Sun, F., Ren, H., Zhang, X., et al. (2021). Eco-friendly versatile protective polyurethane/triclosan coated polylactic acid nonwovens for medical covers application. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 282, 124455 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124455>
5. Ahmed, F., Shaikh, I., Hussain, T., Ahmad, I., Munir, S., Zameer, M. (2014). Developments in Health Care and Medical Textiles - A Mini Review-1. *Pakistan Journal of Nutrition*, Vol. 13, 12, 780–783 [in English]. URL: <https://doi.org/10.3923/pjn.2014.780.783>
6. Orhan, M., Kut, D., Gunesoglu, C. (2009) Improving the antibacterial activity of cotton fabrics finished with triclosan by the use of 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid and citric acid. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 111, 3, 1344–1352 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1002/app.25083>
7. Karaszewska, A., Kamińska, I., Kiwała, M., Gadzinowski, M., Gosecki, M., Slomkowski S. (2017). Preparation and properties of textile materials modified with triclosan-loaded polylactide microparticles. *Polymers for Advanced Technologies*, Vol. 28, 9, 1185–1193 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1002/pat.4030>
8. Rahman, M.Md., Chakma, R., Arifuzzaman Md. (2022). Functional Antimicrobial Finishes for Textile Scientific Research. *North American Academic Research*, Vol. 5, 1, 115-127 [in English]. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6013609>
9. Subramanian, K., Sarkar, M.K., Wang, H., Qin, Z.H., Chopra, S.S., Jin, M., Kumar, V. et al. (2021). An overview of cotton and polyester, and their blended waste textile valorisation to value-

10. Bensah E.C. Chemical Pretreatment Methods for the Production of Cellulosic Ethanol: Technologies and Innovations / E.C Bensah., M. Mensah // International Journal of Chemical Engineering. - 2013. - Vol. 2013. - P. 1–21. URL: <https://doi.org/10.1155/2013/719607>
11. Konovalova M.V. Surface modification and dyeing of polyester fibres using magnetically activated aqueous solutions / M.V. Konovalova, Y.M. Rabaeva // Fibre Chemistry. - 2007. - Vol. 39, № 4. - P. 318–321. URL: <https://doi.org/10.1007/s10692-007-0070-3>
12. Zheng L. Dyeing Procedures of Polyester Fiber in Supercritical Carbon Dioxide Using a Special Dyeing Frame / L. Zheng, H Zheng, B. Du, J. Wei, S. Gao, J. Zhang // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. - 2015. - Vol. 10, №. 4. - P. 155892501501000. URL: <https://doi.org/10.1177/155892501501000414>
13. Mohaddes F. Improving the colour fastness of dyed nylon-6 fabric by graft copolymerisation and curing of acrylic acid / F. Mohaddes, S. Fergusson, L. Wang // Coloration Technology. - 2016. - Vol. 132, № 3. - P. 249–254. URL: <https://doi.org/10.1111/cote.12211>
14. Тебляшкіна Л.І. Хімічна технологія текстильних матеріалів : навч. посіб. / Л.І. Тебляшкіна, В.П. Нездоровін. - Хмельницький: ХНУ, 2015. - 323 с.
15. Ro D.K. A Study on the One Bath One Step Thermosol Dyeing of Polyester/Cotton Blended Fabrics / D.K. Ro // Textile Coloration and Finishing. - 2008. - Vol. 20, № 1. - P. 16–21. URL: <https://doi.org/10.5764/tcf.2008.20.1.016>
16. Jamaliniya S. Using low temperature plasma for surface modification of polyester fabric: dyeing and printing improvement / S. Jamaliniya, N. Samei, S. Shahidi // The Journal of The Textile Institute. - 2019. Vol. 110, № 5. - P. 647–651. URL: <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1569366>
17. Saha N. Antimicrobial textile materials: their healthcare benefits and management / N. Saha, N. Saha, T. Saha, P. Saha // Antimicrobial Textiles from Natural Resources. - 2021. - P. 377–396. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821485-5.00018-4>
- added products: A circular economy approach – research trends, opportunities and challenges. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 1–22 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1966254>
10. Bensah, E.C., Mensah, M. (2013). Chemical Pretreatment Methods for the Production of Cellulosic Ethanol: Technologies and Innovations. International. Journal of Chemical Engineering, Vol. 2013, 1–21 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1155/2013/719607>
11. Konovalova, M.V., Rabaeva, Y.M. (2007). Surface modification and dyeing of polyester fibres using magnetically activated aqueous solutions. Fibre Chemistry, Vol. 39, 4, 318–321 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1007/s10692-007-0070-3>
12. Zheng, L., Zheng, H., Du, B., Wei, J., Gao, S., Zhang J. (2015). Dyeing Procedures of Polyester Fiber in Supercritical Carbon Dioxide Using a Special Dyeing Frame. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Vol. 10, 4, 155892501501000 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1177/155892501501000414>
13. Mohaddes, F., Fergusson, S., Wang, L. (2016). Improving the colour fastness of dyed nylon-6 fabric by graft copolymerisation and curing of acrylic acid. Coloration Technology, Vol. 132, 3, 249–254 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1111/cote.12211>
14. Tebliashkina, L.I. & Nezdorovin, V.P. (2015). Khimichna tekhnolohiia tekstylnykh materialiv [Chemical technology of textile materials]. Khmelnytskyi: KhNU [in Ukrainian].
15. Ro, D.K. (2008). A Study on the One Bath One Step Thermosol Dyeing of Polyester/Cotton Blended Fabrics. Textile Coloration and Finishing, Vol. 20, 1, 16–21 [in English]. URL: <https://doi.org/10.5764/tcf.2008.20.1.016>
16. Jamaliniya, S., Samei, N., Shahidi, S. (2019). Using low temperature plasma for surface modification of polyester fabric: dyeing and printing improvement. The Journal of The Textile Institute, Vol. 110, 5, 647–651 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1569366>
17. Saha, N., Saha, N., Saha, T., Saha, P. (2021). Antimicrobial textile materials: their healthcare benefits and management. Antimicrobial Textiles from Natural Resources, 377–396 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821485-5.00018-4>