

Саме тому необхідне детальне дослідження оперативної та технічної готовності пожежних підрозділів, а також оснащеності гарнізони сучасними зразками техніки та обладнанням та їх застосування в комплексі під час розподілу ПА і виведення системи підтримки прийняття рішень у даній галузі на новий якісний рівень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kannisto, P. Information Exchange Architecture for Collaborative Industrial Ecosystem /P. Kannisto, D. Hästbacka, A. Marttinen / Inf Syst Front. 2023. Vol. 22, Pp. 655–670. Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s10796-018-9877-0>.

2. С.В. Рудаков, О.О. Приймак. Модель підтримки управління розподілом пожежних автомобілів у гарнізонах України. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, курсантів, аспірантів «Наука про цивільний захист як шлях встановлення молодих вчених. – Черкаси. ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. С.210-212.

УДК 614.8

ВОГНЕЗАХИСНІ ТКАНИНИ: ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ

О.Б. Скородумова, д.т.н., професор, проф. каф., НУЦЗ України

Я.М. Гончаренко, к.т.н., старш. викл. каф., НУЦЗ України

Н.М. Лисак, аспірант, НУЦЗ України

Пожежі та інші надзвичайні ситуації є одними з основних ризиків на виробництвах, у будівництві, на транспорті та в умовах військових дій. Підвищення вимог до безпеки в різних галузях виробництва і сферах повсякденного життя обумовлює актуальність розробки вогнестійких текстильних матеріалів, здатних витримувати екстремальні умови, зокрема, високу температуру та відкритий вогонь. Вдосконалення технологій та матеріалів для створення вогнестійких тканин спрямовано значно підвищити рівень безпеки персоналу та мінімізувати ризики пошкодження майна та устаткування.

З кожним роком розширюються сфери застосування вогнестійких тканин. Вогнезахисний одяг, виготовлений з відповідних тканин, є важливою складовою захисту робітників, зайнятих на виробництві, особливо у металургійних, нафтохімічних і хімічних галузях, що працюють в умовах впливу високих температур, іскор, вибухонебезпечних середовищ, тощо [1]. Нові вогнестійкі матеріали використовуються для створення більш легких і ефективних форм обмундирування військовослужбовців, поліцейських, пожежників і медичних працівників. Сьогодні застосування вогнестійких матеріалів поширилося на транспорт (для внутрішніх оздоблень в автомобілях, літаках та поїздах), готелі, громадські місця і житлові приміщення (текстиль для інтер'єрів із вогнестійкими властивостями стає необхідним для підвищення

пожежної безпеки). Використання вогнестійких текстильних матеріалів у будівництві та оздобленні стає необхідним для запобігання масштабним пожежам.

Традиційні вогнезахисні тканини, попри їх ефективність, можуть мати ряд недоліків, таких як жорсткість, дискомфорт під час носіння, або зниження ефективності після прання [2]. Новітні розробки спрямовані на створення тканин, які зберігають свої вогнестійкі властивості після багаторазового використання, забезпечують кращу повітропроникність, легкість та комфорт [3-5].

При виробництві вогнезахисних матеріалів необхідно враховувати екологічні стандарти та вимоги. Сучасні тенденції спрямовані на зниження використання токсичних хімікатів та матеріалів у текстильній промисловості [6].

Існує декілька стратегій виготовлення вогнестійких тканин:

1. Використання спеціальних волокон, які мають природні вогнестійкі властивості [1]. Ароматичні поліаміди (араміди) та модакрилові волокна [7] стійкі до високих температур і зберігають свої властивості навіть після тривалого використання. Kevlar® DuPont™ – це термостійке пара-арамідне синтетичне волокно з молекулярною структурою багатьох міжланцюгових зв'язків, які роблять Kevlar® неймовірно міцним. Nomex®, Twaron® і Kermel® виготовлено із арамідних волокон. Модакрилові волокна — це клас синтетичних кополімерів, виготовлених з акрилонітрилу та інших мономерів, таких як вінілхлорид. Модакрилові волокна широко використовуються у виробництві одягу для промислових робітників, військового спорядження та предметів домашнього вжитку завдяки їхній стійкості до вогню, сонячного світла та хімічних речовин.

Керамічні (неорганічні) волокна не горючі і можуть зберігати свою фізичну міцність, а отже, і структуру при дуже високих температурах (>1000°C). Керамічні вогнетриві все частіше використовуються як наповнювачі в матрицях з органічних смол для високоефективних вогнетривких композитів [8].

2. Використання хімічної обробки. Для деяких тканин застосовують обробку хімічними речовинами, що збільшують термостійкість, стійкість до окислення та механічну міцність тканин [9, 10]. Це може включати покриття тканин фосфорвмісними або азотовмісними сполуками, які при нагріванні утворюють захисний шар, що блокує доступ кисню і запобігає горінню [11].

Для обробки тканин часто використовуються хімічні реактиви, такі як поліфосфат амонію або антипірени на основі бромідних сполук. Ці речовини підвищують термостійкість тканин і перешкоджають їх займанню [12].

Авторами [13] проаналізовано стратегії подовження довговічності вогнестійкості тканин: (1) утворення ковалентних зв'язків, (2) утворення сіток зшивання, (3) утворення нерозчинних у воді продуктів, (4) використання адгезивних шарів, (5) побудова гідрофобних шарів та (6) інтеркаляція антипіренів у волокна. Узагальнено та розглянуто принципи проектування,

методології та існуючі проблеми різних стратегій виготовлення для надання тривалої вогнестійкості.

3. Нанотехнології. Наноматеріали забезпечують вищий рівень захисту, зменшуючи вагу тканин і покращуючи їх гнучкість. Прикладом є нанопокриття на основі графену, які демонструють високу стійкість до займання.

Використання графенових наноплівочок або вуглецевих нанотрубок для покриття тканин дозволяє значно підвищити термостійкість та зменшити теплопровідність. Це покращує захист від теплових ударів і підвищує загальну ефективність тканини.

Дослідження [14] показало, що використання вуглецевих нанотрубок (CNTs) на поверхні арамідних волокон значно підвищує їхню термостійкість. Після нанесення таких нанотрубок волокна демонстрували стійкість до температур вище 800°C. Це стало можливим завдяки тому, що нанотрубки створюють захисний бар'єр, який знижує теплопровідність і підвищує термостійкість матеріалу. Крім того, така модифікація не тільки покращила теплові властивості, але й сприяла підвищенню механічної міцності волокон.

Авторами [15] синтезовано гібридні кремнеземні структури, які леговані фосфором, золь-гель методом, для підвищення термічної стабільності та вогнестійкості бавовняних тканин. З цією метою діетилфосфатетилтриетоксисилан (DPTS) використовувався як фосфатний алкоксисилан у багатоетапній технології, яка включала багат шарове (від 1 до 6) осадження. Багат шарові покриття наносили шляхом наповнення з використанням золів, що містять відповідні молярні співвідношення попередника, безводного етанолу, каталізатора та соляної кислоти.

Підвищення вогнестійкості бавовняного волокна та зменшити пошкодження його механічних властивостей, авторами [16] досягнуто шляхом одноетапної радикальної полімеризації були синтезовані нові наночастинки антипірену (PFR) на основі P/Si. У наночастинки введено вінілфосфорну кислоту та тетраметилдивінілдисилоксан.

4. Інтеграція багат шарових систем. Для підвищення захисних властивостей часто використовуються багат шарові структури тканин. Кожен шар може мати свою функцію — один шар може бути вогнестійким, інший стійким до хімікатів, а ще один може забезпечувати механічний захист або комфорт для користувача [17].

Нові розробки в галузі хімії, нанотехнологій і матеріалознавства відкривають можливості для створення більш ефективних і довговічних вогнестійких текстильних матеріалів. Інновації дозволяють розробляти багат шарові матеріали, які не тільки захищають від вогню, але й забезпечують інші важливі функції, такі як термостійкість, гідрофобність, стійкість до механічних пошкоджень.

ЖИТЕПАТҮПА

1 Handbook of fire resistant textiles, Edited by F. Selcen Kilinc. A volume in Woodhead Publishing Series in Textiles. Woodhead Publishing Limited. 2013

2 A. R. Horrocks, B. K. Kandola, P. J. Davies, S. Zhang, S. A. Padbury. Developments in flame retardant textiles – a review. *Polymer Degradation and Stability*. Volume 88, Issue 1, 2005, Pages 3-12
<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2003.10.0>

3 A novel breathable flexible metallized fabric for wearable heating device with flame-retardant and antibacterial properties. *Journal of Materials Science & Technology*. 2022, Volume 122, Pages 200-210

4 Peng Qi, Feng Chen, Yuchun Li, Hongfei Li, Xiaoyu Gu, Jun Sun & Sheng Zhang A Review of Durable Flame-Retardant Fabrics by Finishing: Fabrication Strategies and Challenges. *Advanced Fiber Materials*. 2023, Volume 5, Pages 731–763. <https://doi:10.1007/s42765-023-00255-x>

5 Ivana Schwarz, Dubravko Rogale, Stana Kovačević and Snježana Firšt Rogale A Multifunctional Approach to Optimizing Woven Fabrics for Thermal Protective Clothing // *Fibers*. 2024, 12(4), 35; <https://doi.org/10.3390/fib12040035>

6 Faiza Safdar, Munir Ashraf, Affan Abid, Amjed Javid, Kashif Iqbal. Eco-friendly, efficient and durable flame retardant coating for cotton fabrics using phytic acid/silane hybrid sol. *Materials Chemistry and Physics*. 2024, Volume 311, Page 128568. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2023.128568>

7 Flame-Retardant and Wear Comfort Properties of Modacrylic/FR-Rayon/Anti-static PET Blend Yarns and Their Woven Fabrics for Clothing. *Fibers and Polymers*, 2018 Volume 19, pages 1869–1879

8. D. Price and A. R. Horrocks, Flame resistant ceramic fibres. In book: Handbook of fire resistant textiles, (pp. 272-282) <https://doi:10.1533/9780857098931.2.272>

9 A. R. Horrocks (University of Bolton) Flame Retardant Textile Finishes: Recent Developments and Future Trends In book: Textile Finishing, 2017 (pp. 69-127). <https://doi.org/10.1002/9781119426790.ch2>

10 Ying Pan, Longxiang Liu, Lei Song, Yuan Hu, Weiming Wang, Hongting Zhao Durable flame retardant treatment of polyethylene terephthalate (PET) fabric with cross-linked layer-by-layer assembled coating. *Polymer Degradation and Stability*. 2019, Volume 165, pages 145-152
<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.05.0>

11 Khalifah A. Salmeia, Sabyasachi Gaan and Giulio Malucelli Recent Advances for Flame Retardancy of Textiles Based on Phosphorus Chemistry. *Polymers*. 2016, 8(9), 319; <https://doi.org/10.3390/polym8090319>

12 C. Q. Yang Flame resistant cotton, In book: Handbook of fire resistant textiles, Woodhead Publishing Series in Textiles, 2013, Pages 177-220
<https://doi:10.1533/9780857098931.2.177>

13 A Review of Durable Flame-Retardant Fabrics by Finishing: Fabrication Strategies and Challenges Review. *Advanced Fiber Materials*. 2023, Volume 5, pages 731–763

14 Yang Li, Cheng-Fei Cao, Zuan-Yu Chen, Shuai-Chi Liu, Joonho Bae and Long-Cheng Tang Waterborne Intumescent Fire-Retardant Polymer Composite Coatings: A Review. *Polymers* 2024, 16(16), 2353. <https://doi.org/10.3390/polym16162353>

15 Valentina Trovato, Giuseppina Iacono, Giulio Malucelli, Giuseppe Rosace Silica-Containing Phosphorus-Based Sol-Gel Finishing to Improve Flame Retardant Performance of Cotton Fabrics. *Materials Science Forum*. 2024, Volume 1117, Pages: 23-28. <https://doi.org/10.4028/p-usqR8L>

16 Na Li, Panpan Chen, Dongni Liu, Gaowei Kang, Liu Liu, Liyun Xu, Jianyong Yu, Faxue Li & Dequn Wu Novel P/Si based nanoparticles for durable flame retardant application on cotton. *Original Research Published*. 2022 Volume 29, pages 2063–20762. DOI:10.1007/s10570-021-04309-4

17 Horrocks, A. R., & Anand, S. C. "Handbook of Technical Textiles." Woodhead Publishing. 2015.

УДК 614.84

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ У МИРНИЙ ТА ВОЄННИЙ ЧАС

В.І. Товарянський, к.т.н., доцент, ЛДУБЖД

Бойові дії спричиняють руйнівний вплив на екосистеми, що може призвести до тривалих та незворотних змін у природному середовищі. Фізичне руйнування природних ландшафтів, забруднення довкілля, знищення біорізноманіття, зміни клімату, забруднення водоймищ та соціально-економічні наслідки — ось ще не весь обсяг негативних наслідків, спричинених війною в Україні [1].

Щодо екосистем, то особливої уваги заслуговує захист лісів внаслідок бойових дій в умовах війни. Оскільки в результаті артилерійських обстрілів шляхом застосування різноманітних вибухових пристроїв може загорятись та знищуватись деревостан, як наслідок — існує висока ймовірність виникнення низових та верхових лісових пожеж на значних площах. Разом з тим може відбуватися й загоряння рослинного покриву, що створює підвищену загрозу переходу пожежі в лісову, зокрема в місцях скупчення сухостою та зростання лісових насаджень. Тому важливим завданням як в мирний, так і в воєнний час, є налагодження системи дій на випадок виникнення пожеж в природних екосистемах, яка повинна складати як заходи із запобігання виникненню пожежам, так і заходи з пожежогасіння.

Не менш важливим аспектом протипожежного захисту лісів є вибір техніки для пожежогасіння. В Україні сьогодні виробляють пожежні автомобілі для гасіння пожеж в екосистемах такі підприємства, як: ТОВ "ПК Пожмашина", ТОВ "Компанія ТІТАЛ" та ТОВ "ВАЛІДУС СПЕЦАВТО" [2]. Пожежні