

РЯБЧИКОВ М. Л.Луцький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0002-9382-7562>
e-mail: mriabchykov@gmail.com**НАЗАРЧУК Л. В.**Луцький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0001-9724-5132>
e-mail: nlv_29@ukr.net**СТИЦЮК В. В.**Луцький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0003-0509-5726>
e-mail: v.stytsyuk@lutsk-ntu.com.ua**ТКАЧУК О. Л.**Луцький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0001-5135-4560>
e-mail: tkachuk18oksana@gmail.com**КАГАН О. В.**Луцький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0001-6182-1791>
e-mail: o.kagan@lutsk-ntu.com.ua

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МАГНІТНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВМІСТОМ НАНОСКЛАДОВИХ НА ОСНОВІ ДВО І ТРИВАЛЕНТНОГО ОКСИДІВ ЗАЛІЗА

Визначені основні властивості магнітних текстильних матеріалів на основі наноскладових оксидів заліза. Доведена висока адгезійна міцність утримання нанопорошків. Визначені бактеріостатичні властивості одержаних матеріалів для використання в медичних і захисних виробках. Описані магнітні властивості текстильних матеріалів з вмістом нанопорошків, запропоновані сфери використання в конструкціях смарт одягу. Доведена можливість забезпечення структурних характеристик магнітних матеріалів. Наведена структура напрямків використання магнітних текстильних матеріалів.

Ключові слова: магнітні текстильні матеріали, наноскладові, смарт одяг, медичний текстиль.

Mykola RIABCHYKOV, Liudmyla NAZARCHUK,
Viktoriia STYTSIUK, Oksana TKACHUK, Oksana KAHAN
Lutsk National Technical University

DIFFERENTIAL METHOD OF QUALITY CONTROL OF PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF KNITTED FABRIC FOR BATHING SUIT

The actuality of the introduction of textile materials with the content of nanopowders based on oxides of divalent and trivalent iron has been proven. The main directions of implementation of such materials into real practical results are shown. The algorithm for the synthesis of magnetic nanomaterials was developed. Adhesion properties of magnetic nanopowders to textile fibers are determined. It is shown that exposure for 5 - 7 days ensures almost absolute adhesive resistance and provides a combination of textile properties with magnetic nanopowders. Bacteriostatic properties of nanomagnetic textile materials were determined. For this purpose, the growth dynamics of mold fungi was determined. It is shown that the content of nanomagnetite significantly suppresses the growth of mold infections. The magnetic properties of textile materials are described, the possibilities of their introduction into elements of smart clothing, medical and protective materials are determined. Magnetic technologies in medicine, compression elements of clothing can be provided with the help of magnetic textile materials. The magnetic effects of such materials make it possible to create elements of clothing with a change in geometry. This determines the possibility of using such materials for smart clothes with new effects. The possibilities of creating magnetic nanomaterials with given structural characteristics have been proven. The addition of nanopowders reduces the size dispersion of structural elements, reduces their size, and increases density. This effect allows ensuring the specified transfer characteristics of textile materials, which provide the necessary parameters of heat transfer and mass transfer. The possibilities of using magnetic textile materials against electromagnetic radiation are shown. The structure of directions for the use of magnetic textile materials for medical and protective products, as well as for promising elements of smart clothing, has been developed.

Keywords: magnetic textile materials, nanocomponents, smart clothing, medical textiles.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Однією з тенденцій сучасного текстильного матеріалознавства є надання нових властивостей з елементами розумних рис, можливостей керувати окремими процесами життєдіяльності. В багатьох випадках це пов'язується з нанотехнологіями і наноматеріалами, що використовуються для зміни властивостей текстилю.

Особливо актуальними такі задачі виступають в сферах, пов'язаних зі здоров'ям людини. До цього можна віднести бактеріостатичні, лікувальні, захисні властивості.

Окремі дослідження визначають позитивний вплив на вказані фактори при насиченні текстильних матеріалів металевими нанопорошками. Перспективним, але недостатньо дослідженим напрямом є

використання магнітних нанопорошків на основі суміші двовалентного і тривалентного оксидів заліза. Магнітні властивості створюють додаткові властивості текстильних матеріалів.

Визначення основних властивостей таких матеріалів для використання в смарт одязі, медичних та захисних процесах є актуальною задачею.

Аналіз досліджень та публікацій

Наноматеріали і нанотехнології поширюють своє використання в текстильних матеріалах і виробках. Незважаючи на певні досягнення в створенні наукових засад нанотекстильних матеріалів [1], реальні рекомендації для практичного впровадження розвинені недостатньо. Стаття [2] розглядає перспективні напрямки розвитку текстильних наноматеріалів, зокрема нанониток, що вимагає досить потужної технологічної бази. Ряд наукових досліджень пропонують металеві наночастинки у якості складових наповнювачів текстильних матеріалів. Такі наповнення можуть здійснюватись наночастинками оксиду цинку [3], оксиду титану [4]. Проблеми синтезу металевих наночастинок розглянуті, зокрема в дослідженні [5]. Описані матеріали мають досить багато позитивних властивостей. Використання наноматеріалів на основі оксидів заліза може додати додаткові магнітні властивості, що може розширити сфери використання.

Наночастинки на основі срібла [6] досить обґрунтовано додають антимікробні властивості до модифікованих текстильних матеріалів. Деякі дослідження [7, 8] стверджують наявність антимікробних властивостей у текстильних матеріалів, модифікованих іншими металевими наночастинками. Деякі дотичні дані [9] свідчать про можливість використання для подібних цілей наночастинок на основі оксидів заліза, але використання таких матеріалів для текстильних матеріалів досліджено недостатньо.

Наночастинки можуть надавати текстильним матеріалам специфічних властивостей, що може бути основою для створення смарт одягу [10, 11]. Магнітні властивості, які з'являються у текстильних матеріалів можуть надати додаткові можливості, що можуть бути основою для розробки нових видів розумного одягу. Подальших досліджень вимагає також створення одягу для захисту від іонізуючого випромінювання.

Визначення і забезпечення структури текстильних матеріалів є дуже важливою задачею [13]. За деякими даними [14, 15] використання наноматеріалів може створити умови для регулювання параметрів структури. Запропоновані нами магнітні матеріали можуть створити додаткові умови для регулювання структури текстильних матеріалів.

Таким чином можна зазначити недостатню дослідженість використання магнітних наноматеріалів для створення спеціальних властивостей текстильних матеріалів.

Формулювання цілей статті

Мета дослідження – визначення основних характеристик текстильних матеріалів з вмістом магнітних нанопорошків для імплементації їх в реальні практичні результати.

Задачі, які необхідні для досягнення мати включають:

1. Дослідження проблем синтезу магнітних наноматеріалів на основі оксидів двовалентного та тривалентного заліза, а також визначення адгезійних властивостей таких матеріалів до текстилю.
2. Визначення бактеріостатичних властивостей одержаних матеріалів для впровадження в реальні процеси.
3. Обґрунтування доцільності використання магнітних властивостей одержаних текстильних матеріалів.
4. Визначення можливостей забезпечення заданих структурних характеристик матеріалів з використанням магнітних нанопорошків.
5. В процесі розв'язання задач дослідження можливе також розширення існуючої структури напрямків використання нанотехнологій в текстильних матеріалах [16].

Виклад основного матеріалу

В даній роботі пропонується використовувати магнітні наноматеріали на основі дво і тривалентного оксидів заліза.

Першим кроком при цьому повинен бути синтез наночастинок. Вхідними речовинами для проведення синтезу є сірчане залізо FeSO_4 і хлорне залізо FeCl_3 .

Суміш розчинів стернистого заліза і хлорного заліза перемішуються в реакторі. В розчин краплями подається NH_4OH . В процесі перемішування відбуваються хімічні реакції, в результаті утворюються наночастинки суміші двовалентного FeO і тривалентного заліза Fe_2O_3 .

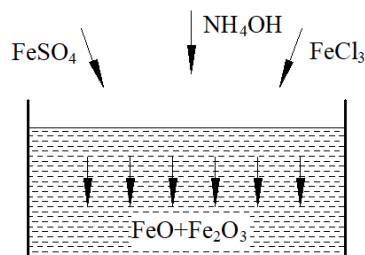


Рис.1 Процес утворення нанопорошку магнітних оксидів заліза

Розподілення розмірів магнітних частинок демонструє наявність значної кількості елементів, що знаходяться в зоні нанорозмірів, певна кількість скупчень частинок може бути реєстрована за допомогою оптичних мікроскопів, що дозволяє визначити і довести реальні нанорозміри одержаних частинок [17].

Одержаний нанопорошок у водяному оточенні має вигляд в'язкої субстанції. З метою створення і дослідження магнітних текстильних матеріалів були підготовлені зразки з бавовняної тканини розміром 5x5 см, які занурювались в дане середовище, витримувались на протязі 20 хвилин, висушувались на повітрі на протязі доби.

Адгезійні властивості магнітних наночастинок до текстильних матеріалів досліджувались декількома напрямками. Були проведені мікроскопічні дослідження одержаних структур (рис.2). При збільшенні в 100 разів на фотографіях можна побачити досить глибоке впровадження мікроелементів в структурні елементи текстильних матеріалів. Звісно, спостереження в оптичних мікроскопах не дозволяють виявити наноструктури, але, як доводиться в [17], дані спостереження в певній мірі можуть бути апроксимовані на нанорозміри.

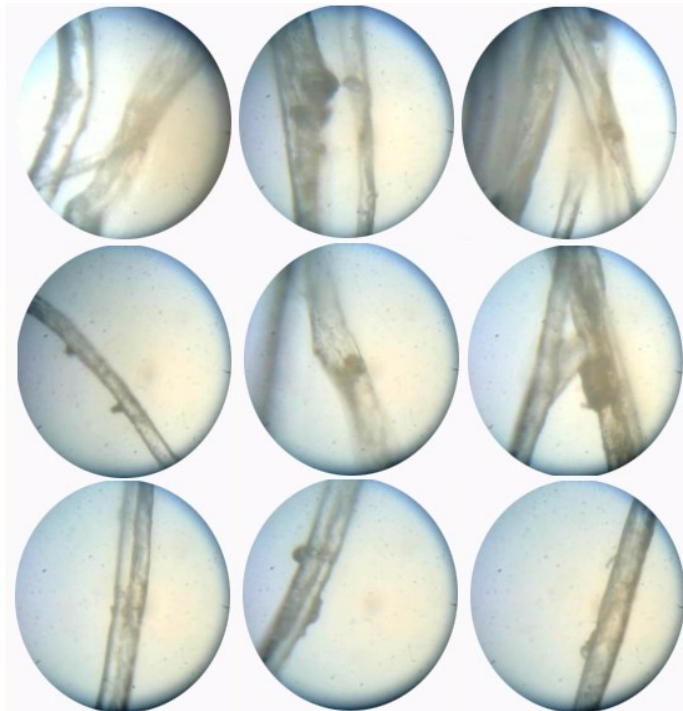


Рис.2 Структурні елементи текстильного матеріалу з магнітними елементами

Додатково визначались адгезійні властивостями шляхом стирання одержаних матеріалів на протязі 20 циклів з подальшим зважуванням зразку. Дослідження показали, що Після витримки 5-7 діб, видалення магнітних елементів з структури текстильного матеріалу практично припиняється, тобто адгезія нанопоршків на протязі цього часу набуває максимального рівня.

Дослідження магнітних властивостей одержаних матеріалів демонструє можливість створення сили притягання до постійного або електричного магніту (рис.3)

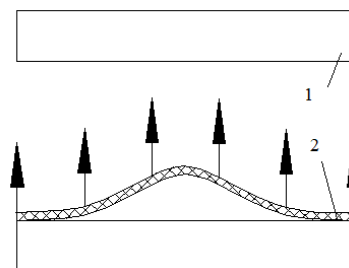


Рис.3. Притягування текстильного матеріалу, модифікованого наночатинками магнетиту до магніту:
1 – магніт, 2 - текстильний матеріал

Подібні властивості текстильних матеріалів дозволяють використовувати їх у різних сферах і напрямках. Магнітні технології використовуються в медицині [18], зокрема для поліпшення обмінних процесів в тілі людини. Ці процеси покращують лікування і відновлення. Магнітні процедури знімають запалення, покращуютьтік крові, знімають біль. Використання магнітних текстильних матеріалів у якості одягу спроможне відтворити медичні магнітні процедури в процесі звичайної життєдіяльності, без відвідування процедурних кабінетів зі спеціальним обладнанням.

Важливим напрямом медичного використання текстилю є створення компресійного одягу, призначеного для лікування варикозних і трофічних хвороб [19, 20]. Основним принципом роботи такого одягу є створення необхідного тиску в певному місці тіла людини. В традиційних методах ці проблеми розв'язуються за рахунок пружних властивостей матеріалу такого одягу. Наявність магнітних текстилю властивостей створює можливість іншого підходу до проблеми. Створення магнітного поля з заданою напругою для магнітного текстильного матеріалу дозволяє забезпечити будь який заданий тиск в довільному місці тіла людини. На відміну від використання пружних характеристик матеріалу створення тиску за рахунок магнітних властивостей носить характер регулювання і адекватності.

Магнітні властивості текстилю і, відповідно, використання магнітних сил дозволяє створити умови для дійсно розумного одягу [21, 22]. При цьому можна розробляти елементи одягу з можливістю руху, зміни геометрії і посадки на фігури.

Медичні напрями використання магнітних текстильних матеріалів беззаперечно формують питання про взаємодію таких матеріалів з хвороботворними організмами.

Моделювання цих процесів було експериментально перевірено шляхом висадження на магнітні текстильні матеріали питального середовища для зростання пліснявих грибів. Для дослідження процесу були підготовлені зразки текстильних матеріалів з різним вмістом магнетиту. Для цього пропонується суспензія нанопорошку оксидів заліза була розведена в пропорції 1:2, 1:3, 1:4. При цьому останній зразок можна вважати таким, що має мінімальний вміст магнетиту. Висадження на нього культури пліснявих грибів на протязі тижня давало великий обсяг, показаний на рис.4, а. Зразок з співвідношенням 1/3 демонструє дещо нижчу щільність пліснявих грибів (рис.4,б). Для густини суспензії $\frac{1}{2}$ щільність пліснявих грибів зменшується ще сильніше, причому контрастність матеріалу змінюється в значній степені (рис.4,в). Перший зразок з найвищим вмістом магнетиту демонструє практично повну відсутність пліснявих грибів (рис.4,г). Дані дослідження підтверджують високу бактеріостатичну властивість наномагнітних матеріалів на основі двохвалентного і тривалентного оксидів заліза.

Даний ефект надає дуже високі перспективи для використання даних текстильних матеріалів в медичних цілях. Зокрема, бактеріоцидні властивості текстильних матеріалів є необхідною умовою для створення медичних перев'язувальних матеріалів [23-25].

Розробка бактеріостатичного одягу на основі використання подібних матеріалів може значно підвищити властивості виробів, що зберігають здоров'я. Також подібний бактеріостатичний одяг може знайти використання при роботі в небезпечних умовах, зокрема при роботі в інфекційних умовах.

Бактеріостатичні властивості текстильних матеріалів з вмістом наномагнетиту дозволяють виходити за межі медичних використань. Екологічні пакувальні технології в ряді випадків передбачають використання текстильних натуральних матеріалів замість пакувань з полімерних плівок. Бактеріостатичні властивості дозволяють створити умови довгострокового зберігання продуктів.

Якщо мова йде про медичні матеріали для цілей лікування ран, то основною їх задачею є видалення ексудату – рідини, що формується всередині рани [26]. При цьому матеріал обов'язково повинен мати порожнини, які створюють від'ємний тиск і вміщують шкідливі рідини з рани.

Таким вимогам відповідають як текстильні матеріали самі по собі так і пористі матеріали, створені спеціально для таких цілей. Для визначення впливу магнітних наноматеріалів відбувалось спінювання пенопліуретану стандартного вмісту. Технологія виготовлення пінополіуретану передбачає поєднання ізоціонату та поліолу. Нагрівання суміші цих речовин веде до утворення повітряних мікрокапсул і спінювання суміші.

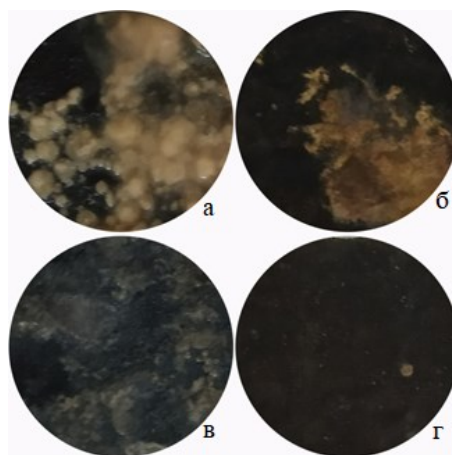


Рис.4. Зростання пліснявих грибів на текстилі з різним вмістом магнетиту

Недоліком стандартних технологій спінювання є досить великий розкид розмірів порожнин (рис.5,а). Додавання наномагнетиту в складі 0,1% від загального об'єму суміші значно зменшує дисперсію розмірів порожнин і збільшує їх кількість (рис.5,б). Ще більший ефект спостерігається при додаванні 0,2% магнетиту (рис.5,в). Таким чином, створення спінених матеріалів з додаванням магнітних нанопорошків значно

збільшує кількість порожнин, а також вирівнює їх розміри. Даний ефект дозволяє не тільки підвищити показники якості матеріалів, але й визначити режими додавання магнітних наноматеріалів, які забезпечують утворення порожнин заданих розмірів, які забезпечують необхідні параметри видалення рідини, що в ряді випадків вимагається технологіями лікування ран [29, 30].

Вказані властивості матеріалів з вмістом наномагнітних матеріалів по регулюванню видалення рідини дозволяють значно розширити подібні матеріали в напрямку створення смарт одягу для комфорту споживачів. Такий одяг спроможний створювати необхідний рівень вологості на тілі людини, видаляти піт або навпаки, подавати охолоджуючу рідину.

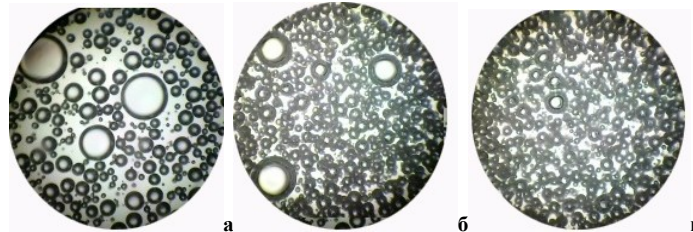


Рис.5. Спінення матеріалів з різним вмістом магнетиту

Звісно, подібні матеріали можуть знайти використання і в суміжних галузях при створенні виробів з заданими характеристиками проходження рідини.

Текстильні матеріали, наповнені нанопоршками заліза набувають властивостей, подібних до металевих суцільних виробів. До таких властивостей, зокрема, можна віднести захист від електромагнітного випромінювання, який є актуальним для ряду галузей.

Викладені напрями імплементації текстильних магнітних матеріалів узагальнені в таблиці 1

Таблиця 1

Напрями імплементації магнітних текстильних матеріалів

Властивості магнітних матеріалів на основі нанопорошків	Медичні цілі	Створення смарт одягу і смарт виробів	Захисні цілі
Бактерицидні властивості	Бактерицидні перев'язувальні матеріали	Бактерицидний одяг	Зберігання продуктів
Магнітні властивості	Створення компресійного одягу	Рухомі елементи одягу	Одяг з захистом від металевих предметів
	Магнітотерапія	Регулювання посадки одягу	
Властивості до пороутворення	Медичні матеріали для відсмоктування ексудату	Регулювання видалення поту і продуктів життєдіяльності	Створення пористих матеріалів з заданими параметрами тепло масопереносу
Бар'єрні властивості	Бар'єрні елементи медичного одягу	Можливість регулювання захисних функцій	Захист від електромагнітного випромінювання

Таким чином, основними напрямками використання магнітних текстильних матеріалів можуть бути технології, пов'язані зі створенням смарт одягу, впровадження медичних текстильних і захисних матеріалів .

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Доведені основні напрями імплементації текстильних матеріалів з вмістом магнітних нанопорошків в реальні практичні результати. Описаний процес створення магнітних наноматеріалів на основі оксидів двовалентного та тривалентного заліза. Доведені високі адгезійні властивості магнітних нанопорошків до реальних текстильних матеріалів. Доведений ефект значного збільшення бактериостатичних властивостей текстильних матеріалів з вмістом магнітних наноматеріалів. Описані магнітні властивості текстильних матеріалів, можливості їх впровадження в елементи смарт одягу, медичні і захисні матеріали. Визначені ефекти поліпшення структурних характеристик спінених матеріалів з вмістом магнітних наноматеріалів. Розширена структура напрямків використання магнітних текстильних матеріалів для медичних, захисних виробів, а також для перспективних елементів смарт одягу.

Література

1. Magni A. Nanotechnologies and the textile industry: The future is upon us. *Tintoria* -101(10), -2004, pp. 60-61
2. Yezhova O. V. Prognosing development of textile nanotechnologies. *Vlákna a textil*, -24(4), -2017, pp. 66-69

3. Han Y., Obendorf S.K. Reactivity and reusability of immobilized zinc oxide nanoparticles in fibers on methyl parathion decontamination. *Textile Research Journal*. -Vol. 86, -iss. 4, -2016, pp. 339-349
4. Zhang M., Xie W., Tang B., Sun L., Wang X. Synthesis of TiO₂&SiO₂ nanoparticles as efficient UV absorbers and their application on wool. *Textile Research Journal*. -Vol. 87,- iss. 14, -2017, pp. 1784-1792
5. Vlasenko V., Smertenko P., Bereznenko S., Arabuli S. Synthesis of metals nano-particles in the porous structure of textiles for uv-shielding. *Vlákna a textil*, -24(4), -2017, -pp. 30-33
6. Xu S., Zhang F., Song J., Kishimoto Y., Morikawa H. Preparation of silver nanoparticle-coated calcium alginate fibers by hyperbranched poly(amidoamine)-mediated assembly and their antibacterial activity. *Textile Research Journal*. -Vol: 86, -iss. 8, -2016, pp. 878-886
7. Gutarowska B., Stawski D., Skóra J., Herczyńska L., Pielech-Przybylska K., PLA nonwovens modified with poly(dimethylaminoethyl methacrylate) as antimicrobial filter materials for workplaces *Textile Research Journal*. -Vol. 85, -iss. 10, -2015, pp. 1083-1094
8. Kar T.R., Samanta A.K., SAJID M., KAWARE R.UV protection and antimicrobial finish on cotton khadi fabric using a mixture of nanoparticles of zinc oxide and poly-hydroxy-amino methyl silicone. *Textile Research Journal*. -Vol. 89, -iss. 11, -2019, pp. 2260-2278
9. Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Gontar T. Forming the structure of whipped desserts when introducing the food additive "Magnetofood" to their formulation. *Eastern-european journal of enterprise technologies*. -Vol 2, -No 11 (98), -2019, pp. 45-55
10. Moradi B., Fernández-García R., Gil I. Effect of smart textile metamaterials on electromagnetic performance for wireless body area network systems. *Textile Research Journal*. Vol. 89, iss. 14, 2019, pp. 2892-2899
11. Pérez-Villacastín J., Gaeta E. Smart Clothes to Take Care of People or Smart People Who Use Clothes to Take Care of Themselves? *Revista Española de Cardiología*. -Vol. 68. -Issue 7. -2015, pp. 559-561
12. Diachok T., Bereznenko S., Yakymchuk D., Aleksandrov M. Development of equipment for complex man protection from artificial non-ionizing EMR. -*Vlákna a textil*, -26(2), -2019, pp.9-13
13. Rodgers J., Zumba J., Fortier C. Measurement comparison of cotton fiber micronaire and its components by portable near infrared spectroscopy instruments. *Textile Research Journal*. -Vol. 87, -iss. 1, -2017, pp. 57-69
14. Liu S., Tong J., Yang C., Li L. Smart E-textile: Resistance properties of conductive knitted fabric – Single pique. *Textile Research Journal*. -Vol. -87 iss. 14, -2017, pp. 1669-1684
15. Vivcharenko V, Wojcik M, Palka K and Przekora A Highly porous and superabsorbent biomaterial made of marine - derived polysaccharides and ascorbic acid as an optimal dressing for exuding wound management. *Materials* 2021; 14(5),1211: 1-2
16. Bogren S., Fornara A., Ludwig F., Kazakova O., Johansson C. Classification of magnetic nanoparticle systems—synthesis, standardization and analysis methods in the nanomag project . *International Journal of Molecular Sciences* -16(9), -2015, pp. 20308-20325
17. Riabchykov M., Alexandrov A., Nechipor S., Nikulina A. Distribution of the sizes of microcapsules in two-phase emulsions for treatment of textile materials. *Vlákna a textil*, -26(4), -2019, pp. 47-52
18. Pyatakov A., Pyatakova Z., Tishin A.M. (2022) Chapter 1 - Short history overview of magnetism and magnetic technologies for medical applications, *Magnetic Materials and Technologies for Medical Applications*, Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials -2022, Pages 3-21
19. Kyzymchuk O., Melnyk L. Influence of miss knit repeat on parameters and properties of elasticized knitted fabric. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* - 2016; - Volume 141. -Number 1. – 012006. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/141/1/012006>
20. Kyzymchuk O, Melnyk L and Arabuli S. Study of Elastic Warp Knitted Bands: Production and Properties. *Tekstilec*. -2020; -Vol. 63 -Issue 2: 113 – 123.
21. Riabchykov M., Alexandrov A., Trishch R., Nikulina A., Korolyova N. Prospects for the Development of Smart Clothing with the Use of Textile Materials with Magnetic Properties. *Tekstilec*, 2022, Vol. 65(1), 36–43 DOI: 10.14502/tekstilec.65.2021050
22. Scataglini S., Moorhead A. P., Feletti F. A Systematic Review of Smart Clothing in Sports: possible Applications to Extreme Sports. *Muscle, Ligaments and Tendons Journal*. Vol. 10 (No.2) 2020. pp.333-342
23. Riabchykov M., Alexandrov A., Sychov Y., Nikulina A. Bacteriostatic properties of medical textiles treated with nanomaterials based on Fe₂ O₃ *International Conference on Technics, Technologies and Education (ICTTE 2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, -2021, -Vol.1031 p.1-5
24. Shi Ch., Wang Ch., Liu H., Li Q., Li R., Zhang Y., Liu Y., Shao Y. and Wang J. Selection of Appropriate Wound Dressing for Various Wounds. *Front. Bioeng. Biotechnol.*, 19 March 2020, <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00182>, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2020.00182/full>
25. Boateng J Wound healing dressings and drug delivery systems: a review. *Journal of pharmaceutical sciences* 2008; V. 97 (8): 2892-2923
26. Kim PJ, Applewhite A, Dardano AN, Wirth G and Teot L Use of a Novel Foam Dressing With Negative Pressure Wound Therapy and Instillation: Recommendations and Clinical Experience. *Wounds : a compendium of clinical research and practice*. -30(3): 2018. P.1-17
27. Liu, X., Niu, Y., Chen, K.C., Chen, S. Rapid hemostatic and mild polyurethane-urea foam wound

dressing for promoting wound healing. *Materials Science and Engineering*, 2017. pp. 289-297

28. Yalcinkaya F. A review on advanced nanofiber technology for membrane distillation *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. -Volume 14: -2019. p.1–12 DOI: 10.1177/1558925018824901

29. Riabchykov M., Alexandrov A., Sychov Y., Popova T. and Nechipor S. Magnetic nanotechnology in the production of foamed textile materials for medical purposes. *Vlákna a textil Vlákna a textile*. -2021. - (3) Vol 28 —p.66-72

30. Kim W.I.I, Ko Y-G, Park M.R, Jung K.H, Kwon, O.H Preparation and characterization of polyurethane foam dressings containing natural antimicrobial agents for wound healing. *Polymer*. - 2018; 42(5): p.806-812

References

- Magni A. Nanotechnologies and the textile industry: The future is upon us. *Tintoria* -101(10), -2004, pp. 60-61
- Yezhova O. V. Prognosing development of textile nanotechnologies. *Vlákna a textil*, -24(4), -2017, pp. 66-69
- Han Y., Obendorf S.K. Reactivity and reusability of immobilized zinc oxide nanoparticles in fibers on methyl parathion decontamination. *Textile Research Journal*. -Vol. 86, -iss. 4, -2016, pp. 339-349
- Zhang M., Xie W., Tang B., Sun L., Wang X. Synthesis of TiO₂&SiO₂ nanoparticles as efficient UV absorbers and their application on wool. *Textile Research Journal*. -Vol. 87,- iss. 14, -2017, pp. 1784-1792
- Vlasenko V., Smertenko P., Berezenko S., Arabuli S. Synthesis of metals nano-particles in the porous structure of textiles for uv-shielding. *Vlákna a textil*, -24(4), -2017, -pp. 30-33
- Xu S., Zhang F., Song J., Kishimoto Y., Morikawa H. Preparation of silver nanoparticle-coated calcium alginate fibers by hyperbranched poly(amidoamine)-mediated assembly and their antibacterial activity. *Textile Research Journal*. -Vol: 86, -iss. 8, -2016, pp. 878-886
- Gutarowska B., Stawski D., Skóra J., Herczyńska L., Pielech-Przybylska K., PLA nonwovens modified with poly(dimethylaminoethyl methacrylate) as antimicrobial filter materials for workplaces *Textile Research Journal*. -Vol. 85, -iss. 10, -2015, pp. 1083-1094
- Kar T.R., Samanta A.K., SAJID M., KAWARE R.UV protection and antimicrobial finish on cotton khadi fabric using a mixture of nanoparticles of zinc oxide and poly-hydroxy-amino methyl silicone. *Textile Research Journal*. -Vol. 89, -iss. 11, -2019, pp. 2260-2278
- Tsykhanovska I., Evlash V., Alexandrov A., Gontar T. Forming the structure of whipped desserts when introducing the food additive "Magnetofood" to their formulation. *Eastern-european journal of enterprise technologies*. -Vol 2, -No 11 (98), -2019, pp.45-55
- Moradi B., Fernández-García R., Gil I. Effect of smart textile metamaterials on electromagnetic performance for wireless body area network systems. *Textile Research Journal*. Vol. 89, iss. 14, 2019, pp. 2892-2899
- Pérez-Villacastín J., Gaeta E. Smart Clothes to Take Care of People or Smart People Who Use Clothes to Take Care of Themselves? *Revista Española de Cardiología*. -Vol. 68. -Issue 7. -2015, pp. 559-561
- Diachok T., Berezenko S., Yakymchuk D., Aleksandrov M. Development of equipment for complex man protection from artificial non-ionizing EMR. -*Vlákna a textil*, -26(2), -2019, pp.9-13
- Rodgers J., Zumba J., Fortier C. Measurement comparison of cotton fiber micronaire and its components by portable near infrared spectroscopy instruments. *Textile Research Journal*. -Vol. 87, -iss. 1, -2017, pp. 57-69
- Liu S., Tong J., Yang C., Li L. Smart E-textile: Resistance properties of conductive knitted fabric – Single pique. *Textile Research Journal*. -Vol. -87 iss. 14, -2017, pp. 1669-1684
- Vivcharenko V, Wojcik M, Palka K and Przekora A Highly porous and superabsorbent biomaterial made of marine - derived polysaccharides and ascorbic acid as an optimal dressing for exuding wound management. *Materials* 2021; 14(5),1211: 1-2
- Bogren S., Fornara A., Ludwig F., Kazakova O., Johansson C. Classification of magnetic nanoparticle systems—synthesis, standardization and analysis methods in the nanomag project . *International Journal of Molecular Sciences* -16(9), -2015, pp. 20308-20325
- Riabchykov M., Alexandrov A., Nechipor S., Nikulina A. Distribution of the sizes of microcapsules in two-phase emulsions for treatment of textile materials. *Vlákna a textil*, -26(4), -2019, pp. 47-52
- Pyatakov A., Pyatakova Z., Tishin A.M. (2022) Chapter 1 - Short history overview of magnetism and magnetic technologies for medical applications, *Magnetic Materials and Technologies for Medical Applications*, Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials -2022, Pages 3-21
- Kyzymchuk O., Melnyk L. Influence of miss knit repeat on parameters and properties of elasticized knitted fabric. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* - 2016; - Volume 141. -Number 1. - 012006. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/141/1/012006>
- Kyzymchuk O, Melnyk L and Arabuli S. Study of Elastic Warp Knitted Bands: Production and Properties. *Tekstilec*. -2020; - Vol. 63 -Issue 2: 113 – 123.
- Riabchykov M., Alexandrov A., Trishch R., Nikulina A., Korolyova N. Prospects for the Development of Smart Clothing with the Use of Textile Materials with Magnetic Properties. *Tekstilec*, 2022, Vol. 65(1), 36–43 DOI: 10.14502/tekstilec.65.2021050
- Scataglini S., Moorhead A. P., Feletti F. A Systematic Review of Smart Clothing in Sports: possible Applications to Extreme Sports. *Muscle, Ligaments and Tendons Journal*. Vol. 10 (No.2) 2020. pp.333-342
- Riabchykov M., Alexandrov A., Sychov Y., Nikulina A. Bacteriostatic properties of medical textiles treated with nanomaterials based on Fe₂ O₃ *International Conference on Technics, Technologies and Education (ICTTE 2020)* IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, -2021, -Vol.1031 p.1-5
- Shi Ch., Wang Ch., Liu H., Li Q., Li R., Zhang Y., Liu Y., Shao Y. and Wang J. Selection of Appropriate Wound Dressing for Various Wounds. *Front. Bioeng. Biotechnol.*, 19 March 2020, <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00182>, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2020.00182/full>
- Boateng J Wound healing dressings and drug delivery systems: a review. *Journal of pharmaceutical sciences* 2008; V. 97 (8): 2892-2923
- Kim PJ, Applewhite A, Dardano AN, Wirth G and Teot L Use of a Novel Foam Dressing With Negative Pressure Wound Therapy and Instillation: Recommendations and Clinical Experience. *Wounds : a compendium of clinical research and practice*. -30(3): 2018. P.1-17
- Liu, X., Niu, Y., Chen, K.C., Chen, S. Rapid hemostatic and mild polyurethane-urea foam wound dressing for promoting wound healing. *Materials Science and Engineering*, 2017. pp. 289-297
- Yalcinkaya F. A review on advanced nanofiber technology for membrane distillation *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. - Volume 14: -2019. p.1–12 DOI: 10.1177/1558925018824901
- Riabchykov M., Alexandrov A., Sychov Y., Popova T. and Nechipor S. Magnetic nanotechnology in the production of foamed textile materials for medical purposes. *Vlákna a textil Vlákna a textile*. -2021. - (3) Vol 28 —p.66-72
- Kim W.I.I, Ko Y-G, Park M.R, Jung K.H, Kwon, O.H Preparation and characterization of polyurethane foam dressings containing natural antimicrobial agents for wound healing. *Polymer*. - 2018; 42(5): p.806-812

Рецензія/Peer review : 04.06.2022 p.

Надрукована/Printed :02.08.2022 p.