

ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 677.076

Д.С. МАТВЕЙЦОВА, С.А. КАРВАН, О.А. ПАРАСКА
Хмельницький національний університет

НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

У дослідженні проведено аналіз існуючих товарів на ринку та технологій їх виробництва, наведено приклади готової текстильної продукції, для виготовлення якої використовують нанотехнології, розглянуто декілька з найбільших виробників нанотекстилю та нанотехнології, які використані в його виробництві. Проаналізовано використання препаратів для модифікації поверхні текстильних матеріалів з метою покращення їх властивостей. Відображено характерні напрямки використання нанотехнологій в текстильній промисловості.

У висновках сформовано пріоритетні напрямки подальших розробок нанотекстилю з урахуванням доступності готової продукції для споживача за рахунок часткової модернізації виробництва текстильної продукції: хімічна або фізична модифікація структури або поверхні волокон для покращення або надання нових властивостей, удосконалення технологій виробництва нановолокон та нанотекстилю, розробка складів текстильно-допоміжних речовин з використанням нанотехнологій.

Ключові слова: нанотекстиль, нанотехнології, опорядження, властивості, наночастинки.

D.S. MATVEITSOVA, S.A. KARVAN, O.A. PARASKA
Khmelnitskyi National University

NANO TECHNOLOGY IN THE PRODUCTION OF TEXTILE MATERIALS

Abstract - The purpose of this article is the analysis of the market and methods of production of fabrics with using the nanotechnology to further development and implementation of nanotechnology in textile industry.

The analysis of existent products at the market and technologies of their production is carried out in research, the examples of the textile products on the basis of nanotechnology are shown. The most famous producers of the nano textile and their products are considered. Research of compositions with nanoparticles for modification of the surface of textile materials with the purpose of improvement of properties of materials is conducted. The characteristic directions of the use of nanotechnology in textile industry are represented: chemical modification of the surface of natural fibres for imparting new properties; physical modification of the structure of synthetic fibres; production of the nanofibres; filling natural fibres by nanoparticles; synthesis of nanoparticles on the surface layer of the fibre; production of nano textile with the use of nanofibres; improvement of the manufacture of nanofibres (nanofabric); development of the textile chemicals using nanotechnology, etc.

Keywords: nano textile, nanotechnology, finishing properties, nanoparticles.

Вступ

Використання нанотехнологій в текстильній промисловості набуває широкого поширення завдяки своїм унікальним і цінним властивостям. Існує значний потенціал для вигідного застосування нанотехнології в текстильній галузі. Її застосування може розширити асортимент і властивості обробки текстильної продукції та готового одягу. Використання нанотехнологій дозволяє текстильним матеріалам стати багатфункціональними та отримувати тканини зі спеціальними і новими властивостями.

Існує два підходи до визначення поняття «нанотехнології». У Технічному комітеті ISO / TC 229 під нанотехнологіями (НТ) мається на увазі наступне [1]: знання та управління процесами, як правило, в масштабі 1 нм, але не виключає масштаб менше 100 нм, в одному або більше вимірах, коли введення в дію розмірного ефекту (явища) призводить до можливості нових застосувань; використання властивостей об'єктів і матеріалів у нанометровому масштабі, які відрізняються від властивостей вільних атомів або молекул, а також від об'ємних властивостей речовини, що складається з цих атомів або молекул, для створення досконаліших матеріалів, приладів, систем, що реалізують ці властивості.

Згідно з «Концепцією розвитку в Російській Федерації робіт в області нанотехнологій на період до 2010 року» нанотехнологія визначається як сукупність методів і прийомів, що забезпечують можливість контрольованим чином створювати й модифікувати об'єкти, що включають компоненти з розмірами менше 100 нм, хоча б в одному вимірі, і в результаті цього отримати принципово нові якості, що дозволяють здійснювати їх інтеграцію в повноцінно функціонуючі системи більшого масштабу [2].

Хоча немає чіткої вказівки про те, коли і як термін розвивався, професор Richard Feynman, майже 50 років тому в лекції під назвою «There's Plenty of Room at the Bottom» («Там, на дні є багато вільного місця») [3] показав, що при використанні речовин у нанометрових розмірах можуть бути досягнені покращені функціональні властивості матеріалу. Дійсно, протягом багатьох наступних десятиліть мали місце численні досягнення в НТ та її застосування в текстильній промисловості. Завдяки безмежному потенціалу орієнтованих на споживача опоряджень текстильна промисловість є однією з провідних у використанні досягнень НТ. В останні роки було продемонстровано, що НТ можуть бути використані для покращення властивостей текстильних матеріалів різного волокнистого складу, наприклад, м'якості, довговічності, повітропроникності, водовідштовхувальних властивостей, вогнестійкості, антимікробних властивостей і т.п.

Очікується, що в наступному десятилітті підвищення якості текстильних матеріалів завдяки прогресу в НТ може перетворитися в багатомільярдну промисловість з відповідними економічними та

екологічними вигодами для споживачів текстильних матеріалів і суспільства в цілому.

Постановка проблеми

Швидкий розвиток і зміни в стилі життя являються стимулом збільшення комфорту. Людство рухається в напрямку використання малогабаритних, безпечних, дешевих і швидкопрацюючих продуктів, які не тільки зменшують робоче навантаження, але і допомагають працівникам виконувати роботу набагато швидшими темпами, з мінімальними зусиллями та у комфортних умовах.

Протягом останніх років впровадження НТ стимулювало значні зміни і нововведення в текстильній галузі. Завдяки використанню НТ відбулася розробка тканин з певними покращеними властивостями тканин, такими як високими показниками міцності, м'якістю, стійкістю до стирання та зминання. Нанооброблений центральний компонент ядра-обгортки бікомпонентних тканин забезпечує високу міцність, постійний антистатичний ефект і довговічність, в той час як складова тканини забезпечує бажану м'якість, комфорт та естетичні характеристики.

З метою подальших розробок та впровадження нанотехнологій у текстильне виробництво, проведемо аналіз існуючих товарів на ринку та технологій їх виробництва. Визначимо асортимент готової текстильної продукції, для виготовлення якої використовують нанотехнології, а також сформуємо пріоритетні напрямки досліджень у виробництві нанотекстилю.

Експериментальна частина

Визначення властивостей і характеристик текстильних волокон необхідно для виробництва і доцільного використання тканин. Добре відомо, що тканини, виготовлені з бавовняних волокон, забезпечують такі бажані властивості, як висока поглинаюча здатність, повітропроникність, м'якість, комфорт та ін. Але бавовняні тканини мають такі недоліки, як низька міцність волокна, висока здатність до зминання, легка забруднюваність, горючість. З іншого боку, матеріали, виготовлені з синтетичних волокон, як правило, міцні, формостійкі, антимікробні, стійкі до забруднення, але їм зазвичай не вистачає властивостей бавовняних тканин. Впровадження НТ відкривають нові можливості для розробки De Novo – волокон з перевагами як бавовняних, так і синтетичних волокон.

Останнім часом, НТ на основі прогресу в виробництві текстильних волокон, ниток і тканин призвели до розробки декількох нових і вдосконалених текстильних виробів. Численні посилання в літературі висвітлюють використання різних НТ для текстильної промисловості.

Натуральні волокна, такі як бавовна, шовк, вовна, поряд з синтетичними волокнами, такими як поліестер і нейлон, як і раніше, є найбільш широко використовуваними волокнами для виготовлення одягу. Синтетичні волокна в більшості випадків підходять для побутового та промислового застосування, для виробництва готових продуктів, таких як килими, намети, шини, мотузки, ремені, вироби медичного призначення. Натуральні волокна зазвичай мають відмінні від синтетичних волокон характеристики, які роблять їх ідеальними для виготовлення одягу. Залежно від кінцевого застосування, деякі з характеристик можуть бути позитивними, в той час як інші – негативними.

Як вказувалося раніше, впровадження НТ дає можливість об'єднати переваги натуральних і синтетичних волокон. Дослідження останніх років спрямовані на створення сучасних тканин, які надають або покращують бажані властивості кожного волокна. З цією метою такі компанії, як «Nano-Tech» [3] вже досягли значного прогресу у розвитку одягу з покращеними властивостями. Їх тканини та оздоблювальні продукти широко доступні для текстильної, швейної промисловості для виготовлення повсякденного та спортивного одягу, ділових костюмів, уніформи і т.д. Ці нові продукти тепер доступні для споживачів через всевітні мережі роздрібною торгівлі, такі як Old Navy, GAP, Eddie Bauer і LL. Bean.

Нещодавно швейцарська компанія «Schoeller®» [4] розробила нанотехнологію Soft-Shell для виробництва нової лінійки фірмових функціональних стрейч багат шарових тканин. Тканини та одяг, виготовлені з них, забезпечують оптимальний баланс комфорту, повітропроникність, вітро- і водостійкість завдяки м'якому внутрішньому шару і жорсткому та міцному зовнішньому шару. Ця технологія використовується у виробництві одягу для екстремально холодних погодних умов, для гірських видів спорту, для лижного спорту та іншої спортивної амуніції. Компанія також розробила інноваційну технологію остаточної обробки тканин – Nano-Sphere, що забезпечує функції самоочищення та брудовідштовхування. Технологія PCM компанії «Schoeller» забезпечує функції управління вологи, комфорт і захист водночас [4]. Поєднання технологій обробки Nano-Sphere і Soft-Shell дозволяє виробляти тканину (одяг), які відштовхують дощ і сніг.

Лінії одягу широкого спектру спеціального призначення були розроблені декількома іншими компаніями. Наприклад, в Німеччині компанією «Franz-Ziener» [5] виготовлено лижні куртки з використанням покриття Nano-Tech, що забезпечує вітрозахисні, водонепроникні, повітропроникні властивості. За допомогою передових оздоблювальних продуктів та технологій можна отримати стійкість до ультрафіолету, хороші показники повітропроникності і м'якість.

З використанням НТ досягнуто значних успіхів у розробках військових і бойових уніформ та одягу. Консорціум «Institute for Soldier Nanotechnologies» є одним з найбільших і унікальних науково-дослідних центрів у світі. Дослідження, які проводяться цим консорціумом, спрямовані на розробку передових текстильних матеріалів та виробів шляхом використання НТ, в основному для військових [6]. Основний акцент робиться на розробці різних текстильних тканин та інших товарів / матеріалів, які легкі (так, щоб загальне навантаження на солдат могло бути значно знижене), зносостійкі, міцні, водонепроникні, здатні змінювати колір, куленепробивні, чутливі до температури (для різних елементів управління кліматом) і вбудованими мікро- та нанодатчиками.

Таблиця 1

Препарати для опорядження в текстильній промисловості розроблені з використанням нанотехнологій

Властивість	Наночастинки	Посилання
Електропровідність та антистатика	Сажа, вуглецеві нанотрубки, Cu, поліпірол, поліанілін	[11, 12]
Збільшення міцності	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , вуглецеві нанотрубки, ZnO, полібутилакрилат	[13]
Антибактеріальні властивості	Ag, хітозан, SiO ₂ (матриця), TiO ₂ , ZnO	[13, 14]
Самоочищення, бруд- і водовідштовхування	Фторакрилат, SiO ₂ (матриця), TiO ₂ , вуглецеві нанотрубки	[14, 15]
Водопоглинання	TiO ₂	[13]
УФ захист	TiO ₂ , ZnO	[14, 16]
Вогнестійкість	Вуглецеві нанотрубки, монтморилоніт (наноглина), Sb ₃ O ₂	[17]
Контрольоване вивільнення активних речовин, лікарських засобів або ароматів	Монтморилоніт (наноглина), SiO ₂ (матриця)	[18]

Крім того, в даний час проводяться антимікробні обробки текстильних матеріалів, які можуть відігравати важливу роль при захисті від широкого спектра фізичних, хімічних або біологічних загроз [7]. Для отримання Smart текстилю використовуються різні технології, такі як мікрокапсулювання, біотехнології та інформаційні технології [8]. Цікаві дослідження спрямовані на розробку текстилю, які містять різні біологічно активні сполуки, також розробляються нановолокна для ефективного застосування в матеріалах медичного призначення [9].

Otsuka Kagaku розробив нові електропровідні нановолокна, які можуть бути використані для захисту від електронного випромінювання та веде розробку кількох інших напрямків застосування нанотехнологій у виробництві тканин для захисту від радіоактивного випромінювання [10].

Розвиток нанофункціональних волокон був використаний при виробництві гігієнічних тканин для нижньої білизни. Кілька компаній, що використовують ці волокна для поглинання запаху для таких текстильних виробів, як шкарпетки, панчохи, нижня білизна, і т.д. Наприклад, шкарпетки, що містять наночастинки срібла, здатні мінімізувати запах ніг [19]. Nano-Tech розробляє нову технологію, відому як Nano-Fresh, використання якої дозволяє тканині вбирати піт, швидко висихати і поглинати запах. Кілька інших високотехнологічних тканин, що розробляються, будуть видаляти піт, відштовхувати плями, забезпечувати масаж і надавати аромат.

Целюлоза може бути отримана з безлічі дешевих джерел, таких як трави, кенафу, бавовняного волокна, бавовняного рослинного матеріалу і т.д. Вчені США розробили та запатентували технологію для виробництва целюлози на основі нанокмозитів, використовуючи наночастинки глини як наноаповнювач [20]. Ці композиції дозволили покращити термічну стабільність целюлози, що може призвести до розробки певних вогнестійких кінцевих продуктів.

Одним з головних завдань в текстильній галузі є оздоблення текстильних тканин з натуральних і синтетичних волокон для досягнення бажаної текстури поверхні, кольору та інших спеціальних естетичних та функціональних властивостей. Поява НТ стимулювала значні зміни і нововведення у цій області досліджень [21]. Методи обробки тканин прийняли нові напрямки і показали великий потенціал для значного покращення при застосуванні нанотехнологій (табл. 1).

Існує багато способів, за допомогою яких можна маніпулювати і вдосконалювати поверхневі властивості тканин шляхом використання відповідної поверхневої обробки, покриття, методів модифікації, використовуючи НТ. Найбільш поширені напрямки використання НТ в сучасній текстильній промисловості схематично відображені на рисунку 1.

Таким чином нанотехнології надають багато ефективних інструментів і методів для отримання бажаних властивостей тканини, в основному, інженерних способів модифікацій поверхні тканини.

Крім розробки більш досконалих текстильних тканин і матеріалів, також зроблено досягнення в області текстильного опорядження. Наприклад, при виконанні фарбування та оздоблення використовують барвники та інші текстильно-допоміжні речовини, які є достатньо дорогими і можуть спричинити екологічне навантаження на навколишнє середовище, тому запропоновано наномембранну фільтрацію з метою відновлення барвників для економічних та екологічних вигод та збереження водних ресурсів [15, 22, 23].

В Україні дослідження в області впровадження нанотехнологій в текстильну галузь проводять на базі Київського національного університету технологій і дизайну (КНУТД) та Хмельницького національного університету (ХНУ). У КНУТД передовими дослідниками у галузі нанотехнологій є М.В. Цебенко, В.Г. Резанова, І.А. Мельник, Н.М. Резанова, які займаються дослідженнями поліпропіленових мікроволокон наповнених вуглецевими нанотрубками та їх властивостей [24], впливу нанодисперсійної бактерицидної добавки срібло/глинозем на властивості поліпропіленових ниток [25], розробкою біологічно-активних шовних хірургічних матеріалів пролонгованої дії та ін. Дослідження М.П. Березненко, В.І. Власенко, В.І. Вісленко, Н.О. Курлова (КНУТД) присвячені розробці методів надання бактерицидного ефекту текстильним

матеріалам за рахунок введення в структуру волокон нанорозмірних частинок деяких металів (срібла, міді, заліза) [26]. С. А. Карван, О. А. Параска (ХНУ) досліджують фізико-хімічні властивості наночастинок силіцій діоксиду та нанодисперсій на їх основі, вивчають механізм їх модифікацій за допомогою поверхнево-активних речовин, розробляють мийні композиції з одночасним наданням матеріалам спеціальних властивостей [27, 28].

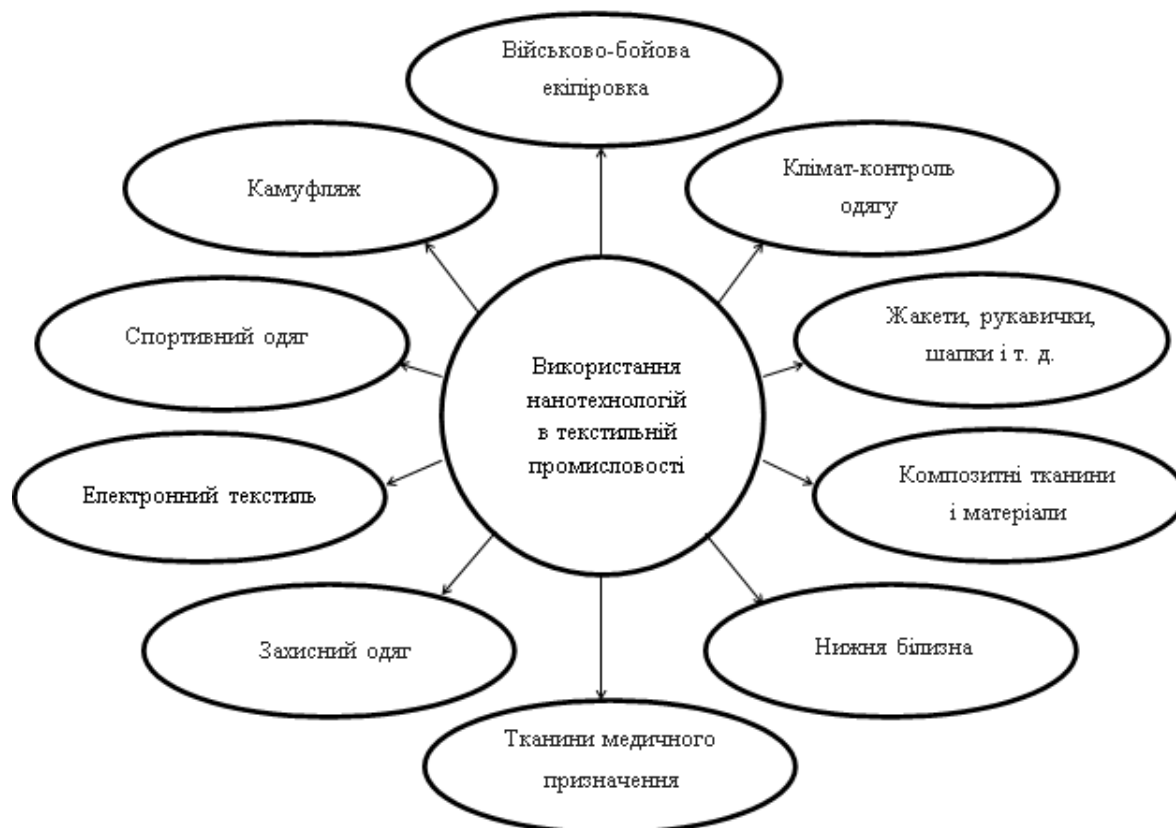


Рис. 1. Напрямки використання нанотехнологій в текстильній промисловості

Висновки

Отже, в наш час нанотехнології набули широкого поширення у повсякденному житті людей, проте більш масового вжитку набули створені з використанням нанотехнологій гаджети. Нанотекстиль, в свою чергу, ще не набув великих об'ємів споживання, проте, з кожним роком він стає доступнішим для споживача. Розвинуті країни світу позиціонують НТ як пріоритетний напрямок розвитку науки та техніки та впроваджують державні програми їх розвитку.

Згідно з вище проведеним аналізом ринку нанотекстилю, сформуємо пріоритетні напрямки досліджень щодо впровадження технологій для його отримання:

- хімічна модифікація поверхні природних волокон з метою покращення або надання нових властивостей;
- фізична модифікація структури штучних та синтетичних волокон введенням в волокно наночастинок або нановолокон;
- наповнення наночастинками природних волокон;
- синтез шару наночастинок на поверхні волокна;
- виробництво нанотекстилю з використанням нановолокон;
- удосконалення технології виробництва нановолокон (нанотканин);
- розробка складів текстильно-допоміжних речовин з використанням нанотехнологій та ін.

Виробництво нановолокон є трудомістким та високовартісним процесом у зв'язку з проблемою виготовлення нановолокон у промислових масштабах, що спричиняє високу вартість готової продукції.

Нанотекстиль переважно використовується для пошиття одягу спеціального призначення, для експлуатації при екстремальних температурах, спеціалізованого спортивного одягу та взуття. Тому пріоритетні напрямки було сформовано з урахуванням доступності готової продукції для споживача за рахунок часткової модернізації виробництва текстильної продукції.

Література

1. Nanotechnologies. Vocabulary. Part 1: Core terms. ISO/TS 80004-1:2010. [Effective as of 2010-10-06]. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51240
2. Определение нанотехнологии согласно «Концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года» [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

<http://www.rusnor.org/nanoworld/about/6181.htm>

3. Nanotex a crypton company – Technology [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nano-tex.com/index.html#>

4. Innovative fabrics Schoeller Switzerland – Technologies [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.schoeller-textiles.com/en/technologies.html>

5. ZIENER: The specialist for sports gloves and clothing [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ziener.com/en/>

6. The Institute for Soldier Nanotechnologies is a team – MIT, the Army, and industry – working together to discover and field technologies that dramatically advance Soldier protection and survivability capabilities [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://isnweb.mit.edu/>

7. Ramkumar S. Frictional characterization of enzyme-treated fabrics / S. Ramkumar // AATCC Review. 2002. – Vol. 2, № 11. – P. 24–27 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.refdoc.fr/?traduire=en&FormRechercher=submit&FormRechercher_Txt_Recherche_name_attr=listeTitreSerie:%20\(AATCC%20review\)](http://www.refdoc.fr/?traduire=en&FormRechercher=submit&FormRechercher_Txt_Recherche_name_attr=listeTitreSerie:%20(AATCC%20review))

8. Mecnica V. Smart textiles for healthcare: applications and technologies / V. Mecnica, M. Hoerr, I. Krievins, A. Schwarz // RURAL ENVIRONMENT. EDUCATIONS. PERSONALITY: conference, Jelgava, 7-8 February 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.Fllufb.ltu.lv%2Fconference%2FREETP%2F2014%2FLatvia-Univ-Agricuit-REETP-2014proceedings-150-161.pdf&ei=li4bVJncFsuy7AbZi4GYBQ&usq=AFQjCNG6kXxr94VjTZnukt0X zuqeOgy2dQ>

9. Breteler M.R. Textile slow-release systems with medical applications / M.R. Breteler, V.A. Nierstrasz, & M.M.C.G. Warmoeskerken // AUTEX Research Journal. – 2002. – Vol.2, № 4. – P. 175–189 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.autexrj.com%2Fcms%2Fzalaczone_pliki%2F2-02-4.pdf&ei=_C8bVP_tO6L17AazqYCwBA&usq=AFQjC NG8Jbcvwnkk4VlhBbEoh7vr3EiLDA

10. Controlling Of Degradation Effects In Radiation Processing Of Polymers Iaea: conference, Vienna, 2009. – p. 232 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1617_web.pdf

11. Sennett M. Dispersion and Alignment of Carbon Nanotubes in Polycarbonate / M. Sennett, E. Welsh // Appl. Phys. – 2003. – A. 76. – P. 111–113 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://link.springer.com/article/10.1007/s00339-002-1449-x#page-1>

12. Dong W.G. Research on properties of nano polypropylene/TiO₂ composite fiber / W.G. Dong, G. Huang, // Journal of Textile Research. – 2002. – № 23. – P. 22–23.

13. Burniston N. Nano Technology Meets Titanium Dioxide / N. Burniston, C. Bygott, J. Stratton // Surface Coatings International. – 2004. – Part A. – P. 179–814.

14. Wong YWH. Selected applications of nanotechnology in textiles / YWH Wong, CWM Yuen, MYS Leung, SKA Ku, HLI Lam // AUTEX Res. J. – 2006. – № 6(1). P. 1–8 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.autexrj.com/cms/zalaczone_pliki/1-06-1.pdf

15. Song X.Q. The effect of nano-particle concentration and heating time in the anti-crinkle treatment of silk / X.Q. Song, A. Liu, C.T. Ji, H.T. Li // Journal of Jilin Institute of Technology – 2001. – № 22. – P. 24–27.

16. Kathiervelu S.S. Applications of nanotechnology in fibre finishing / S.S. Kathiervelu // Synthetic Fibres. – 2003. – № 32. – P. 20–22.

17. Zhang J. Hydrophobic cotton fabric coated by a thin nanoparticulate plasma film / J. Zhang, P. France, A. Radomyselskiy, S. Datta, J. Zhao, W.V. Ooij // Journal of Applied Polymer Science. – 2003. – № 88. – P. 1473–1481.

18. Harholdt K. Carbon Fiber Past and Future / Harholdt K. // Ind. Fabric Prod. Rev. – 2003. – № 88(4). – P. 14–28.

19. Troy M. Nanoparticle Silver Released into Water from Commercially Available Sock Fabrics / Troy M. Benn and Paul Westerhoff // Environmental Science & Technology. – 2008. – № 42 (11). – P. 4133–4139 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es7032718>

20. United State Patent No 6893492 US 10/657,300. Nanocomposites of cellulose and clay / White, L.A., Delhom, C.; Filing date Sep 8, 2003; Publication date May 17, 2005 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.patentbuddy.com%2Fpatent%2F6893492&ei=qz0bVIqgB63T7Abl_YHoDQ&usq=AFQjCNFr6VWEz3nH5Yz9dDoymgF-foYw

21. United State Patent, No 6607994. US 09/731,431. Nanoparticle-based permanent treatments for textiles / David SS.; Original Assignee Nano-Tex, Llc; Filing date Dec 6, 2000; Publication date Aug 19, 2003 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.google.com/patents/US6607994>

22. Chen R.Q. Nanometer materials and health-care textiles [Електронний ресурс] / R.Q. Chen // Dyestuff Industry. – 2002. – № 39. – P. 24–28. – Режим доступу : http://caod.oriprobe.com/articles/28215737/Nanometer_Materials_and_Health_care_Textiles.htm

23. Russell E. Nanotechnologies and the shrinking world of textiles / Russell E. // Textile Horizons. – 2002. – № 9/10. – P. 7–9.

24. Цебренько М.В. Властивості поліпропіленових мікрволокон, наповнених вуглецевими нанотрубками та композиціями з компатибізатором / М.В. Цебренько, В.Г. Резанова, М.Т. Картель, І.А. Мельник, Г.П. Приходько // Хімія, фізика та технологія поверхні. – 2013. – Т. 4. – № 3. – С. 305–313.

25. Мельник І.А. Поліпропіленові хірургічні мононитки з антимікробними властивостями / І.А. Мельник, В.Г. Резанова, М.В. Цебренько, Н.М. Резанова, А.О. Голтфрід, О.А. Вільцанюк // Вісник КНУТД. –

2013. – № 2. – С. 79–85.

26. Березненко М.П. Розробка нового асортименту синтетичних ниток, модифікованих нанопрепаратами / М.П. Березненко, В.І. Власенко, В.І. Вісленко, Н.О. Курлова // Вісник ХНУ. – 2011. – № 3. – С. 104–108.

27. Paraska O. Vision methods of examining the cleanliness of textile materials / O. Paraska, A. Sioma, S. Karvan // *Mechanics and Control*. – 2012. – Vol. 31. – No. 1. – P. 44–50.

28. Karvan S. Application of nanodispersions of silicon dioxide for treatment of textile materials / S. Karvan, O. Paraska, A. Marynin, V. Olishevskiy // *The Fiber Society's Spring 2012 Conference : Conference Proceedings, EMPA, St. Gallen, Switzerland, 23–25 May 2012*. – P. 143–144.

References

1. Nanotechnologies –Vocabulary –Part 1: Core terms. ISO/TS 80004-1:2010. – [Effective as of 2010-10-06]. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51240
2. Nanotechnology is under the "Concept of the Russian Federation works in the field of nanotechnology for the period up to 2010." – (Last updated date or date visite 10.09.2014) URL: <http://www.rusnor.org/nanoworld/about/6181.htm>
3. Nanotex a crypton company - Technology – (Last updated date or date visite 10.09.2014) URL: <http://www.nanotex.com/index.html#>
4. Innovative fabrics Schoeller Switzerland – Technologies – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: <http://www.schoeller-textiles.com/en/technologies.html>
5. ZIENER: The specialist for sports gloves and clothing – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: <http://ziener.com/en/>
6. The Institute for Soldier Nanotechnologies is a team — MIT, the Army, and industry – working together to discover and field technologies that dramatically advance Soldier protection and survivability capabilities. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: <http://isnweb.mit.edu/>
7. Ramkumar, S., "Frictional characterization of enzyme-treated fabrics", №11, vol. 2, 2002, pp. 24-27 (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: [http://www.refdoc.fr/?traduire=en&FormRechercher=submit&FormRechercher_Txt_Recherche_name_attr=listeTitreSerie:%20\(AATCC%20review\)](http://www.refdoc.fr/?traduire=en&FormRechercher=submit&FormRechercher_Txt_Recherche_name_attr=listeTitreSerie:%20(AATCC%20review))
8. Mecnica V., Hoerr M., Krievins I., Schwarz A., "Smart textiles for healthcare: applications and technologies", RURAL ENVIRONMENT. EDUCATIONS. PERSONALITY, Jelgava, 7-8 February 2014. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: <http://www.Fllufb.llu.lv%2Fconference%2FFREEP%2F2014%2FLatvia-Univ-Agricult-REEP-2014proceedings-150-161.pdf&ei=li4bVJncFusy7AbZi4GYBQ&usq=AFQjCNG6kXxr94VjTZnukt0XzuqeOgy2dQ>
9. Breteler, M.R., Nierstrasz, V.A., & Warmoeskerken, M.M.C.G., "Textile slow-release systems with medical applications", Autex Research Journal, Vol.2., №4, 2002, pp. 175-189. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: http://www.autexrj.com%2Fcms%2Fzalaczone_pliki%2F2-02-4.pdf&ei=C8bVP_t06L17AazqYcWBA&usq=AFQjCNG8Jbcvwnk4VlhBbEoh7vr3EiLDA
10. Controlling Of Degradation Effects In Radiation Processing Of Polymers laea, Vienna, 2009 P. 232. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: http://www.Fevidenceplease.net%2Fcategory%2Fsham-products%2F&ei=vjYbVMSoAqWf7AbZ7YC4Cw&usq=AFQjCNHxEvSUKgLqcmvRqX_kcoaR8zaHdA
11. Sennett M., Welsh E., "Dispersion and Alignment of Carbon Nanotubes in Polycarbonate", *Appl. Phys.*, A. 76, 2003, pp. 111-113. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00339-002-1449-x#page-1>
12. Dong, W.G. and Huang, G., "Research on properties of nano polypropylene/TiO2 composite fiber", *Journal of Textile Research*, 2002, 23, pp. 22-23.
13. Burniston, N., Bygott, C., and Stratton, J., "Nano Technology Meets Titanium Dioxide", *Surface Coatings International Part A*, 2004, pp. 179-814.
14. Wong YWH, Yuen CWM, Leung MYS, Ku SKA, Lam HLI, "Selected applications of nanotechnology in textiles". *Autex Res. J.*, 2006, 6(1), pp. 1-8. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: www.autexrj.com/cms/zalaczone_pliki/1-06-1.pdf
15. Song, X.Q., Liu, A., Ji, C.T., and Li, H.T., "The effect of nano-particle concentration and heating time in the anti-crinkle treatment of silk", *Journal of Jilin Institute of Technology*, 2001, 22, pp. 24-27.
16. Kathiavelu, S.S., "Applications of nanotechnology in fibre finishing", *Synthetic Fibres*, 2003, 32, pp.20-22.
17. Zhang, J., France, P., Radomyselskiy, A., Datta, S., Zhao, J., and Ooij, W.V., "Hydrophobic cotton fabric coated by a thin nanoparticulate plasma film", *Journal of Applied Polymer Science*, 2003, 88, pp. 1473-1481.
18. Harholdt K. "Carbon Fiber, Past and Future", *Ind. Fabric Prod. Rev.* 2003, 88 (4), pp.14-28.
19. Troy M. Benn and Paul Westerhoff, "Nanoparticle Silver Released into Water from Commercially Available Sock Fabrics", *Environmental Science & Technology*, 2008, 42 (11), pp. 4133–4139. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es7032718>
20. White, L.A., and Delhom, C., Nanocomposites of cellulose and clay. United State Patent No 6893492, May 17, 2005. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: http://www.patentbuddy.com%2Fpatent%2F6893492&ei=qz0bVIqgB63T7AbI_YHoDQ&usq=AFQjCNF-r6VWEz3nH5Yz9dDoymgF-foYw
21. David SS. Nanoparticle-based permanent treatments for textiles. United State Patent, No 6607994, Aug 19, 2003. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: <http://www.google.com/patents/US6607994>
22. Chen, R.Q., "Nanometer materials and health-care textiles", *Dyestuff Industry*, 2002, 39, pp. 24-28. – (Last updated date or date visite 14.09.2014) URL: http://caod.oriprobe.com/articles/28215737/Nanometer_Materials_and_Health_care_Textiles.htm
23. Russell, E., "Nanotechnologies and the shrinking world of textiles", *Textile Horizons*, 2002, 9/10, pp. 7-9.
24. Tsebrenko M., "Propereties of polypropylene microfibers filled with carbon nanotubes and their composites with compatibilizer", *Chemistry, Physical and Technology*, 2013, Vol. 4, № 3, pp. 305-313.
25. Melnik I., Rezanova V., Tsebrenko M., Rezanova N., Gottfried A., Viltsanyk A., "Polypropilene surgical monothreads with antimicrobial properetis", *Visnik Kyiv National University of Technologies and Design*, 2013, № 2, pp. 79-85.
26. Berезненко М.П., Vласенко В.І., Vисленко Н.О., Курлова Н.О., "Development of a new range synthetic strings modified nanoproducts", *Visnik Khmelnytskyi National University*, 2011, № 3, pp. 104-108
27. Paraska O., Sioma A., Karvan S., "Vision methods of examining the cleanliness of textile materials", *Mechanics and Control*, 2012, Vol. 31, No. 1, pp. 44-50.
28. Karvan S., Paraska O., Marynin A., Olishevskiy V., "Application of nanodispersions of silicon dioxide for treatment of textile materials", *The Fiber Society's Spring 2012 Conference : Conference Proceedings, EMPA, St. Gallen, Switzerland, 23-25 May 2012*, P. 143 – 144.

Рецензія/Peer review : 21.8.2014 р.

Надрукована/Printed :30.9.2014 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Г.Б. Параска