

УДК 620.3:687.03

DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863/73-2-9>**Ірина ЄРЕМЕНКО,**orcid.org/0000-0002-3676-4892

кандидат мистецтвознавства,

доцент та завідувач кафедри дизайну

Харківської державної академії дизайну і мистецтв

(Харків, Україна) ieremenko@meta.ua**Дар'я ТЮТЬКО,**orcid.org/0009-0005-3708-7773

студентка I курсу магістратури факультету дизайну

Харківської державної академії дизайну і мистецтв

(Харків, Україна) tyutkodina@gmail.com

НАНОТЕХНОЛОГІЇ ТА НАНОТЕКСТИЛЬ У СУЧАСНОМУ ДИЗАЙНІ ТКАНИН

У статті розглянуто питання застосування нанотехнологій та нанотекстилю в сучасному дизайні тканин. Метою роботи є обґрунтування доцільності та можливості використання нанотехнологій та наноматеріалів в дизайні та зовнішньому вигляді тканин та виробів з них.

Методологія дослідження заснована на використанні методів узагальнення і систематизації теоретичних доробок і аналізу практичних розробок з використанням нанотехнологій в предметному дизайні. Наукова новизна дослідження полягає в аналізі та систематизації використання нанотехнологій і наноматеріалів в дизайн-концепціях об'єктів наповнення предметного середовища людини. На основі результатів проведеного дослідження доходимо висновків, що сучасна людина дуже активно користується різноманітними наноматеріалами та нанотехнологіями які зазнають деякої трансформації з урахуванням технологічних досягнень. Нанотехнології, які постійно удосконалюються, можуть бути залучені дизайнерами для вирішення загальних потреб споживачів в різних галузях, таких як «Медицина і здоров'я», «Одяг», «Архітектура», «Промисловість» тощо. При створенні нового дизайнерського продукту або реорганізації вже існуючого з застосуванням нанотехнологій головною вимогою є формування безпечного, зручного наноматеріалу і співіснування людини та дизайн-розробки, яка найчастіше носить безпосередньо на людині чи використовується нею. Впроваджені нанотехнології орієнтовані на досягнення успіху людини, новітніх проєктів, організацій, підприємств. Однак, при використанні нанотехнологій важливо також враховувати можливі екологічні та здоров'язбережувальні наслідки, щоб гарантувати безпечне та відповідальне використання цих нових технологій. Загалом, нанотехнології становлять собою потужний інструмент, який може значно вплинути на майбутнє дизайну тканин та виробів з них. Ключовою тенденцією в дизайні з застосуванням нанотехнологій є те, що дизайн-продукт має містити покращену або нову функцію та при цьому бути зручною та приємною для взаємодії з людиною.

Ключові слова: наука, нанотехнології, наноматеріали, нанотекстиль, наночастинки, нановолокна, дизайн.

Iryna EREMENKO,orcid.org/0000-0002-3676-4892

Candidate of Art History,

Associate Professor and Head of the Department of Design

Kharkiv State Academy of Design and Arts

(Kharkiv, Ukraine), ieremenko@meta.ua**Daria TYUTKO,**orcid.org/0009-0000-2623-9982

Student of the 1st year of the Master's degree at the Faculty of Design

Kharkiv State Academy of Design and Arts

(Kharkiv, Ukraine), tyutkodina@gmail.com

NANOTECHNOLOGY AND NANOTEXTILES IN MODERN FABRIC DESIGN

The article deals with the application of nanotechnology and nanotextiles in modern fabric design. The purpose of the work is to substantiate the expediency and possibility of using nanotechnology and nanomaterials in the design and appearance of fabrics and products made from them.

The research methodology is based on the use of methods of generalization and systematization of theoretical developments and analysis of practical developments using nanotechnology in object design. The scientific novelty of the study consists in the analysis and systematization of the use of nanotechnologies and nanomaterials in the design concepts of objects filling the human subject environment. Based on the results of the conducted research, we come to the conclusion that modern man very actively uses various nanomaterials and nanotechnologies, which are undergoing some transformation taking into account technological achievements. Nanotechnology, which is constantly improving, can be used by designers to solve the general needs of consumers in various fields such as Medicine and Health, Apparel, Architecture, Industry, etc. When creating a new designer product or reorganizing an existing one with the use of nanotechnology, the main requirement is the formation of a safe, convenient nanomaterial and the coexistence of a person and a design-development, which is most often worn directly by a person or used by him. The introduced nanotechnologies are aimed at the achievement of human success, the latest projects, organizations, and enterprises. However, when using nanotechnology, it is also important to consider the possible environmental and health consequences to ensure the safe and responsible use of these new technologies. Overall, nanotechnology is a powerful tool that can significantly impact the future of fabric and fabric design. A key trend in nanotechnology design is that the design product should contain an improved or new function while being comfortable and enjoyable for human interaction.

Key words: science, nanotechnology, nanomaterials, nanotextiles, nanoparticles, nanofibers, design.

Постановка проблеми. Сьогодні нанотехнології задіяні задля досягнення успіху новітніх проєктів, організацій, підприємств. Нанотехнологія – це маніпуляція матерією на рівні, близькому до атомного, для створення нових структур, нових властивостей і можливостей матеріалів і об'єктів. Ця технологія впроваджується у багатьох секторах, таких як медицина, споживчі товари, енергетика, матеріали та виробництво. Науковий прогрес спонукає дизайнерів створювати нові концепти застосовуючи новітні інноваційні розробки. Сьогодні найперспективнішим напрямком інноваційних досліджень є розвиток нанотехнологій, які зробили свій вплив на всі види дизайну, зокрема на предметний дизайн. Тому дослідження можливостей застосування нанотехнологій в дизайні об'єктів і предметів, які оточують людину, створюють їй необхідне життєве середовище є вкрай актуальним і необхідним для поліпшення умов життєдіяльності та комфортного існування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних вітчизняних наукових джерелах увагу насамперед приділяють інформаційним технологіям, що до використання нанотехнологій наукових робіт украй мало. До того ж ці роботи стосуються передусім нановолокон (Мунима Хаке, 2019: 131–148). Сфера застосування нанотехнологій постійно розширюється. І сфера дизайну є одним із ключових напрямків. Процес інноваційної трансформації суспільства, фактично диджиталізація, ставить нові виклики перед об'єктами дизайну, їхньою структурою та способом, у який споживачі потребують все більше функцій чи нових якостей від наноматеріалів. Крім того, нанотехнології дозволяють споживачам використовувати об'єкти дизайну особисто.

Мета дослідження: дослідити природу нанотехнологій, проаналізувати досвід застосування нанотехнологій та наноматеріалів в дизайні і

окреслити перспективи подальшого використання новітніх технологій в інноваційних дизайн-розробках.

Виклад основного матеріалу. Розвиток технологій все більше і більше спонукає людство до автоматизації і оптимізації всього навколо себе, особливо це стосується предметного наповнення середовища і різноманітних пристроїв для життєдіяльності людини. Як правило, оптимізація стосується формоутворення, матеріалів і розмірів оптимізованих об'єктів. Комп'ютери стають все компактніше, мобільні телефони і екрани телевізорів все тонше, а деякі гаджети навіть неможливо розглядіти неозброєним оком. Чим менше сам об'єкт, відповідно тим менше і його складові елементи. Саме тут і стає в нагоді така галузь, як нанотехнологія.

Існує безліч визначень даного терміна. Самим розповсюдженим є такий: область фундаментальної та прикладної науки і техніки, що включає теоретичне обґрунтування, практичне дослідження, а також методи виробництва та застосування продуктів із заданою атомною структурою шляхом контрольованого маніпулювання окремими атомами та молекулами (Боровий, Куницький, Каленик, Овсієнко, Цареградська, 2015: 211).

Впровадження нанотехнологій сьогодні є гостро перспективним, а в процесі проєктування нових ідей та інновацій задіяні найкращі команди науковців, екологів, дизайнерів та представників виробництва всіх галузей. Прогнози серйозних вчених по частині «нано» звучать абсолютно фантастично: завдяки досягненням нанотехнології в найближчі 50 років передбачається вирішити проблему нестачі ключових ресурсів на планеті, в тому числі їжі і енергії; будуть переможені практично всі відомі хвороби, стане реальним автоматичне будівництво колоній на Місяці і Марсі і багато-багато іншого.

Ця наука XXI століття дозволяє створювати такі прилади і матеріали, про які ще недавно можна було тільки мріяти. «Наприклад, нанотрубки – волокна в 50-100 тисяч разів тонші людської волосини і при цьому в 50-100 разів міцніші за сталь. Фахівцями NASA вже розроблений проєкт космічного ліфта на основі нанотрубок, який дозволить доставляти на орбітальні станції вантажі без допомоги космічних човників» (Марія Крігер, 2017).

Як приклад, можна навести створення критичного пристрою для передачі голографічного зображення (що можна використовувати в рекламній індустрії, а також в інтернет-комунікаціях), створення наноплівки (для використання в гнучких сонячних батареях), створення нанороботів, що здатні переміщуватися в рідині, створення нанороботів, здатних самостійно лагодити пошкодження в своїх електроланцюгах.

Зазвичай в дизайні більшу увагу надають саме наноматеріалам, що сприяє використанню цих матеріалів в дизайні одягу і взуття.

Існують різні способи виробництва нанотекстилю. Це може бути нано покриття або синтезовані наночастинки включаються в волокна або текстиль. Наночастинки також можуть наноситися як покриття на поверхню готового виробу. Існують також різні методи нанесення покриттів, такі як аерозоль-гель, полімеризація плазми та шарове нанесення наночастинок на текстильні волокна.

Ці методи можуть підвищити довговічність, а також зробити тканину стійкою до екстремальних погодних умов. Склад матеріалів нанопокриттів, таких як поверхнево-активні речовини та несуче середовище, може змінювати текстуру поверхні тканин.

Нановолокно виробляється методом електропрядіння та процесом роздільного прядіння. Нановолокна мають багатифункціональні властивості, такі як хороша фільтрація, велика площа поверхні, висока проникність, малий діаметр волокна і тонкі шари. Ці тканини здатні фільтрувати токсичні гази, хвороботворні мікроорганізми (бактерії, віруси) та шкідливі речовини, що є у повітрі. Рівномірний розподіл наночастинок у полімерних матрицях надає тканинам міцність та стійкість до стирання. Нановолокна можуть підвищити міцність композитних волокон на розрив.

Нанокompозит складається із суміші двох або більше різних речовин нанометрового розміру. Цей метод допомагає виробляти тканини з покращеними електричними, механічними, оптичними та біологічними властивостями. Ця технологія

дозволяє виробляти комунікативний текстиль, кольоровий текстиль, текстиль, що зігріває та охолоджує текстиль, текстильні датчики та цифрову моду. Іони металів і статична електрика відіграють вирішальну роль у наданні тканинам стерилізуючих властивостей.

Антистатичні властивості нановолокон допомагають відштовхувати статичні речовини, що притягують, такі як ворс, собача вовна і пил. Наночастинки технічного вуглецю та вуглецеві нановолокна є ефективними армувальними матеріалами для композитних волокон (Izzyfortiz, 2018).

Багато предметів одягу, особливо виготовлені з поліестеру або нейлону, мають тенденцію накопичувати статичні заряди, що призводить до розтріскування волосся та незвичайного прилипання одягу до шкіри. Наночастинки, такі як оксид цинку та оксид титану, а також оксид олова, легований сурмою, проводять електрику і можуть допомогти розсіяти заряд, тим самим запобігаючи прилипання до одягу.

Тканина без запаху створюється за допомогою нанесення наночастинок срібла на тканині запобігає неприємному запаху, спричиненому активністю мікробів. Багато компаній використовують тканини, вкриті наночастинками срібла, для створення одягу без запаху, такої як панчохи, шкарпетки та спідня білизна. Корейська компанія Hyosung розробляє нейлонові волокна, що містять наночастинки срібла, які знижують зростання деяких шкідливих бактерій на 99,9%. Частинки виділяють позитивно заряджені іони, які заважають бактеріальним клітинам функціонувати належним чином, тим самим видаляючи їх із поля зору. Щоб поліпшити ситуацію, ці частинки срібла настільки малі за розміром, що одяг залишається м'яким і зручним для носіння.

Водостійка тканина створюється завдяки наночастинкам кремнезему, що створюють водостійке покриття при введенні в тканину або розпорошенні на поверхню тканини. Наночастинки кремнезему, впроваджені в тканину або розпорошені на її поверхню, створюють екран, який захищає одяг від рідин, що утворюють плями, і навіть відштовхує воду. Шорсткість кремнеземного покриття створює достатній поверхневий натяг, щоб краплі рідини скочувалися з поверхні одягу, а не вбиралися в неї.

Nano-Тех покращує водовідштовхувальні властивості тканини внаслідок створення наноусів, які являють собою вуглеводні та становлять 1/1000 розміру типового бавовняного волокна. Простір між вусами на тканині менше, ніж звичайна крапля води, але все ж таки більше, ніж молекули

води; вода, таким чином, залишається на верхній частині вусів та над поверхнею тканини. Однак, рідина все одно може пройти через тканину, якщо прикласти до неї тиск. Одяг з нанотехнологіями може мати різні функціональні можливості.

Наноматеріали у текстилі виявилися надзвичайно цінними для виробництва захисного одягу для працівників служб екстреної допомоги, таких як військовослужбовці, пожежники та медичні працівники.

Найважливіші функції, які виконує одяг, — захист власника від негоди. Однак він також призначений для захисту власника від шкідливих сонячних променів. Промені в діапазоні довжин хвиль від 150 до 400 нм відомі як ультрафіолетове випромінювання. Властивість тканини блокувати ультрафіолетове випромінювання посилюється, якщо в ньому є барвник, пігмент, матуючий агент або покриття, що поглинає ультрафіолетове випромінювання, яке поглинає ультрафіолетове випромінювання і блокує його передачу через тканину на шкіру.

Оксиди металів, такі як оксид цинку, як блокатори УФ-випромінювання більш стабільні порівняно з органічними агентами, що блокують УФ-випромінювання. Отже, нанозно дієсно покращить здатність блокувати УФ-випромінювання завдяки збільшенню площі поверхні та інтенсивному поглинанню в УФ-області. Для антибактеріальної обробки наночастинки оксиду цинку перевершують наносрібло за економічністю, білизною та властивостями блокування УФ-випромінювання.

Тканина, оброблена УФ-поглиначами, гарантує, що одяг відхиляє шкідливі ультрафіолетові промені сонця, повторно зменшуючи вплив УФ-випромінювання на людину та захищаючи шкіру від потенційного пошкодження. Ступінь захисту шкіри, необхідна для різних типів шкіри людини, залежить від інтенсивності та розподілу УФ-випромінювання залежно від географічного положення, часу доби та сезону. Цей захист виражається як SPF (фактор захисту від сонця). Чим вище значення SPF, тим краще захист від УФ-випромінювання.

З постійним дослідженням нанотканин виникають незвичні стартапи. Наведемо деякі приклади. Bolt Threads (BT) – каліфорнійський стартап, що спеціалізується на зборі синтетичного павукового шовку, що використовується як альтернативний матеріал в одязі. Павуковий шовк набагато міцніший за сталь, але також і набагато м'якший, тому його дуже легко сплести в пряжу і створити міцний одяг. Поки що їх павуковий шовк викорис-

товується компаніями, які виробляють одяг для активного відпочинку, для виготовлення надміцного похідного спорядження, проте щойно вони отримують більше фінансування, можна буде почати використовувати павучий шовк і в інших типах одягу.

Подібно до BT, японський стартап Спайбер Spiberта також виробляє павучий шовк, проте цілком протилежним способом, ніж його конкурент. Виробничий процес Spiber заснований на молекулярному дизайні та генному синтезі, що дозволяє створювати різноманітніший спектр речовин. Хоча в цей час компанія працює в автомобільній та швейній промисловості, вона планує розширити свою діяльність у сфері охорони здоров'я, будівництва та аерокосмічної промисловості (Tucker Bowe, 2021).

Швейцарський стартап Osmotex створив активну мембрану з електронним керуванням, яка дуже ефективно та результативно переносить вологу. Їхнє творіння називається HYDRO_BOT і надає нові можливості в дизайні одягу. Розробка HYDRO_BOT використовується розробниками в дизайні спортивного, робочого та захисного одягу, в якому нанотехнології використовуються для виділення вологи (ATA, 2019).

Маніпулювання матерією за допомогою наночастинок змінило використання людьми одягу і текстилю. Сьогодні можливо виробляти простирадла, які завжди залишаються свіжими, і їх можна вже придбати в різних магазинах. Ці нові та інноваційні підходи незабаром змінить те, як споживач буде використовувати продукт, та підвищить ефективність дизайнерської роботи.

Обробка текстилю нанотехнологічними матеріалами – це метод поліпшення властивостей текстилю, підвищення його довговічності, приємніших кольорів тощо.

Нанотехнології також можна використовувати для додавання нових функцій, таких як накопичення енергії та зв'язок. Деякі цікаві приклади нанопокращеного текстилю, представленого на ринку. Плямовідштовхувальні та стійкі до зморшка нитки, вплетені в текстильні вироби.

В обігрівачах тіла використовуються матеріали з фазовим переходом (PCM), що реагують на зміну температури тіла.

Купальний костюм: найбільш широко відоме застосування – костюм з акулячої шкіри, який носили під час олімпійського чемпіонату з плавання, що встановив світовий рекорд. Костюм, що включає шар плазми, посилений за допомогою нанотехнологій для відштовхування молекул води, призначений для того, щоб допомогти

плавцю ковзати по воді, і став звичайним явищем на великих змаганнях із плавання, оскільки всі учасники намагаються підвищити свої шанси на перемогу.

Крім розробки текстилю, здатного протистояти екстремальним умовам навколишнього середовища, вчені звернулися до природних вірусних наночастинок, що живуть у найсуворіших умовах, як нові будівельні блоки для нанотехнологій. Одяг, який відчуває навколишнє оточення і взаємодіє з власником, є область значного інтересу.

Такі нанодатчики на текстильній основі можуть забезпечити персоналізовану систему охорони здоров'я, відстежуючи життєво важливі показники, коли ви біжите в гору або реагуючи на зміни погоди. Отже же ми бачимо поєднання двох галузей дизайну в єдину, де одяг стає і гаджетом, який захищає людину.

Гнучкі електронні схеми теж можна використовувати у нанотканинах чи інших частин одягу, чи аксесуарів, що допоможе стежити за станом здоров'я чи мати інші додаткові функції.

Nano-Tech запустила нову обробку, що запобігає утворенню складок, засновану на нанотехнологіях, яка, як стверджується, забезпечує покращені характеристики, зберігаючи при цьому міцність та цілісність тканини, що є альтернативою суворим традиційним процесам. Хімічні речовини та методи обробки знижують розрив та міцність тканини на розрив. Це означає, що існують певні тканини та предмети одягу, які не мнуть. Текстиль популярний і зручний для споживачів, які мають обмеженість у часі, але традиційні не підходять для використання без зморшок, наприклад, легкі тканини або одяг, що облягає.

Іноді тканини також необхідно перепроєктувати або посилити, щоб протистояти деградації волокон, спричиненої традиційними рішеннями без складок. У будь-якому випадку, сучасні технології або не працюють з усіма тканинами, або бренду/продавцю доводиться нести додаткові витрати тільки для того, щоб врахувати руйнівні властивості хімікатів, що не допускають складок.

Нанорозмірна молекулярна структура нової технології Fortify DP компанії Nano-Tech глибше проникає у волокно, покращуючи його відсутність складок. Крім того, в ньому використовується довший і гнучкіший зшитий ланцюг, який знижує напругу волокна при розтягуванні, тим самим зменшуючи значну втрату міцності, пов'язану з традиційною хімією без зморшок.

Застосування нанотехнологій також сприяє створенню мініатюрних датчиків, розташованих безпосередньо на одязі. Це відкриває можливості

для розвитку «розумних» технологій в одязі, які можуть моніторити фізіологічні показники, включаючи серцевий ритм і рівень активності.

Загалом, нанотехнології в дизайні одягу дозволяють поєднати стиль та функціональність, відкриваючи нові перспективи в розробці та виготовленні сучасного одягу.

Ці технології дозволяють використовувати наноматеріали й наноструктури для створення нових матеріалів, які мають покращені властивості, такі як водо-і брудовідштовхувальність, антибактеріальність, терморегулювання і т.д.

Також нанотехнології можуть бути застосовані для створення інноваційних дизайнерських елементів, таких як кольорові електрохромні дисплеї, світлодіодні тканини, вбудовані сенсори чи інтегрована електроніка у текстильних виробках. Використання нанотехнологій у дизайні одягу відкриває широкі можливості для створення функціонального, стильного та передового одягу.

Розумний одяг з нанотехнологіями – це одяг, який має вбудовані нанодатчики та електронні компоненти для збору даних та взаємодії з носієм.

Ця концепція поєднує інновації в галузі наноматеріалів та електроніки, щоб створити адаптивний, комфортний та функціональний одяг. Нанодатчики, такі як гнучкі сенсори або мікрочипи, розташовані в різних частинах одягу, таких як тканина, кнопки або застібки чи бути частиною аксесуара.

Вони здатні вимірювати такі параметри, як температура тіла, серцевий ритм, рівень активності та інші біометричні дані. Ці дані можуть бути передані до смартфона або іншого пристрою для збору та аналізу. Крім того, розумний одяг може мати вбудовані електронні функції, такі як інтелектуальне регулювання температури, світлові ефекти або навіть відновлювання енергії.

Наприклад, одяг може здатися оптимальний рівень тепла, коли температура змінюється, або може світитися для підвищення видимості в умовах низької освітленості. Концепція розумного одягу з нанотехнологіями викликає значний інтерес у багатьох галузях, включаючи медицину, спорт, моду та військові технології (Md Golam Robban, 2023).

Наприклад, в медицині розумний одяг може використовуватися для моніторингу стану хворих або управління хронічними захворюваннями.

Однак, крім потенційних переваг, концепція розумного одягу з нанотехнологіями також стикається з деякими викликами, такими як проблеми з безпекою даних, вартість виробництва та зручність використання.

Для того, щоб ця концепція стала широко поширеною, потрібно подолати ці виклики та розробити більш ефективні та доступні рішення. У цілому, концепція розумного одягу з нанотехнологіями становить собою заохочувальну перспективу для майбутнього розвитку одягу та Інтернету речей, і може створити нові можливості для зручності, комфорту та стану життя користувачів.

Нанотехнології використовують не тільки в дизайні одягу. Маємо приклади галузей, де матеріали, покращені нанотехнологіями, знаходять застосування в розробці новітніх об'єктів наповнення предметного середовища, в автомобільному дизайні, в космічній галузі, тощо.

Маємо приклади таких нанострічок, що складають основу чіпів, які настільки гнучкі, що їх можна обернути навколо краю покривного скла мікроскопа, і настільки розтягуються, що їх можна скрутити у штопор. Ці крихітні, гнучкі електронні листи можна вбудувати наприклад, в хірургічні рукавички для моніторингу життєво важливих показників людини (Izzyfortiz, 2018).

Висновки. Сучасна людина все більше користується різноманітними наноматеріалами, які постійно удосконалюються за допомогою технологічних досягнень. Нанотехнології, які постійно удосконалюються, можуть бути залучені дизайнерами при розробці всіляких об'єктів для вирішення загальних потреб споживачів в різних галузях, таких як «Медицина і здоров'я», «Одяг», «Архітектура», «Промисловість» тощо.

Залучення наноматеріалів і нанотехнологій впливає на формування концепції майбутнього об'єкту, бо повинна враховувати особливості формоутворення і специфіку виготовлення таких продуктів.

При створенні нового дизайнерського продукту або реорганізації вже існуючого з засто-

суванням нанотехнологій головною вимогою є формування зручного, ергономічного продукту та продумування співіснування людини та дизайн-розробки. Бо такий продукт максимально залучений до співіснування з людиною. Впроваджені нанотехнології орієнтовані на досягнення успіху людини, покращення її існування, життєдіяльності, здоров'я.

Ключовою тенденцією в дизайні з застосуванням нанотехнологій є те, що дизайн-продукт стає «частиною» людини або отримує нові функції, поліпшуючи вже існуючі для вирішення тої чи іншої проблеми.

Дизайн речей з застосуванням нанотехнологій частіше за все є мінімалістичним та ергономічним, через постійну взаємодію з людиною.

Перспективи подальшого розвитку. Як можна побачити з прикладів в дизайні речей, напрямок нанотехнологій стрімко розвивається. Наноматеріали стають все більш популярними в різних галузях, таких як «промисловість», «одяг», «медицина». Людина потребує все більш новітні матеріали, які б мали нові фізичні якості та були б більш універсальні для різних ситуацій.

Унікальні дизайн-концепти реалізовані завдяки співпраці технологів, хіміків, науковців, інженерів. Відкриття новітніх технологічних розробок провідних світових дослідницьких центрів, креативність сучасних дизайнерів та кращих дизайнерських студій сприяють розширенню сфери застосування наноматеріалів у повсякденне життя людини та покращують його. Вивчення нанотехнологій та прогнозування сфери їх використання в предметному дизайні є важливим чинником у соціальному і культурному та практичному розвитку сучасної людини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Munima Haque. Nano Fabrics in the 21st century: a review. *Asian Journal of Nanoscience and Materials*, 2019, 2(2), 131–148. URL: https://www.ajnanomat.com/article_81050.html
2. Боровий М.О., Куницький Ю.А., Каленик О.О., Овсієнко І.В., Цареградська Т.Л. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої. Київ: Інтерсервіс, 2015. С. 211. URL: https://gen.phys.knu.ua/files/nanomaterials_nanotech.pdf
3. Марія Крігер. Нанотехнології сьогодні і завтра. Журнал Сучасна освіта № 5, 2017. URL: <https://s-osvita.com.ua/magazine/stati-iz-zhurnala/znakomtes-professiya/1453-nanotekhnologiji-sogodni-i-zavtra>
4. Hadley Leggett. Million Spiders Make Golden Silk for Rare Cloth. веб-сайт. URL: <https://www.wired.com/2009/09/spider-silk/> (date of access: 19.02.2024).
5. Izzyfortiz. Nano-textiles: The Fabric of the Future. URL: <https://sustainable-nano.com/2018/11/28/nano-textiles/> (date of access: 21.02.2024).
6. Tucker Bowe. Is Spider Silk the Performance Fabric of the Future. URL: <https://www.gearpatrol.com/tech/a466684/bolt-threads-synthetic-spider-silk/> (date of access: 19.02.2024).
7. ATA. When innovation succeeds. URL: <https://textiletechsource.com/2019/06/10/when-innovation-succeeds/> (date of access: 21.02.2024).
8. Yetisen, A.K., Qu, H., Manbachi, A., Butt, H., Dokmeci, M.R., Hinesstroza, J.P., Skorobogatiy, M., Khademhosseini, A. and Yun, S.H. Nanotechnology in textiles. *ACS nano*, 10(3), 2016, pp. 3042–3068. Available at: <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b08176> (date of access: 21.02.2024).

9. Md Golam Robbani. Future of Textiles with Nanotechnology. URL: <https://textilefocus.com/future-of-textiles-with-nanotechnology/> (date of access: 19.02.2024).

REFERENCES

1. Munima Haque. (2019). Nano Fabrics in the 21st century: a review URL: https://www.ajnanomat.com/article_81050.html
2. Borovyi M.O., Kunytskyi Yu.A., Kalenyk O.O., Ovsienko I.V., Tsarehradska T.L. (2015). Nanomaterialy, nanotekhnolohii, nanoprystroji [Nanomaterials, nanotechnologies, nanodevices]. Kyiv: Interservis. p. 211. URL: https://gen.phys.knu.ua/files/nanomaterials_nanotech.pdf. [in Ukrainian].
3. Maria Krieger. (2017). Nanotekhnolohii sohodni i zavtra [Nanotechnology today and tomorrow]. Zhurnal Suchasna osvita № 5. URL: <https://s-osvita.com.ua/magazine/stati-iz-zhurnala/znakomtes-professiya/1453-nanotekhnologiji-sogodni-i-zavtra> [in Ukrainian].
4. Hadley Leggett. (2009). Million Spiders Make Golden Silk for Rare Cloth URL: <https://www.wired.com/2009/09/spider-silk/>
5. Izzyfortiz. (2018). Nano-textiles: The Fabric of the Future URL: <https://sustainable-nano.com/2018/11/28/nano-textiles/>
6. Tucker Bowe. (2021). Is Spider Silk the Performance Fabric of the Future URL: <https://www.gearpatrol.com/tech/a466684/bolt-threads-synthetic-spider-silk/>
7. ATA. (2019). When innovation succeeds URL: <https://textiletechsource.com/2019/06/10/when-innovation-succeeds/>
8. Yetisen, A.K., Qu, H., Manbachi, A., Butt, H., Dokmeci, M.R., Hinestroza, J.P., Skorobogatiy, M., Khademhosseini, A. and Yun, S.H. (2016) Nanotechnology in textiles ACS nano, 10(3), pp. 3042–3068. Available at: <https://doi.org/10.1021/acsnano.5b08176>
9. Md Golam Robbani. (2023). Future of Textiles with Nanotechnology. URL: <https://textilefocus.com/future-of-textiles-with-nanotechnology/>