

Стаття надійшла до редакції /  
Received 05.02.2026

Прийнята до друку /  
Accepted 27.02.2026

Опубліковано /  
Published 09.04.2026

УДК 685.34:677  
<https://doi.org/10.30857/2706-5898.2026.1.3>

### ГАРАНІНА ОЛЬГА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна  
e-mail: [helgaranina@gmail.com](mailto:helgaranina@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-4715-3851>

### РЕДЬКО ЯНА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна  
e-mail: [82yanet@gmail.com](mailto:82yanet@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-7284-6898>

### АНДРЕЄВА ОЛЬГА

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна  
e-mail: [andrejeva.oa@knutd.edu.ua](mailto:andrejeva.oa@knutd.edu.ua)  
<https://orcid.org/0000-0001-8374-2306>

### ВОРОБІЙОВ КИРИЛО

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна  
e-mail: [kiril.vorobjov@ukr.net](mailto:kiril.vorobjov@ukr.net)

## СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВЗУТТЄВИХ УСТІЛОК

**Мета** полягає в аналізі сучасного стану досліджень у галузі взуттєвих устілок, зокрема їх класифікації, матеріалів та конструктивних рішень, а також узагальнення властивостей і технологій виготовлення устілок з антибактеріальною дією.

**Методи.** Методи критичного аналізу, систематизації та узагальнення наукових публікацій і нормативно-довідкових джерел у галузі взуттєвого та текстильного виробництва. Для структурування типів устілок застосовано класифікаційний підхід, а для оцінки їх функціональних, гігієнічних та антибактеріальних властивостей — порівняльно-аналітичний метод. Аналіз багатошарових конструкцій устілок і формування мікроклімату взуття здійснено із використанням системно-структурного підходу.

**Результати.** Здійснено огляд сучасних наукових підходів до класифікації взуттєвих устілок, матеріалів їх виготовлення та антибактеріальних властивостей. Розглянуто вплив конструкції й матеріалів устілок на комфорт, гігієнічний стан і мікроклімат внутрішнього простору взуття. Узагальнено основні технології надання устілкам антимікробної дії та окреслено перспективи використання комбінованих і природних матеріалів для підвищення експлуатаційних і гігієнічних властивостей взуття.

**Наукова новизна** полягає в комплексному узагальненні та систематизації сучасних наукових даних щодо матеріалів, конструкцій і функціональних властивостей взуттєвих устілок з урахуванням їх гігієнічних та антибактеріальних характеристик. Уперше в межах оглядового дослідження структуровано взаємозв'язок між типом матеріалів устілок, багатошаровою будовою та ефективністю антибактеріальної дії в умовах формування мікроклімату взуття. Систематизовано основні технологічні підходи до надання устілкам антимікробних властивостей і визначено перспективні напрями використання комбінованих та природних матеріалів для підвищення експлуатаційних і гігієнічних показників взуттєвих виробів.

**Практична значимість** полягає в можливості подальшого використання отриманих результатів в якості теоретичної основи для проведення нових експериментальних досліджень і розроблення інноваційних конструкцій взуттєвих устілок з підвищеними гігієнічними та експлуатаційними властивостями.

**Ключові слова:** класифікація устілок; антибактеріальні характеристики; гігієнічні властивості; комфортність; текстильні матеріали.

# CURRENT STATE OF RESEARCH ON MATERIALS AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF FOOTWEAR INSOLES

HARANINA OLGA, REDKO YANA, ANDREYEVA OLGA, VOROBIOV KYRYLO  
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**Purpose.** The purpose of this paper is to analyze the current state of research in the field of footwear insoles, in particular their classification, materials, and design solutions, as well as to summarize the properties and manufacturing technologies of insoles with antibacterial effects.

**Methodology.** Methods of critical analysis, systematization, and synthesis of scientific publications and regulatory and reference sources in the fields of footwear and textile manufacturing were applied. A classification approach was used to structure types of insoles, while a comparative analytical method was employed to evaluate their functional, hygienic, and antibacterial properties. The analysis of multilayer insole structures and the formation of the footwear microclimate was carried out using a systems-structural approach.

**Results.** A review of current scientific approaches to the classification of footwear insoles, materials used for their production, and their antibacterial properties has been conducted. The influence of insole design and materials on comfort, hygienic condition, and the microclimate of the footwear interior has been examined. The main technologies for imparting antimicrobial properties to insoles have been summarized, and prospects for the use of combined and natural materials to improve the performance and hygienic characteristics of footwear have been identified.

**Scientific novelty.** The scientific novelty of this review lies in the comprehensive synthesis and systematization of contemporary scientific data on materials, structures, and functional properties of footwear insoles, taking into account their hygienic and antibacterial characteristics. For the first time within the scope of a review study, the relationship between insole material type, multilayer structure, and the effectiveness of antibacterial action under conditions of footwear microclimate formation has been structured. The main technological approaches to providing insoles with antimicrobial properties have been systematized, and promising directions for the use of combined and natural materials to enhance the performance and hygienic indicators of footwear products have been identified.

**Practical value.** The practical significance of the study lies in the possibility of using the obtained results as a theoretical basis for further experimental research and for the development of innovative footwear insole designs with improved hygienic and performance properties.

**Keywords:** insole classification; antibacterial properties; hygienic properties; comfort; textile materials.

**Вступ.** Устілки є важливою складовою конструкції взуття, яка безпосередньо контактує зі стопою та суттєво впливає на рівень комфорту, гігієнічність, терморегуляцію й експлуатаційні властивості взуттєвих виробів. У процесі носіння взуття формується специфічне мікросередовище, що характеризується підвищеною температурою, вологістю та обмеженою вентиляцією, створюючи сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів і накопичення продуктів їх життєдіяльності.

Наявність вологи та органічних речовин, що виділяються зі шкіри стопи, зумовлює інтенсивне розмноження бактерій і грибків, які є основними причинами виникнення неприємного запаху, погіршення гігієнічного стану взуття та підвищення ризику розвитку захворювань стоп.

Зазначена проблема має особливу практичну значущість для осіб із підвищеною фізичною активністю, спортсменів, військовослужбовців, людей похилого віку та осіб із хронічними захворюваннями, зокрема цукровим діабетом.

У наукових дослідженнях останніх десятиліть значна увага приділяється аналізу матеріалів устілок, їх фізико-механічних, гігієнічних та експлуатаційних властивостей, а також застосуванню різноманітних антибактеріальних і антимікробних компонентів. Водночас, результати таких досліджень є фрагментарними, охоплюють широкий спектр матеріалів і технологічних підходів та потребують систематизації й узагальнення.

У цьому контексті, важливим науковим завданням є комплексний огляд сучасних

підходів до класифікації устілок, матеріалів їх виготовлення, функціональних властивостей та механізмів антибактеріальної дії. Практичне значення такого аналізу полягає у формуванні цілісного уявлення про наявні типи устілок і їхні експлуатаційні можливості, що є необхідним для обґрунтованого вибору виробів залежно від умов використання та індивідуальних потреб споживачів.

Таким чином, узагальнення наукових даних щодо властивостей, класифікації та антибактеріальних характеристик взуттєвих устілок є актуальним завданням сучасної текстильної та взуттєвої науки і має безпосередній зв'язок із практичними питаннями забезпечення комфорту, гігієни та збереження здоров'я стоп.

**Аналіз попередніх досліджень.** Питання функціонального призначення, матеріалознавчих характеристик та гігієнічних властивостей взуттєвих устілок широко висвітлюються у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Значна частина досліджень присвячена аналізу впливу матеріалів устілок на комфорт носіння взуття, розподіл навантаження на стопу, терморегуляцію та мікроклімат внутрішнього простору взуття [1–6].

У роботах з матеріалознавства розглянуто властивості традиційних і сучасних матеріалів для виготовлення устілок, зокрема пінополіуретану, етиленвінілацетату (EVA), гелевих композицій, натуральної та штучної шкіри, а також текстильних і нетканих полотен. Дослідники відзначають, що вибір матеріалу суттєво впливає на амортизаційні властивості, зносостійкість, повітропроникність і здатність до поглинання вологи, що є ключовими показниками експлуатаційної якості устілок [7, 8].

Окремий напрям наукових публікацій присвячений ортопедичним устілкам та їх ролі у профілактиці й корекції порушень опорно-рухового апарату. У цих роботах акцентується увага на підтримці склепіння стопи, зменшенні больового синдрому та перерозподілі тиску під час ходьби. Водночас у більшості досліджень ортопедичний аспект розглядається переважно з медичної точки зору, без детального аналізу

гігієнічних і антимікробних властивостей матеріалів [9–12].

Значна кількість сучасних публікацій стосується антибактеріальних та протигрибкових устілок. У науковій літературі описано використання різних антимікробних агентів, зокрема іонів і наночастинок срібла, міді, цинку, активованого вугілля, триклозану, хітозану та природних антисептичних компонентів. Дослідження підтверджують ефективність таких речовин у пригніченні росту мікроорганізмів і зменшенні неприємного запаху, однак наголошують на необхідності контролю їх безпечності та екологічності [13–15].

У працях, присвячених текстильним матеріалам із антимікробними властивостями, розглядаються різні методи надання антибактеріальної дії: просочення, напилення, введення активних компонентів у структуру матеріалу на етапі виробництва. Водночас дослідження часто зосереджені на окремих матеріалах або технологіях, без комплексного порівняльного аналізу їх застосування саме у взуттєвих устілках [16–19].

Аналіз наукових джерел свідчить, що попри значну кількість публікацій, питання класифікації устілок, узагальнення їх матеріалів, функціональних та антибактеріальних властивостей розглядаються фрагментарно. Недостатньо систематизованими залишаються дані щодо поєднання матеріалів у багатошарових структурах устілок, а також впливу різних антимікробних рішень на експлуатаційні та гігієнічні показники взуття в цілому.

Таким чином, проведений аналіз досліджень і публікацій підтверджує актуальність узагальнення наявних наукових даних щодо типів устілок, матеріалів їх виготовлення та антибактеріальних характеристик, що є необхідним для формування цілісного уявлення про сучасний стан проблеми у взуттєвій та текстильній галузях.

**Постановка завдання.** На основі аналізу сучасних досліджень для досягнення поставленої мети передбачається вирішення таких завдань: проаналізувати основні типи та класифікації взуттєвих устілок залежно

від призначення, матеріалів і функціональних властивостей; узагальнити характеристики матеріалів, що застосовуються у виробництві устілок; дослідити ключові ознаки та механізми дії антибактеріальних устілок; систематизувати сучасні технологічні підходи до виготовлення устілок антибактеріального призначення; оцінити перспективи використання природних і комбінованих антимікробних матеріалів у взуттєвій індустрії.

**Методи дослідження.** У роботі використано методи аналізу та узагальнення наукових джерел, систематизації та порівняльного аналізу літературних даних вітчизняних і зарубіжних авторів. Застосовано логіко-аналітичний метод для узагальнення підходів до класифікації взуттєвих устілок, матеріалознавчий аналіз — для оцінки властивостей матеріалів і багатошарових конструкцій устілок, а також структурно-функціональний підхід для аналізу механізмів антибактеріальної дії та впливу устілок на комфорт і гігієнічний стан внутрішнього простору взуття.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Взуттєві устілки є важливим конструктивним елементом взуття, який безпосередньо контактує зі стопою та суттєво впливає на комфорт, гігієнічний стан і функціональні властивості взуттєвих виробів. У сучасній науковій літературі устілки розглядаються як багатофункціональні вироби, що поєднують у собі амортизаційні, ортопедичні, терморегуляційні та гігієнічні властивості, а також здатність формувати сприятливий мікроклімат усередині взуття [20–22].

Залежно від призначення, умов експлуатації та індивідуальних особливостей користувача устілки класифікують за функціональним призначенням, матеріалом виготовлення, конструкцією та наявністю спеціальних властивостей. Найбільш поширеними є устілки повсякденного використання, спортивні, ортопедичні, термоізоляційні та антибактеріальні. Кожен із зазначених типів має свої характерні особливості, що визначаються поєднанням матеріалів і конструктивних рішень [23–26].

«Пакети текстильних матеріалів» у взуттєвому виробництві застосовуються для формування верху, підкладки, устілок та інших конструктивних елементів і забезпечують необхідний баланс між захистом, міцністю, комфортом і довговічністю виробу в умовах механічних навантажень, дії вологи та деформацій [3]. Зазвичай, такі пакети мають багатошарову структуру. Зовнішній шар, виконаний із тканин, шкіри або сітчастих матеріалів, відповідає за зносостійкість, водовідштовхування, захист та естетику, тоді як внутрішній шар (натуральна шкіра, трикотаж або неткані матеріали) забезпечує комфорт, відведення вологи та зменшення натирань. Між ними можуть розміщуватися проміжні функціональні прошарки (піни, підсилювачі, стабілізатори), що підвищують формостійкість, жорсткість окремих зон і амортизаційні властивості [4].

Для взуття спеціального призначення використовують гідрофобні, вогнестійкі, антистатичні та теплоізоляційні матеріали, а також підсилені елементи носкової і п'яткової частин, що забезпечує експлуатацію в екстремальних температурних умовах [27]. Устілки як складова взуттєвої конструкції є важливим елементом таких пакетів і зазвичай мають багатошарову будову, що поєднує текстильні матеріали для поглинання вологи, амортизаційні шари, антибактеріальні або вугільні наповнювачі та стабілізуючі термопластичні прошарки [5]. Зокрема, пакети для текстильних устілок із натуральної повсті з антибактеріальними властивостями спрямовані на підвищення комфорту, гігієнічності та теплоізоляції, що робить їх придатними для повсякденного, зимового, спортивного й спеціального взуття [6]. Функціональний верхній шар устілки з антибактеріального текстилю забезпечує гігієнічність, швидку абсорбцію вологи та комфорт при тривалій експлуатації взуття [28]. Устілки-ортези призначені для стабілізації стопи та профілактики захворювань опорно-рухового апарату. Завдяки підтримці склепіння та амортизації вони зменшують больовий синдром при існуючих патологіях, сприяють корекції анатомічних

дефектів та забезпечують гігієнічність внутрішнього простору взуття [9, 10].

Матеріалознавчий аспект є одним із ключових у формуванні експлуатаційних характеристик устілок. Для їх виготовлення широко застосовуються пінополіуретан, етиленвінілацетат (EVA), гелеві композиції, натуральна та штучна шкіра, текстильні й неткані матеріали. Пориста структура пінних матеріалів забезпечує ефективну амортизацію та зменшення ударних навантажень, тоді як текстильні та шкіряні матеріали сприяють підвищенню повітропроникності та вологообміну. У багатьох випадках устілки мають багат шарову структуру, у якій кожен шар виконує окрему функцію –

від контакту зі стопою до стабілізації форми та підвищення зносостійкості [7, 8]. До основних характерних властивостей устілок можна віднести такі: матеріал, амортизація, водопоглинання та вологовідштовхування, міцність і довговічність, антибактеріальні властивості, ортопедичний ефект, повітропроникність, гнучкість та зручність, розмір та форма, терморегуляція [20]. Важливим є матеріал, з якого виготовляються устілки взуттєві, до видів якого можна віднести (таблиця 1) [7, 8].

Серед ключових властивостей устілок варто виділити такі, як: антибактеріальний та ортопедичний ефект; повітропроникність; гнучкість, терморегуляція та інші (рис. 1).

Таблиця 1

### Характеристика основних матеріалів для устілок

Матеріал	Характеристика
Пінополіуретан (PU)	легкість, що забезпечує пориста структура; амортизація (пінополіуретан добре поглинає удари та вібрації); водопоглинання та вологостійкість; міцність і довговічність (пінополіуретан стійкий до зносу та має високу міцність на розтягнення); гнучкість (адаптивність до форми стопи).
Гель	амортизація, комфортність, довговічність, термостійкість, вологостійкість, прозорість і естетика
Шкіра	міцність і довговічність, повітропроникність, натуральність, естетика, гнучкість і комфорт, термостійкість, вологостійкість.
Піна EVA (етиленвінілацетат)	легкість, еластичність, теплозахист, зносостійкість, який широко використовується у виготовленні саме спортивного взуття завдяки своїм властивостям, таким як амортизація та комфорт.
Текстильні матеріали	легкість, спеціальні властивості (наприклад, антибактеріальний захист). Дозволяють зробити носіння взуття комфортнішим, особливо в умовах тривалого використання.

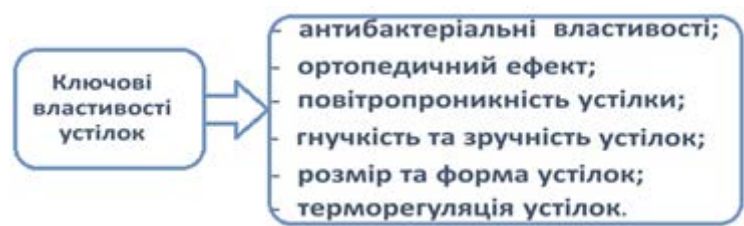


Рис. 1. Гігієнічні показники антибактеріальних текстильних матеріалів

Таким чином, ключові функціональні властивості взуттєвих устілок – це:

1. Антибактеріальна дія та гігієнічність. Антибактеріальні властивості устілок досягаються шляхом просочення матеріалів дезінфікуючими засобами, активованим вугіллям або біоактивними іонами срібла [29]. Це важливо для: нейтралізації неприємних запахів; запобігання поширенню грибкових і бактеріальних інфекцій; захисту стоп у людей з діабетом

або порушенням кровообігу, які мають підвищену чутливість до інфекцій.

2. Ортопедична підтримка та комфорт. Ортопедичні устілки коригують поставу, підтримують склепіння стопи та покращують рівновагу, сприяють реабілітації суглобів [30]. М'якість та ергономічність матеріалів запобігають розвитку артритів і виникненню мозолів, що часто є наслідком експлуатації деформованих або неякісних устілок.

3. Повітропроникність та терморегуляція. Здатність матеріалу пропускати повітря є вирішальною для підтримання оптимальної вологості. Належна терморегуляція запобігає перегріву або замерзанню стоп, підтримуючи стабільний кровообіг [30, 31]. Це особливо важливо для спортивного взуття та засобів індивідуального захисту, що використовуються в екстремальних погодних умовах.

4. Антропометрична відповідність (розмір та форма). Точність підбору розміру та анатомічної форми устілки визначає

біомеханіку ходьби. Невідповідність параметрів призводить до тертя, дискомфорту та травматизації стопи [10, 30, 31].

З огляду на основні причини носіння устілок, з урахування вікових особливостей деформацій стоп, устілки можна класифікувати за різними ознаками в залежності від їхнього призначення, матеріалів, конструкції та функціональних властивостей. Нижче наведено деякі з основних класифікаційних ознак устілок (таблиця 2) [37–39].

Таблиця 2

### Класифікація взуттєвих устілок за основними ознаками

Ознака класифікації	Вид (тип) устілки	Характеристика та функціональне призначення
За призначенням	Повсякденні	Забезпечення базового комфорту при щоденній експлуатації.
	Спортивні	Підтримка стопи та посилена амортизація під час фізичних навантажень
	Ортопедичні (медицині)	Корекція патологій (плоскостопість, артрити), усунення болю та деформацій.
	Термальні	Акумуляція та збереження тепла у холодну пору року
	Антибактеріальні	Запобігання розвитку мікрофлори та нейтралізація неприємних запахів
За матеріалом	Шкіряні	Висока зносостійкість та відмінна природна повітропроникність
	Текстильні	Легкість, тактильний комфорт та зручність у догляді.
	Гелеві	Максимальна амортизація ударних навантажень та м'якість
	Пінополіуретанові	Підвищена адаптивність до форми стопи та довговічність
	Натуральні	Екологічність та специфічна гігроскопічність матеріалів.
За конструкцією	Одношарові	Проста плоска структура з однорідного матеріалу.
	Багат шарові	Композитні пакети, де кожен прошарок виконує окрему функцію.
	Профільовані	Наявність супінаторів, вигинів та вкладишів для підтримки арки стопи.
За функціональністю	Амортизуючі	Зниження ударного навантаження на суглоби та хребет.
	Коригуючі	Фіксація та підтримка анатомічно правильного положення стопи.
	Масажні	Стимуляція м'язів та покращення мікроциркуляції крові.
	Водонепроникні	Захист від вологи в екстремальних умовах експлуатації
	Антиковзаючі	Наявність покриття для стабілізації стопи всередині взуття

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділено гігієнічним властивостям устілок, зокрема здатності запобігати накопиченню вологи, розвитку мікроорганізмів та появи неприємного запаху. Внутрішній простір взуття характеризується підвищеною температурою та вологістю, що створює сприятливі умови для розмноження бактерій і грибків. У цьому контексті важливого значення набувають антибактеріальні устілки, які містять спеціальні антимікробні компоненти або виготовляються з матеріалів із природними антибактеріальними властивостями. У наукових публікаціях описано різні підходи

до надання устілкам антибактеріальної дії, зокрема використання іонів та наночастинок срібла, міді, цинку, активованого вугілля, хітозану, а також органічних і природних антисептичних речовин. Такі компоненти можуть вводитися у структуру матеріалу на етапі його виготовлення або наноситися у вигляді покриттів і просочень. Дослідження підтверджують, що антибактеріальні устілки здатні знижувати чисельність патогенних мікроорганізмів, покращувати гігієнічний стан взуття та сприяти профілактиці грибкових і бактеріальних захворювань стоп [13–15, 18, 32]. Ефективність антибактеріальних

устілок визначається комплексом технологічних рішень, спрямованих на підтримання гігієни та здоров'я стопи (таблиця 3) [13–15, 18, 32, 33].

**Висновки.** У результаті проведеного огляду наукових джерел встановлено, що взуттєві устілки є важливим багатофункціональним елементом конструкції взуття, який суттєво впливає на комфорт, гігієнічний стан, терморегуляцію та експлуатаційні властивості взуттєвих виробів. Аналіз показав, що сучасні устілки розглядаються не лише як допоміжна складова взуття, а як складний багатошаровий виріб, у якому поєднуються амортизаційні, ортопедичні, гігієнічні та захисні функції.

Узагальнення наукових публікацій дозволило систематизувати основні підходи до класифікації устілок за призначенням, матеріалами виготовлення, конструктивними особливостями та функціональними властивостями. Встановлено, що вибір матеріалів (пінополіуретан, EVA, гелеві композиції, натуральна і штучна шкіра, текстильні та неткані полотна) визначає рівень амортизації, повітропроникності, вологообміну, зносостійкості та комфорту під час експлуатації. Особливу роль відіграють багатошарові конструкції устілок, у яких кожен прошарок виконує чітко визначену функцію та забезпечує баланс між гігієнічними й механічними властивостями.

Таблиця 3

### Функціональні характеристики та технологічні особливості антибактеріальних устілок

Характеристика	Технологічне рішення / Опис	Результат та переваги
Антимікробна активність	Обробка іонами срібла, міді або спеціальними антисептиками	Пригнічення росту грибків та бактерій; профілактика інфекцій.
Дезодоруючий ефект	Хімічна нейтралізація продуктів розпаду мікроорганізмів	Запобігання появі неприємного запаху при потовиділенні.
Гідротермічна регуляція	Використання пористих мембран та гідрофільних текстильних матеріалів	Ефективне відведення вологи; підтримка сухого мікроклімату стопи.
Експлуатаційна стійкість	Глибоке просочення або нанесення захисного покриття на волокна	Збереження властивостей після тривалого носіння та багаторазового прання.
Біосумісність	Використання гіпоалергенних складів та інертних полімерів	Мінімізація ризику подразнень та алергічних реакцій шкіри.
Масажний ефект	Хвиляста (профільована) поверхня окремих моделей	Покращення мікроциркуляції крові; зменшення втоми ніг.
Матеріальна база	Комбінування текстилю, пінок, гелів, мембран або натуральної шкіри	Можливість адаптації устілки під конкретні умови експлуатації.

Проведений аналіз підтвердив актуальність використання антибактеріальних та антимікробних компонентів в устілках для запобігання розвитку патогенної мікрофлори, нейтралізації неприємного запаху та підтримання здорового мікроклімату стопи. Наукові джерела свідчать про ефективність застосування іонів і наночастинок металів, активованого вугілля, хітозану та природних антисептичних речовин, водночас наголошуючи на необхідності комплексної оцінки їх біосумісності, довговічності та екологічної безпечності.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі доцільно пов'язувати з комплексним вивченням багатошарових конструкцій устілок, оптимізацією поєднання текстильних, полімерних і природних

матеріалів, а також розробленням екологічно безпечних антибактеріальних технологій із пролонгованою дією. Актуальними є експериментальні дослідження впливу антибактеріальних устілок на мікроклімат взуття за різних умов експлуатації, а також оцінка їх ефективності для різних груп споживачів (спортсменів, військовослужбовців, людей похилого віку та осіб із хронічними захворюваннями).

Отримані узагальнення можуть слугувати науково-теоретичною основою для подальших прикладних досліджень і створення інноваційних взуттєвих устілок із підвищеними гігієнічними, антибактеріальними та експлуатаційними властивостями, що відповідають сучасним вимогам взуттєвої та текстильної промисловості.

## Література

1. Handbook of fibrous materials / ed. by J. Hu, B. Kumar, J. Lu. Wiley, 2020. 1040 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9783527342587>.
2. Chang Y., Wang X. Sweat and odor in sportswear – A review. *IScience*. 2023. Vol. 26, no. 7. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107067>.
3. Jankauskaitė V. et al. Influence of the structure of footwear upper and lining materials on their electrical properties. *Fibres and textiles in Eastern Europe*. 2018. Vol. 26, No. 2(128). P. 87–92. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.5744>.
4. Rafikov A., Mirzayev N., Alimkhanova S. Multilayer nonwoven lining materials made of wool and cotton for clothing and footwear. *Journal of industrial textiles*. 2022. Vol. 51, No. 4\_S. P. 6173S–6194S. DOI: <https://doi.org/10.1177/15280837211060881>.
5. Chiu H.-T., Shiang T.-Y. Effects of insoles and additional shock absorption foam on the cushioning properties of sport shoes. *Journal of applied biomechanics*. 2007. Vol. 23, No. 2. P. 119–127. DOI: <https://doi.org/10.1123/jab.23.2.119>.
6. Irzmańska E. et al. Evaluation of functional insoles for protective footwear under simulated use conditions / E. Irzmańska et al. *Autex research journal*. 2020. Vol. 22, No. 1. P. 26–34. DOI: <https://doi.org/10.2478/aut-2020-0045>.
7. Головка М. П. та ін. Товарознавство одягово-взуттєвих товарів: навч. посібник. Харків: ХДУХТ, 2015. 459 с.
8. Рибальченко В. В., Коновал В. П., Дрегуляс Е. П. Матеріалознавство виробів легкої промисловості. Методи випробувань: навч. посібник. Київ: КНУТД, 2010. 395 с.
9. Сивоконь М. Л. Розробка методологічних принципів проектування та виготовлення індивідуальних ортезів для ходіння з м'яких пластичних матеріалів: магістерська робота: спец. 131 – прикладна механіка / наук. керівник В. О. Залога. Суми: СумДУ, 2019. 65 с.
10. Олійникова В. В., Бабич А. І., Гондарчук П. М., Марущенко О. В. Індивідуальні ортопедичні устілки та їх виготовлення. *Вісник КНУТД*. 2010. № 4. С. 50–53.
11. Гаркавенко С. С., Ковальчук О. В., Первая Н. В., Пруднікова Н. Д. Взуття спеціального призначення з активним впливом на рефлекторні точки ноги: монографія. Київ: КНУТД, 2017. 116 с.
12. Гаврилко В. М. Нормативно-технічне забезпечення якості та безпеки матеріалів для ортопедичних медичних виробів: магістерська

## References

1. Hu, J., Kumar, B., & Lu, J. (eds.) (2020). Handbook of fibrous materials. Wiley. 1040 p. <https://doi.org/10.1002/9783527342587>.
2. Chang, Y., Wang, X. (2023). Sweat and odor in sportswear – A review. *IScience*, 26(7), 1–17, <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107067>.
3. Jankauskaitė, V. et al. (2018). Influence of the structure of footwear upper and lining materials on their electrical properties. *Fibres and textiles in Eastern Europe*, 26(2(128)), 87–92, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.5744>.
4. Rafikov, A., Mirzayev, N., & Alimkhanova, S. (2022). Multilayer nonwoven lining materials made of wool and cotton for clothing and footwear. *Journal of industrial textiles*, 51(4\_S), 6173S–6194S. DOI: <https://doi.org/10.1177/15280837211060881>.
5. Chiu, H.-T., & Shiang, T.-Y. (2007). Effects of insoles and additional shock absorption foam on the cushioning properties of sport shoes. *Journal of applied biomechanics*, 23(2), 119–127, <https://doi.org/10.1123/jab.23.2.119>.
6. Irzmańska, E. et al. (2020). Evaluation of functional insoles for protective footwear under simulated use conditions. *Autex research journal*, 22(1), 26–34, <https://doi.org/10.2478/aut-2020-0045>.
7. Holovko, M. P. et al. (2015). *Tovarovnavstvo odiahovo-vzuttievykh tovariv: navch. posibnyk* [Merchandising of clothing and footwear products: a textbook]. Kharkiv: KhDUKhT. 459 p. [in Ukrainian].
8. Rybalchenko, V. V., Konoval, V. P., & Drehulias, E. P. (2010). *Materialoznavstvo vyrobiv lehkoj promyslovosti. Metody vyprobuvan: navch. posibnyk* [Materials science of light industry products. Test methods: textbook]. Kyiv: KNUTD. 395 p. [in Ukrainian].
9. Syvokon, M. L. (2019). *Rozrobka metodolohichnykh pryntsyypiv proektuvannia ta vyhotovlennia indyvidualnykh orteziv dlia khodinnia z miakykh plastychnykh materialiv* [Development of methodological principles for the design and manufacture of individual walking orthoses from soft plastic materials: master's thesis: speciality 131 – applied mechanics]. Scientific supervisor V. O. Zaloga. Sumy: SumDU. 65 p. [in Ukrainian].
10. Oliinykova, V. V., Babych, A. I., Hondarchuk, P. M., & Marushchenko, O. V. (2010). *Indyvidualni ortopedychni ustilky ta yikh vyhotovlennia* [Individual orthopedic insoles and their production]. *Visnyk KNUTD*, 4, 50–53 [in Ukrainian].
11. Harkavenko, S. S., Kovalchuk, O. V., Pervaia, N. V., & Prudnikova, N. D. (2017). *Vzuttia spetsialnoho pryznachennia z aktyvnyim vplyvom na reflektorni tochky nohy: monohrafiia* [Special-purpose footwear with an active effect on the reflex points of the foot: monograph]. Kyiv: KNUTD. 116 p. [in Ukrainian].
12. Havrylko, V. M. (2020). *Normatyvno-tekhniche zabezpechennia yakosti ta bezpeky materialiv dlia ortopedychnykh medychnykh vyrobiv* [Regulatory and technical assurance of quality and safety of materials for

робота: спец. 152 – метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка / наук. керівник К. О. Дядюра. Суми: СумДУ, 2020. 100 с.

13. Koire İ., Menceloğlu Y., Şanlı N. Antibacterial efficiency of quaternary ammonium silane-coated shoe insoles using the sol-gel technique. *Turkish journal of bioscience and collections*. 2024. Vol. 8, No. 2. P. 111–119. DOI: <https://doi.org/10.26650/tjbc.1523112>.

14. Gupta A. K., Simkovich A. J., Hall D. C. The march against onychomycosis: a systematic review of the sanitization methods for shoes, socks, and textiles. *Journal of the american podiatric medical association*. 2022. Vol. 112, No. 4. P. 1–34. DOI: <https://doi.org/10.7547/21-223>.

15. Rodriguez C. et al. Antibacterial effects of photocatalytic textiles for footwear application. *Catalysis today*. 2014. Vol. 230. P. 41–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2013.12.023>.

16. Yılmaz B., Karavana H. A. Application of Chitosan-Encapsulated Orange Oil onto Footwear Insock Leathers: spray drying technique for an environmentally sustainable antibacterial formulation. *Johnson matthey technology review*. 2020. Vol. 64, No. 4. P. 443–451. DOI: <https://doi.org/10.1595/205651320x15901340190139>.

17. Jain A. K., Tesema A. F. Development of antimicrobial textiles using zinc pyrithione. *Research journal of textile and apparel*. 2017. Vol. 21, No. 3. P. 188–202. DOI: <https://doi.org/10.1108/rjta-06-2017-0031>.

18. Варданян А., Редько Я. Антибактеріальні агенти для створення текстильних матеріалів – сучасний стан та тенденції розвитку. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024. Т. 333, № 2. С. 112–119. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-17>.

19. Варданян А. О., Гараніна О. О., Редько Я. В. Дослідження комплексних показників якості антибактеріальних текстильних матеріалів. *Fashion industry*. 2024. № 1. С. 61–70. DOI: <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2024.1.3>.

20. Yick K.-L., Tse C.-Y. The use of textiles and materials for orthopedic footwear insoles. *Handbook of footwear design and manufacture*. 2021. P. 361–388. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821606-4.00012-0>.

21. Messaoud M. et al. Physical and mechanical characterizations of recyclable insole product based on new 3D textile structure developed by the use of a patented vertical-lapping process. *Journal of industrial textiles*. 2013. Vol. 44, No. 4. P. 497–512. DOI: <https://doi.org/10.1177/1528083713502996>.

22. Yick K. L., Tse C. Y. Textiles and other materials for orthopaedic footwear insoles. *Handbook of footwear design and manufacture*. 2013. P. 341–371. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857098795.4.341>.

orthopedic medical devices: master's thesis: speciality 152 – metrology and information and measuring technology]. Scientific supervisor K. O. Dyadyura. Sumy: SumDU. 100 p. [in Ukrainian].

13. Koire, İ., Menceloğlu, Y., & Şanlı, N. (2024). Antibacterial efficiency of quaternary ammonium silane-coated shoe insoles using the sol-gel technique. *Turkish journal of bioscience and collections*, 8(2), 111–119. <https://doi.org/10.26650/tjbc.1523112>.

14. Gupta, A. K., Simkovich, A. J., & Hall, D. C. (2022). The march against onychomycosis: a systematic review of the sanitization methods for shoes, socks, and textiles. *Journal of the american podiatric medical association*, 112(4), 1–34. <https://doi.org/10.7547/21-223>.

15. Rodriguez, C. et al. (2014). Antibacterial effects of photocatalytic textiles for footwear application. *Catalysis today*, 230, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2013.12.023>.

16. Yılmaz, B., & Karavana, H. A. (2020). Application of Chitosan-Encapsulated Orange Oil onto Footwear Insock Leathers: spray drying technique for an environmentally sustainable antibacterial formulation. *Johnson matthey technology review*, 64(4), 443–451. <https://doi.org/10.1595/205651320x15901340190139>.

17. Jain, A. K., & Tesema, A. F. (2017). Development of antimicrobial textiles using zinc pyrithione. *Research journal of textile and apparel*, 21(3), 188–202. <https://doi.org/10.1108/rjta-06-2017-0031>.

18. Vardanian, A., & Redko Ya. (2024). Antybakterialni ahenty dlia stvorennia tekstylnykh materialiv – suchasnyi stan ta tendentsii rozvytku [Antibacterial agents for the creation of textile materials – current status and development trends]. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*, 333(2), 112–119. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-17> [in Ukrainian].

19. Vardanian, A. O., Haranina, O. O., & Redko, Ya. V. (2024). Doslidzhennia kompleksnykh pokaznykiv yakosti antybakterialnykh tekstylnykh materialiv [Research on comprehensive quality indicators of antibacterial textile materials]. *Fashion industry*, 1, 61–70. <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2024.1.3> [in Ukrainian].

20. Yick, K.-L., & Tse, C.-Y. (2021). The use of textiles and materials for orthopedic footwear insoles. *Handbook of footwear design and manufacture* (pp. 361–388). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821606-4.00012-0>.

21. Messaoud, M. et al. (2013). Physical and mechanical characterizations of recyclable insole product based on new 3D textile structure developed by the use of a patented vertical-lapping process. *Journal of industrial textiles*, 44(4), 497–512. <https://doi.org/10.1177/1528083713502996>.

22. Yick, K. L., & Tse, C. Y. (2013). Textiles and other materials for orthopaedic footwear insoles. *Handbook of footwear design and manufacture* (pp. 341–371). <https://doi.org/10.1533/9780857098795.4.341>.

23. Mendes A. A. M. T. et al. Main types of insoles described in the literature and their applicability for musculoskeletal disorders of the lower limbs: a systematic review of clinical studies. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2020. Vol. 24, No. 4. P. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.06.001>.

24. Perry S. D. et al. Efficacy and effectiveness of a balance-enhancing insole. *The journals of gerontology series A: biological sciences and medical sciences*. 2008. Vol. 63, No. 6. P. 595–602. DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/63.6.595>.

25. Healy A., Dunning D. N., Chockalingam N. Materials used for footwear orthoses: a review. *Footwear science*. 2010. Vol. 2, No. 2. P. 93–110. DOI: <https://doi.org/10.1080/19424280.2010.486045>.

26. Healy A., Dunning D., Chockalingam N. Effect of insole material on plantar pressure. *Footwear science*. 2011. Vol. 3, Sup. 1. P. S69–S70. DOI: <https://doi.org/10.1080/19424280.2011.575804>.

27. Raha S. Documentation on protective textile: existing technical textile products & new developments. *International journal for multidisciplinary research*. 2025. Vol. 7, No. 3. DOI: <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2025.v07i03.48306>.

28. Naseem Z. et al. An innovative approach to enhance the durability and sustainability of shoe insoles. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, No. 21. Art. 9195. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16219195>.

29. Marques S. M. et al. Antimicrobial TiN-Ag coatings in leather insole for diabetic foot. *Materials*. 2022. Vol. 15, No. 6. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15062009>.

30. Чертенко Л., Кернеш В., Кузіна Н. Індивідуалізація ортопедичного взуття: ключові фактори при проектуванні. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024. Т. 339, № 4. С. 491–496. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-339-4-72>.

31. Афанасьева В. А. та ін. Товарознавство одягово-взуттєвих товарів: навч. посібник. Харків: ХАІ, 2010. 181 с.

32. Гараніна О. О. та ін. Застосування інтенсифікатора з антибактеріальною дією при фарбуванні бавовняно-поліестерних текстильних матеріалів. *Fashion industry*. 2023. № 1. С. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2023.1.2>.

33. Martínez M. Antimicrobial materials. *Health and Safety International*. URL: <https://www.healthandsafetyinternational.com/article/1842883/antimicrobial-materials> (date of access: 03.02.2026).

23. Mendes, A. A. M. T. et al. (2020). Main types of insoles described in the literature and their applicability for musculoskeletal disorders of the lower limbs: a systematic review of clinical studies. *Journal of bodywork and movement therapies*, 24(4), 29–36, <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.06.001>.

24. Perry, S. D. et al. (2008). Efficacy and effectiveness of a balance-enhancing insole. *The journals of gerontology series A: biological sciences and medical sciences*, 63(6), 595–602, <https://doi.org/10.1093/gerona/63.6.595>.

25. Healy, A., Dunning, D. N., & Chockalingam, N. (2010). Materials used for footwear orthoses: a review. *Footwear science*, 2(2), 93–110, <https://doi.org/10.1080/19424280.2010.486045>.

26. Healy, A., Dunning, D., & Chockalingam, N. (2011). Effect of insole material on plantar pressure. *Footwear science*, 3(1), S69–S70, <https://doi.org/10.1080/19424280.2011.575804>.

27. Raha, S. (2025). Documentation on protective textile: existing technical textile products & new developments. *International journal for multidisciplinary research*, 7(3), <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2025.v07i03.48306>.

28. Naseem, Z. et al. (2024). An innovative approach to enhance the durability and sustainability of shoe insoles. *Sustainability*, 16(21), 9195, <https://doi.org/10.3390/su16219195>.

29. Marques, S. M. et al. (2022). Antimicrobial TiN-Ag coatings in leather insole for diabetic foot. *Materials*, 15(6), 1–14, <https://doi.org/10.3390/ma15062009>.

30. Chertenko, L., Kernesh, V., & Kuzina, N. (2024). Indyvidualizatsiia ortopedychnoho vzuttia: kliuchovi faktory pry proektuvanni [Individualization of orthopedic footwear: key factors in design]. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*, 339(4), 491–496, <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-339-4-72> [in Ukrainian].

31. Afanasieva, V. A. et al. (2010). Tovaroznavstvo odiahovo-vzuttievkykh tovariv: navch. posibnyk [Merchandising of clothing and footwear products: a textbook]. Kharkiv: KhAI. 181 p. [in Ukrainian].

32. Haranina, O. O. et al. (2023). Zastosuvannia intensyfikatora z antybakterialnoiu diieiu pry farbuванні bavovnyano-poliefirnykh tekstylnykh materialiv [Application of an intensifier with antibacterial effect when dyeing cotton-polyester textile materials]. *Fashion industry*, 1, 29–36, <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2023.1.2> [in Ukrainian].

33. Martínez, M. (n.d.). Antimicrobial materials. *Health and Safety International*. URL: <https://www.healthandsafetyinternational.com/article/1842883/antimicrobial-materials> (date of access: 03.02.2026).