

УДК 685.346 + 001.895 + 613

Попович Н. І.,

porovich.n@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-4407-105X; Researcher ID: F-7230-2019,

к.т.н., доц., доцент кафедри товарознавства та експертизи в митній справі, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Стефанюк М.,

m_stefanyuk@ukr.net,

аспірант, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Шумський О. В.,

shumak-orest@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-1800-5163; Researcher ID: F-2340-2019,

к.т.н., доцент кафедри товарознавства та експертизи в митній справі, Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Лавінська К.,

k.lawinska@ips.lodz.pl,

к.т.н., заступник директора з питань науки, Науково-дослідна мережа Лукасевич-Інститут шкіряної промисловості, м. Лодзь, Республіка Польща

ТОВАРОЗНАВЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З БАМБУКОВИХ ВОЛОКОН ДЛЯ ВЗУТТЯ ТУРИСТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА АКТИВНОГО ВІДПОЧИНКУ

***Анотація.** Сформульовано основні функції, які повинно виконувати сучасне взуття, створене з врахуванням концепції раціональної конструкції. Обґрунтовано доцільність використання у взуттєвому виробництві текстильних матеріалів, виготовлених з використанням бамбукових волокон. Подані результати експериментальних досліджень означених матеріалів: дані аналізу механічних і гігієнічних показників та показників безпечності; дані мікробіологічного та хімічного аналізу (наявність та вміст важких металів). Експериментально для кожного випробуваного матеріалу визначено: міцність на розрив, напруження при максимальній силі та величину деформації. Обґрунтовано, що для створення оптимального мікроклімату стопи використовувані матеріали повинні поєднувати високу водо- і паропроникність з достатнім поглинанням вологи всередині взуття. За результатами досліджень гігієнічних показників підтверджено високий рівень властивостей, які обґрунтовують доцільність їх використання у підкладці та зовнішніх деталях взуття. Доведено, що за показником “вміст важких металів” досліджувані матеріали відповідають вимогам технічного регламенту REACH (ЕС 1907/2006 – “Покращення захисту здоров’я людини і довкілля шляхом кращої і більш ранньої ідентифікації властивостей хімічних речовин”). Підтверджено високий рівень антибактеріальних властивостей текстильних матеріалів з волокон бамбуку та обґрунтовано їх використання для підкладки з метою забезпечення здорової мікрофлори.*

Ключові слова: *аналіз, дослідження, текстильні матеріали, взуття, споживні властивості, безпечність.*

Porovych N.I.,

porovich.n@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-4407-105X;

Researcher ID: F-7230-2019,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Research and Expertise in Customs Business, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Stefanyuk M.,

m_stefanyuk@ukr.net,

Postgraduate, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Shumsky O.V.,

shumak-orest@ukr.net,

ORCID ID: 0000-0002-1800-5163; Researcher ID: F-2340-2019,

Ph.D., Associate Professor of the Department of Commodity Research and Expertise in Customs Business, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

Lawinska K.,
k.lawinska@ips.lodz.pl,
Ph.D, Deputy Director for Science, Research Network Łukasiewicz-Institute of Leather Industry, Lodz,
Republic of Poland

COMMODITY CHARACTERISTICS OF BAMBOO FIBER TEXTILE MATERIALS FOR TOURIST AND ACTIVE LEISURE FOOTWEAR

Abstract. *The basic functions that modern footwear should perform, created with the rational design concept in mind, are formulated. The expediency of using textile materials made of bamboo fibers in footwear production is substantiated. The results of experimental studies of the mentioned materials are presented: mechanical, hygienic and safety indices data analysis as well as microbiological and chemical data analysis (presence and content of heavy metals). Experimentally, for each material tested, it was determined: tensile strength, stretching at maximum force and deformation magnitude. It is substantiated that to create the optimum microclimate of the foot the materials used must combine high water and vapor permeability with sufficient moisture absorption inside the footwear. The results of hygienic indicators research confirmed the high level of properties that justify the feasibility of their use in the footwear lining and outer parts. It has been proven that under the "heavy metals content" index, the materials tested meet the requirements of the REACH technical regulation (EU 1907/2006 - "Improving the protection of human health and the environment through better and earlier identification of the chemicals properties"). The high level of antibacterial properties of textile materials made of bamboo fibers has been confirmed as well as their use for the footwear lining production to ensure a healthy microflora has been substantiated.*

Key words: analysis, research, textile materials, footwear, consumer properties, safety.

JEL Classification: L15

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-23-07>

Постановка проблеми. Тенденція підвищення попиту на взуття для повсякденного і домашнього вжитку, а також для виконання різних видів робіт, активного відпочинку, занять спортом тощо є передумовою зростання вимог споживачів до його асортименту і споживних властивостей.

Сьогодні у різних наукових школах [1-3] одностайно визнають, що раціональне взуття будь-якого призначення (для туризму й інших форм активного відпочинку – особливо) повинно не перешкоджати, а (при можливості) максимально сприяти виконанню стопою складного та масштабного комплексу функцій [4]: функції опори; локомоторної функції; ресорної функції; функції забезпечення рівноваги тіла (оптимального балансування); функції забезпечення належного мікроклімату організму через терморегуляцію, газо- і вологообмін.

Зокрема, виробництво сучасного взуття для активного відпочинку і туризму передбачає використання різних натуральних, штучних і синтетичних взуттєвих матеріалів, які значно більше, ніж у побутовому взутті, формують зовнішній вигляд, формо- і зносостійкість, комфортність, економічність виробництва, можливість застосування сучасного обладнання і загалом ступінь задоволення потреб споживачів.

Під час експлуатації взуття для активного відпочинку і туризму на його деталі діє складний комплекс чинників зношування, які, з одного боку, визначаються особливостями функціонування стопи та характером її руху під час активного способу

життя, а з іншого, – впливом зовнішнього середовища. Різний характер функціонування деталей взуття для активного відпочинку і туризму потребує застосування матеріалів із різними властивостями. Зокрема, верх взуття для активного відпочинку і туризму зазнає посиленних деформацій, обумовлених рухом, зміною форми і розмірів стопи під час ходьби та піддається механічній дії ззовні (стиранню, ударам) і фізико-хімічному впливу (води, вологи, пилу, поту, тепла-холоду, лугу і кислот ґрунту, повторному обводненню, висиханню). Такий вплив помітно змінює склад і структуру матеріалів деталей взуття для активного відпочинку і туризму. Априорі гігієнічні вимоги до матеріалів верху взуття для активного відпочинку і туризму повинні забезпечувати нормальний мікроклімат всередині взуттєвих виробів.

Одним із шляхів забезпечення належного рівня споживних властивостей у взутті є: використання нових матеріалів (окремих і систем), новітніх технологій виробництва, нового обладнання та устаткування, а також поєднання цих напрямів [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Товарознавчими дослідженнями взуттєвих матеріалів і взуття в цілому в Україні займалися у наукових школах професорів Л. Байдакової, І. Дудли, Е. Касяна, В. Коновала, О. Мокроусової, Н. Омельченко (Київ), Н. Омельченко (Полтава), Б. Семака-старшого та ін. У Польщі найвагоміші роботи науковців, присвячені цим проблемам, належать дослідникам науково-дослідного інституту IPS (Instytut Przemysłu Skórzanego) у м. Лодзь та його

відділення у м. Краків – A. Bednarska, R. Gajewski, E. Grzesiak, K. Ławińska, Zb. Olejnicza, B. Rajchel-Chyla, W. Serweta, B. Woźniak, E. Wozniak.

Постановка завдання. Мета роботи – за результатами лабораторних досліджень нових текстильних матеріалів з бамбукових волокон подати їх товарознавчу характеристику для обґрунтування доцільності їх використання у виготовленні взуття для активного відпочинку і туризму.

Виклад основного матеріалу дослідження. Априорі натуральна шкіра є найкращим матеріалом для виготовлення багатьох елементів (вузлів, деталей) взуття, в тому числі і взуття для активного відпочинку і туризму. Зокрема, завдяки хімічному складу та структурі вона має хороші характеристики паропроникності, здатності поглинати і депортувати вологу, а також механічних властивостей, що, в свою чергу, забезпечує їй комплекс споживних властивостей з високим рівнем якості. Однак під дією поту, який виділяє стопа, та бруду, з яким взуття неодмінно стикається під час експлуатації, натуральна шкіра відносно швидко втрачає рівень споживних властивостей, зокрема гігієнічних [6-9].

Аналізуючи праці провідних закордонних вчених [10-12], можна зробити висновок, що текстильні матеріали для внутрішніх елементів взуття (з достатньою стійкістю до стирання, сорбцією-десорбцією, паропроникністю тощо) користуються найбільшою популярністю вибору серед відомих виробників. Найчастіше використовують тканини і трикотажні полотна з різною часткою вмісту натуральних волокон у поєднанні з нетканими матеріалами, як правило – з синтетичних волокон.

Одним з важливих факторів формування споживних властивостей у взутті є забезпечення фізіологічного комфорту стопи під час його експлуатації. В свою чергу, забезпечення фізіологічного комфорту є однією зі складових частин забезпечення ергономічності взуття, що тісно пов'язано з індивідуальними потребами споживачів, які залежать від віку, статі, фізіологічних особливостей організму, типу фізичних навантажень тощо. Наприклад, підвищене виділення поту стопи спричинює збільшення тертя між шкірою стопи та

внутрішніми матеріалами взуття. Таким чином, ймовірність травмування внаслідок сил тертя є вищою та небезпечнішою [13-16]. Для забезпечення фізіологічного комфорту стопи у взутті важливим є забезпечення належного рівня протимікробної та протигрибкової профілактики, оскільки зростання мікроорганізмів всередині взуття негативно впливає на стопу споживача і часто спричинює різні дерматологічні захворювання [17]. Тому актуальним є пошук та використання екологічних матеріалів для формування нових безпечних пакетів матеріалів для взуття, які забезпечать не лише належний рівень гігієнічних властивостей у взутті. Для покращання рівня гігієнічних властивостей взуття нами запропоновано для підкладки використовувати текстильні матеріали з волокон бамбуку – ще у 2013 р. Інститут шкіряної промисловості у Кракові виконав мікробіологічні випробування текстильних вставок для взуття з бамбукового волокна з природним калієвим галуном. Вони показали хороший антибактеріальний ефект проти *Staphylococcus aureus* і *Escherichia coli*, а також протигрибковий ефект проти патогенних грибів *Trichophyton mentagrophytes* і *Candida albicans*. Проте, крім покращання гігієнічності, важливим є, щоб означені нові матеріали для взуття також мали належний рівень механічних властивостей, що у комплексі забезпечило б вимоги до функціональних властивостей та надійності.

Априорі важливим є врахування показників безпечності у матеріалах для взуття. Це стало передумовою здійснення хімічного аналізу текстильних матеріалів з бамбукових волокон, зокрема дослідження вмісту важких металів.

Попередні випробування здійснювалися на відібраних, доступних на ринку матеріалах, які виготовлені на основі відновленої целюлози бамбукових волокон (тканини W1 - W4 і трикотажні полотна K1 - K3 – табл. 1). За базовий зразок брали бавовняні тканини, які є найпоширенішими підкладковими матеріалами (W6) і матеріалами для верху взуття (W5).

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних зразків тканин та трикотажних полотен

Зразок	Вид матеріалу	Поверхнева густина, г/м ²	Товщина, мм	Склад композиції, %	Специфікація (з інформаційного аркуша виробника)
1	2	3	4	5	6
W1	тканина	170	0,40	100 бамбук	звичайне полотно
W2		500	1,74		махрове полотно (фроте, у петлі)
W3		300	0,61	95 бамбук 5 поліестер	Жакардове полотно
W4		170	0,35	50 бамбук/50 льон	звичайне полотно
W5		230	0,58	100 бавовна	кепер, сире полотно (саржеве переплетення)
W6		145	0,37		діагональне полотно

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6
K1	трико- тажне поло- тно	290	1,20	85 бамбук/ 15 поліестер	-
K2		220	0,38	95 бамбук 5 еластан	-
K3		320	0,86	97 бамбук 3 еластан	-

Для визначення механічних властивостей експериментально для кожного випробуваного матеріалу були визначені: міцність на розрив, напруження при максимальній силі та величина деформації. Використовуючи ці параметри, можна порівняти окремі матеріали, щоб розробити їх якісну оцінку (табл. 2; 2а).

Для забезпечення оптимального мікроклімату стопі у взутті використовувани матеріали, з одного боку, повинні мати високу водопаропроникність, а з іншого, – також значною мірою поглинати вологу

всередині взуття. Завдяки таким властивостям взуттєвих матеріалів забезпечуються непромокання стопи. У той же час процеси десорбції води до навколишнього середовища повинні протікати ефективно та безперешкодно.

Результати випробувань дозволяють ідентифікувати випробувані матеріали як матеріали високопроникного класу, які характеризуються дуже хорошою водопаропроникністю (табл. 2; 2а).

Таблиця 2

Комплексні показники якості досліджуваних тканин та трикотажних полотен
(у напрямі основи та петельних стовпчиків)

Зразок	Поглинання водяної пари, мг/см ²	Водопаропроникність, мг/см ² год	Міцність на розрив, МПа	Розривальне навантаження, Н	Видовження на момент розривання, %
W1	2,99	29,6	26,7	26,1	39,5
W2	4,01	23,6	3,7	51,3	30,6
W3	2,88	23,6	18,9	88,3	46,0
W4	1,72	27,3	20,3	26,9	14,0
W5	2,99	25,8	36,4	31,8	27,0
W6	1,49	45,3	27,2	17,4	24,4
K1	3,26	25,56	6,1	26,5	269,1
K2	3,35	27,61	8,0	15,3	339,4
K3	4,62	24,68	5,5	21,9	286,6

Таблиця 2а

Комплексні показники якості досліджуваних тканин та трикотажних полотен
(у напрямі утку та петельних рядів)

Зразок	Поглинання водяної пари, мг/см ²	Водопаропроникність, мг/см ² год	Міцність на розрив, МПа	Розривальне навантаження, Н	Видовження на момент розривання, %
W1	2,99	29,6	16,9	41,0	42,7
W2	4,01	23,6	3,7	43,8	40,3
W3	2,88	23,6	12,4	90,4	59,2
W4	1,72	27,3	31,7	41,3	50,0
W5	2,99	25,8	11,7	43,2	19,1
W6	1,49	45,3	20,8	15,0	28,6
K1	3,26	25,56	12,5	23,1	328,3
K2	3,35	27,61	7,2	11,3	369,8
K3	4,62	24,68	5,6	9,9	291,4

Отримані результати дозволяють визначити діапазон міцності тканин на розрив. Для тканин, виготовлених з використанням волокон бамбуку, ці величини знаходяться в межах від 3,7 до 31,7 МПа, виміряні по утоку, і в межах 3,7 - 36,4 МПа по основі, тоді як для бавовняних тканин ці значення знаходяться в межах 11,7 - 20,8 МПа і 27,2-36,4 МПа відповідно. Для трикотажних полотен, виготовлених з використанням волокон бамбуку, значення знаходяться між 5,5 і 8,0 МПа, виміряні по петельних стовпцях, і між 5,6 і 12,5 МПа, виміряні по петельних рядах. Це означає, що в більшості випадків порівняно з тканинами трикотажні полотна мають меншу міцність на розрив. Ці значення знаходяться в межах стандартного діапазону міцності матеріалів, які зазвичай використовуються у взутті [18].

Іншим досліджуваним показником була гнучкість матеріалів, вимірювана видовженням, отриманим при досягненні максимальної сили розриву.

З даних табл. 2 та 2а видно, що за результатами досліджень найменше видовження було отримано для бавовняних тканин W5, W6 (як по утоку, так і по основі) і бамбукової тканини W4 (по утоку), яка містить у своєму складі волокна льону. Найвищі значення видовження отримані для трикотажного полотна K2. Поясненням таких значень є те, що серед усіх перевірених матеріалів трикотажне полотно K2 містить у своєму складі 5% еластану.

Дані результати дозволяють класифікувати досліджувані матеріали в еластичну групу, що наочно продемонстровано для трикотажних полотен. Поясненням такого високого значення видовження при максимальній силі, що перевищує у 2-3 рази довжину досліджуваного матеріалу, є додавання синтетичних волокон (поліестер, еластан), еластичні властивості яких підвищують еластичність досліджуваних трикотажних тканин. Варто також зазначити, що під час дослідження тканин вищі значення видовження на момент розриву були отримані по утоку для всіх зразків тканин, за винятком W5 (бавовни). Це підтверджує, що для тканин W5 в цьому варіанті було характерне послаблення по утоку [19].

Здатність взуттєвих матеріалів до деформації відіграє важливу роль у забезпеченні біомеханіки і підтримки склепінчастого апарату стопи – як поздовжньої дуги, підтримуваної м'язами бревеса, так і поперечного склепіння стопи. Це викликає скорочення плюсних кісток [20], що є надважливим для забезпечення стопи – опорного механізму для всього організму людини. Вимірювання розривального навантаження показало, що вищі значення спостерігаються для бамбукової тканини W3 (значення опору розриву більше на 200%, ніж для бавовни W5 (по утоку) і понад 600% для W6 (по утоку)). У більшості випадків трикотажні полотна мали нижчу стійкість до розриву, ніж тканин.

Аналіз значення водопаропроникності показує, що досліджувані матеріали в цьому відношенні є однорідними. Допустимі значення водопаропроникності стандарту PN-EN ISO 20344 : 2012 повинні бути не менше 0,8 мг/см²год для верхніх та

2 мг/см²год для підкладкових тканин [21]. Це означає, що матеріали, виготовлені з використанням бамбукових волокон, відповідають вимогам стандарту.

Результати дослідження поглинання водяної пари ідентифікують випробувані матеріали як такі, що за своєю структурою дуже добре поглинають воду. Для випробовуваних тканин, виготовлених з використанням бамбукових волокон, означене поглинання водяної пари знаходиться у межах – 191,84 - 239,96 мг/см², а для трикотажних полотен - 200,61 - 227,98 мг/см². Відповідно до стандарту PN-EN ISO 20344: 2012 отримані значення в кілька разів перевищують мінімально прийнятні [21]. Таким чином, результати досліджень підтверджують доцільність використання у взутті текстильних матеріалів, виготовлених з бамбукових волокон (згідно зі стандартом: 15 мг/см² для зовнішніх деталей та 20 мг/см² для підкладкових матеріалів).

Експериментально встановлено, що найвищу повітропроникність мали чисто бамбукові тканини. На нашу думку, це відбувається тому, що поперечний переріз бамбукового волокна заповнений безліччю мікроотворів, які покращують наскрізне проходження потоку повітря. Аналогічні висновки сформульовані у працях Кадапалаями та ін. [22], в яких підтверджено, що проникність водяної пари і повітря зростає зі збільшенням частки бамбукових волокон у досліджуваних тканинах. Венкатеш і співавтори [23] додавали бамбукові волокна до волокон сизалю, що призвело до зростання значень показників опору згинання, розтягування, проколювання, а збільшення частки бамбукових волокон (до 25%) призвело до значного збільшення коефіцієнта поглинання вологи.

За результатами досліджень гігієнічних властивостей текстильних матеріалів для взуття, виготовлених з використанням бамбукових волокон, можна постулювати високий рівень їх властивостей, що дозволяє стверджувати про доцільність їх використання у матеріалах підкладки та зовнішніх деталях взуття.

З метою забезпечення належного рівня вимог до мікробіологічних властивостей взуття нами було здійснено мікробіологічний аналіз текстилю взуттєвого призначення з бамбукових волокон. Для аналізу було відібрано чотири взірці тканин (W1, W2, W3, W4) і два – трикотажних полотен (K1, K2). Товщина взірців – 0,35 - 1,74 мм; маса основи – 170 - 500 г/м²; вміст бамбукових волокон – не перевищує 50%.

Визначення стійкості взуттєвих текстильних матеріалів з волокон бамбуку до дії мікрогрибків проводили за методом PN-EN 14119: 2005 “Текстильні випробування. Оцінка дії мікрогрибків, метод A1”. Випробувані зразки (діаметром 40 мм) обробляли стандартизованою суспензією грибкових спор на агарі без вуглецю. Тестові гриби повинні рости лише на досліджуваному матеріалі. Вплив тестових грибів на зразок оцінювали, виходячи зі ступеня їх зростання на зразках (середнє значення – 4 повторювані результати). Зразки бамбукової тканини тестували

на стійкість до *Aspergillus niger* ATCC 6 275. Стандартний метод для цілей нашого аналізу був модифікований так, щоб гриби *Trichophyton mentagrophytes* LOCK O572 та *Candida albicans* ATCC 10259 могли рости на зразках без можливості розщеплення целюлози з тканин. Для цього використовували розчин мінеральних солей з рН 5,6 з додаванням пептону та глюкози.

Результати аналізу мікробіологічної оцінки текстильних матеріалів з бамбукових волокон подані у табл. 3.

Спостереження за зразками проводили неозброєним оком та під мікроскопом. З даних табл. 3 видно, що зразки текстильних матеріалів W1-W4 та K1-K2 не виявляли гальмівного впливу на ріст тестового штаму *Aspergillus niger* – інтенсивне зростання грибків було видно на всій поверхні кожного зразка. На поверхні досліджуваного текстилю з бамбукових волокон після інкубації спостерігалось зростання цвілі *Trichophyton mentagrophytes* у вигляді міцелію білого кольору. Було виявлено, що зразки W1, W3, W4, K1 та K2 не інгібують ріст *Trichophyton mentagrophytes* – інтенсивний ріст грибків був також помітний на всій поверхні кожного із зазначених вище зразків. Через світле забарвлення зразків та білий кольору міцелію, це зростання не завжди було видно на фото. На мікроскопічних

зображеннях були помітні невеликі гіфи. Наростання міцелію не спостерігалось неозброєним оком лише на контрольному зразку W2 – зростання грибків на цьому зразку визначали мікроскопічним аналізом. Фунгістатичний ефект не виявлено для зразків W1, W3, W4, K1 та K2, а тільки для зразка W2. Для зразків W1, W2, W3 та K2 зростання *Candida albicans* не спостерігалось на поверхні зразків текстилю після інкубації, а лише на поверхні агару після відбору проб. Інтенсивний ріст грибків був помітний на всій поверхні агару під зразками в місцях прилягання до текстильних матеріалів для зразків W1-W3 та K2. Інтенсивне зростання тестових грибків *Candida albicans* спостерігалось на поверхні зразків W4, K1. Жоден із зразків W1-W4 та K1-K2 не гальмував ріст *Candida albicans*.

Результати хімічного аналізу текстильних матеріалів з бамбукових волокон, зокрема наявність і концентрація у них важких металів, подані у табл. 4.

З даних табл. 4 видно: в усіх досліджуваних матеріалах концентрація важких металів Sb, As, Hg, Cd, Co, Cr, Ni, Pb не перевищує межі кількісного значення ГДК; у зразках W2 та W3 було виявлено мідь (Cu); у зразках W1 та W4 – стибій (Sb).

Таблиця 3

Оцінка протигрибкової активності текстильних матеріалів M1-M6

(I – середня інтенсивність росту, II – оцінка випробуваного матеріалу,

III – оцінка росту на агарі за зразками на агарі)

Зразок	<i>Aspergillus niger</i>		<i>Trichophyton mentagrophytes</i>		<i>Candida albicans</i>	
	I	II	I	II	III	II
контрольний зразок (бавовняна тканина)	5	Відсутність фунгістатичного ефекту	5	Відсутність фунгістатичного ефекту	Зростання на зразку невидиме неозброєним оком і під мікроскопом. Зростання добре видно навколо і під зразком	Відсутність фунгістатичного ефекту
W1	5		5			
W2	5		1	Фунгістатичний ефект		
W3	5		5	Відсутність фунгістатичного ефекту	Інтенсивне зростання, що охоплює всю випробувану поверхню	
W4	5		5			
K1	5		5			
K2	5		5	5	Відсутність фунгістатичного ефекту	

Зразок	Концентрація важких металів у досліджуваних матеріалах								
	Назва і вміст металу, mg/kg								
	Стибій	Арсен	Свинець	Кадмій	Хром	Кобальт	Мідь	Нікель	Ртуть
W1	0,1372	<0,005	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,01	<0,08	<0,1
W2	<0,005	<0,005	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
W3	<0,005	<0,005	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	3,88	<0,08	<0,1
W4	0,0952	<0,005	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,02	<0,08	<0,1
K1	<0,005	<0,005	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,02	<0,08	<0,1
K2	<0,005	<0,005	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,02	<0,08	<0,1
K3	<0,005	<0,005	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,02	<0,08	<0,1

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. На основі попередніх досліджень ми прогнозуємо, що використання текстильних матеріалів з бамбукових волокон може покращити відчуття комфорту для користувачів взуття в спектрі гігієнічних та реологічних властивостей. Оскільки мікроклімат у взутті визначається насамперед гігієнічними властивостями, то саме в цьому відношенні ми пропонуємо використовувати у пакетах матеріалів взуття для активного відпочинку і туризму текстильні матеріали бамбукових волокон.

Для надання текстильним матеріалам з бамбукових волокон стійкості до мікроорганізмів необхідно модифікувати їх поверхню, наприклад, застосовуючи відповідну обробку. В межах наших досліджень трикотаж на основі бамбукових волокон та еластану (M6) був використаний як підкладковий матеріал у взутті, яке отримало високу оцінку експертів за результатами досліджень на безпечність.

Отримані результати хімічного аналізу текстильних матеріалів з бамбукових волокон, зокрема вмісту у них важких металів, підтверджують, що досліджувані матеріали і відповідають вимогам регламенту REACH (EC 1907/2006 – “Покращення захисту здоров’я людини та довкілля шляхом кращої та більш ранньої ідентифікації властивостей хімічних речовин”), і можуть бути використані для виготовлення деталей взуття для активного відпочинку і туризму.

Дослідження текстильних матеріалів з бамбукових волокон, проведене у цій роботі, – це вступ до подальшої роботи, мета якої – створити прототип взуття з полішеними функціональними параметрами, що має безпосередній вплив на мікроклімат у взутті.

ACKNOWLEDGEMENTS: *The research work has been carried out within project: “Use of bamboo*

extract and fibres in the elements of leather, textile and combined leather and textile children's footwear” financed by the National Centre for Research and Development (Agreement No. LIDER/16/0091/L-8/16/NCBR/2017).

ЛІТЕРАТУРА

1. Andersson R. Movement pattern depending on shoe and surface / R. Andersson, M. Hauri // Master's thesis, ETH, Zurich. – 1998. – 123 p.
2. Либа Р. Стопи поляків, досліджені Інститутом шкіряної промисловості в Лодзі : монографія / Р. Либа, Зб. Олейнічак, Б. Возняк. – Лодзь: Видавництво Інституту шкіряної промисловості, 2012. – 204 с.
3. Коновал В. П. Наукові основи створення і проектування колодки, вибору конструкції та асортименту взуття. Ч. 1. Теоретичні розробки в конструюванні взуття / В. П. Коновал. – К. : КНУТД, 2009. – 100 с.
4. Беднарчук М. С. Наукові основи формування асортименту і якості взуття спеціального призначення : монографія / М. С. Беднарчук. – Львів : Видавництво Львівської комерційної академії, 2015. – 528 с.
5. Попович Н. І. Нові напрямки вдосконалення споживних властивостей спортивного взуття / Н. І. Попович // Вісник Хмельницького національного університету. – № 4. – 2011. – С. 101-106. – (Серія “Технічні науки”).
6. Hoath SB, Maibach HI. Neonatal skin structure and functions Second Edition. Revised and Expanded, Marcel Dekker Inc., New York, 2003.
7. Fluhr JW, Pfisterer S, Gloor M. Direct comparison of skin physiology in children and adults with bioengineering methods. *Pediatric Dermatology*, 2000; 17(6): 436-439.

8. Chajdas A, Świdarska M, Daniszewska B. Prophylaxis of the healthy foot of a toddler – hygiene, exercises and massage. *Family Pedagogy*, 2014; 4(3): 233-248.

9. Foiassi T, Pantazi M. Children's footwear – health, comfort, fashion. *Revista de Pielarie Incaltaminte*, 2010; 10 (4): 45-60.

10. Ischimji A, Malcoci M, Bulgaru V, Ischimji N, Pascari I. Studies on the functions of footwear for children. *Annals of the University of Oradea*, 2012; 13 (1): 208-214.

11. Kristen KH, Kastner J, Holzreiter S, Wagner P, Engel A. Functional evaluation of shoes for children based on gait analysis of children in the learning to walk stage. *Zeitschrift fur Orthopadie und Ihre Grenzgebiete*, 1998; 136(5): 457-462.

12. Walther M, Herold D, Sinderhauf A, Morrison R. Children sport shoes – a systematic revive of current literature. *Foot and Ankle Surgery*, 2008; 14 (4): 180-189.

13. Serweta W, Matusiak M, Olejniczak Z, Jagiełło J, Wójcik J. Proposal for the Selection of Materials for Footwear to Improve Thermal Insulation Properties Based on Laboratory Research. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2018; 26, 5(131): 75-80.

14. Taylor N A S, Caldwell J N, Mekjavic IB. The sweating foot: local differences in sweat secretion during exercise – induced hyperthermia. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 2006; 77 (10): 1020-1027.

15. Błaszczuk-Kostanecka M, Wolska H. *Dermatologia w praktyce*. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warsaw, 2009.

16. Попович Н. І. Біомеханічні властивості стопи – важливий чинник формування споживних властивостей взуття / Н. І. Попович, І. І. Половніков, М. С. Беднарчук // Проблеми формування асортименту, якості і екологічної безпечності товарів : матеріали III-ої міжнародної наук.-практ. конф. (Львів, 12 листопада 2015 року) : тези доповідей / [відп. ред. П. О. Куцик]. – Львів : Видавництво «Растр-7», 2015. – С. 168-170.

17. Sanchez-Navarro MM, Perez-Liminana MA, Cuesta-Garrote N, Maestre-Lopez MI, Bertazzo M, Martinez-Sanchez MA, Orgiles-Barcelo C, Aran-Ais F. Latest Developments in Antimicrobial and Functional Materials for Footwear. *Microbial Pathogens and Strategies for Combating Them: Science, Technology and Education*, 2013; 1: 102-113.

18. Lasek W. *Materiałoznawstwo obuwni- cze*. Radom: Wyższa Szkoła Inżynierska im. Kazimierza Pułaskiego, 1986.

19. Matusiak M. Innovative woven fabrics from soybean protein fibres. *Technologia i Jakość Wyrobów*, 2016; 61: 17-23.

20. Bochenek A, Reicher M. *Anatomia człowieka*. Warsaw. PZWL; 2007.

21. PN-EN ISO 20344: 2012. Personal protective equipment – Test methods for footwear.

22. Kadapalayam Chinnasamy K, Chidambaram P. Influence of the Bamboo/Cotton Fibre Blend

Proportion on the Thermal Comfort Properties of Single Jersey Knitted Fabrics. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2017; 25, 6(126): 53-57.

23. Prasanna Venkatesh R, Ramanathan K, Srinivasa Raman V. Tensile, Flexural, Impact and Water Absorption Properties of Natural Fibre Reinforced Polyester Hybrid Composites. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2016; 24, 3(117): 90-94.

REFERENCES

1. Andersson R. and Hauri M. (1998), Movement pattern depending on shoe and surface, Masters thesis, ETH, Zurich, 123 r.

2. Lyba R., Oleinichak Zb. and Vozniak B. (2012), *Stopy poliakov doslidzheni Instytutom shkirianoï promyslovosti v Lodzi : monohrafiia*, Wydavnytstvo Instytutu shkirianoï promyslovosti, Lodz, 204 s.

3. Konoval, V. P. (2009), *Naukovi osnovy stvorennia i proektuvannia kolodky, vyboru konstruktсии ta asortymentu vzuttia*. Ch. 1. Teoretychni rozrobky v konstruiuvanni vzuttia, KNUTD, K., 100 s.

4. Bednarchuk, M. S. (2015), *Naukovi osnovy formuvannia asortymentu i yakosti vzuttia spetsialnogo pryznachennia : monohrafiia*, Wydavnytstvo Lvivskoi komertsiiinoï akademii, Lviv, 528 s.

5. Popovych, N. I. (2011), *Novi napriamky vdoskonalennia spozhyvnykh vlastyvostei sportyvnoho vzuttia*, *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu*, № 4, s. 101-106. – (Seriiia “Tekhnichni nauky”).

6. Hoath SB, Maibach HI. (2003), *Neonatal skin structure and functions* Second Edition. Revised and Expanded, Marcel Dekker Inc., New York.

7. Fluhr JW, Pfisterer S, Gloor M. (2000), Direct comparison of skin physiology in children and adults with bioengineering methods. *Pediatric Dermatology* 17(6): 436-439.

8. Chajdas A, Świdarska M and Daniszewska B. (2014), Prophylaxis of the healthy foot of a toddler – hygiene, exercises and massage. *Family Pedagogy* 4(3): 233-248.

9. Foiassi T, Pantazi M. (2010), Childrens footwear – health, comfort, fashion. *Revista de Pielarie Incaltaminte*, 10 (4): 45-60.

10. Ischimji A, Malcoci M, Bulgaru V, Ischimji N, Pascari I. (2012), Studies on the functions of footwear for children. *Annals of the University of Oradea*; 13 (1): 208-214.

11. Kristen KH, Kastner J, Holzreiter S, Wagner P, Engel A. (1998), Functional evaluation of shoes for children based on gait analysis of children in the learning to walk stage. *Zeitschrift fur Orthopadie und Ihre Grenzgebiete*; 136(5): 457-462.

12. Walther M, Herold D, Sinderhauf A, Morrison R. (2008), Children sport shoes – a systematic revive of current literature. *Foot and Ankle Surgery*; 14 (4): 180-189.

13. Serweta W, Matusiak M, Olejniczak Z, Jagiełło J, Wójcik J. (2018), Proposal for the Selection of Materials for Footwear to Improve Thermal

Insulation Properties Based on Laboratory Research. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe; 26, 5(131): 75-80.

14. Taylor N A S, Caldwell J N, Mekjavic IB. (2006), The sweating foot: local differences in sweat secretion during exercise – induced hyperthermia. Aviation Space and Environmental Medicine; 77 (10): 1020-1027.

15. Błaszczuk-Kostanecka M, Wolska H. (2009), Dermatologia w praktyce. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warsaw.

16. Popovych, N. I. Polovnikov, I. I. and Bednarchuk, M. S. (2015), Biomechanichni vlastyvyosti stopy – vazhlyvyi chynnyk formuvannia spozhyvnykh vlastyvyostei vzuttia, Problemy formuvannia asortymentu, yakosti i ekolohichnoi bezpechnosti tovariv : materialy III-oi mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf. (Lviv, 12 lystopada 2015 roku) : tezy dopovidei, vidp. red. P. O. Kutsyk, Vydavnytstvo «Rastr-7», Lviv, s. 168-170.

17. Sanchez-Navarro MM, Perez-Liminana MA, Cuesta-Garotte N, Maestre-Lopez MI, Bertazzo M, Martinez-Sanchez MA, Orgiles-Barcelo C, Aran-Ais F. (2013), Latest Developments in Antimicrobial and Functional Materials for Footwear. Microbial

Pathogens and Strategies for Combating Them: Science, Technology and Education; 1: 102-113.

18. Lasek W. (1986), Materiałoznawstwo obuwnicze. Radom: Wyższa Szkoła Inżynierska im. Kazimierza Pułaskiego.

19. Matusiak M. (2016), Innovative woven fabrics from soybean protein fibres. Technologia i Jakość Wytrobów; 61: 17-23.

20. Bochenek A, Reicher M. (2007), Anatomia człowieka. Warsaw. PZWL.

21. PN-EN ISO 20344: 2012. Personal protective equipment – Test methods for footwear.

22. Kadapalayam Chinnasamy K, Chidambaram P. Influence of the Bamboo/Cotton Fibre Blend Proportion on the Thermal Comfort Properties of Single Jersey Knitted Fabrics. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2017; 25, 6(126): 53-57.

23. Prasanna Venkatesh R, Ramanathan K, Srinivasa Raman V. Tensile, Flexural, Impact and Water Absorption Properties of Natural Fibre Reinforced Polyester Hybrid Composites. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2016; 24, 3(117): 90-94.

Стаття надійшла до редакції 14 квітня 2020 р.