

РОЗРОБЛЕННЯ ВЗУТТЯ В СТИЛІ ГРАНЖ

В статті досліджено конструктивні особливості взуття стилю гранж.

Розроблена конструкція взуття, технологічні етапи його виготовлення за індивідуальним замовленням та поетапна технологія фінішного оздоблення готових виробів.

Розроблено пакет конструкторсько-технологічної документації на виробу даного сегменту.

Виготовлено зразки моделей чоловічого взуття в стилі гранж з різним колористичним фінішним оздобленням.

Перевірено згідно вимог стандартів і доведено експериментальним шляхом високу зносостійкість лицевої поверхні матеріалів для верху взуття, а саме Красту оздобленого фінішними композиціями і готових виробів, здатність матеріалу до багаторазового згину, розтягу, мокрою і сухою тертя.

Підтверджено високі експлуатаційні характеристики взуття.

Доведено експериментальним шляхом доцільність даних робіт.

Ключові слова: розроблення, технологія, фінішне оздоблення, якість, зносостійкість, форма, шкіра, стиль, виріб.

T. LIPSKYI, N. PERVAIA, A. BABYCH

Kyiv National University of Technology and Design

DEVELOPMENT OF GRANGE STYLE SHOES

In today's conditions it is fashionable and affordable for all people to make shoes to order. Living standards have changed, so the traditional concept of making shoes to order due to physiological needs or deviations in the feet of consumers has been added to the production of elegant model, casual, theatrical, stage, ceremonial shoes for all, without foot pathology. This segment of products includes shoes in the style of grunge.

In certain segments of the population of Ukraine, the so-called "golden youth", making shoes to order is a way of life and a certain status that allows them to feel special. And this is true to some extent, because the manufacturer of footwear enterprises of large, medium and even small capacity focuses on the requirements and needs of the mass buyer and can not fulfill the wishes of a particular person.

The design features of grunge style footwear are investigated in the article.

The design of footwear, technological stages of its production by the individual order and step-by-step technology of finishing of finished products is developed.

A package of design and technological documentation for products of this segment has been developed.

Samples of models of men's shoes in grunge style with different color finishes are made.

Tested according to the requirements of the standards and experimentally proven high wear resistance of the front surface of the materials for the upper shoes, namely Krast decorated with finishing compositions and finished products, the ability of the material to repeated bending, stretching, wet and dry friction.

High performance characteristics of footwear are confirmed.

The expediency of these works is proved experimentally.

Key words: development, technology, finishing, quality, wear resistance, shape, leather, style, product.

Вступ

Сучасна мода настільки багатогранна, що іноді важко зрозуміти, хто перед тобою – жебрак, безпритульний або неймовірно модний тусовщик. Якщо є сумніви, дивлячись на людину, яка, загалом, зовсім не схожа на безпритульного, будьте впевнені - він одягнений в стилі гранж.

Гранж увірвався в світ моди блискавично, зносячи на своєму шляху всі канони, традиції, химерність і звичні тенденції. Національна приналежність або вік для нього не має ніяких обмежень. Бути собою - це основне завдання.

Стиль гранж вперше з'явився в Америці 70-х років в колі нової субкультури. Її учасники, виступаючи проти матеріальних надмірностей і висловлюючи свої погляди на життя, самотність і депресивний настрій, «йшли в музику» - альтернативний рок. У навушниках хлопців грали треки таких відомих виконавців як Nirvana, PearlJam, AliceinChains.

XX століття, взагалі, характеризується як епоха пошуку в усьому: поети знаходили нові рими, а художники, наприклад, теми для своїх робіт. Серед творчої молоді стався бунт світогляду, ціла революція загальноприйнятих поглядів. Вони заперечували сприйняття одягу як чогось головного в людині. На перший план виносився внутрішній світ, в якому немає, і ніколи не буде, місця для гламуру [1].

Всю суть стилю гранж можна описати як: змішування непоєднаних елементів; комфорт і зручність на першому місці; байдужість до моди. Американський дизайнер Марк Джейкобс, який створював речі в стилі гранж казав: «Мода - питання грошей, стиль - питання індивідуальності»[2].

Досягти стилю гранж в одязі можливо за рахунок змішування не поєднаних елементів гардеробу, а здійснити це у взутті значно складніше. Одним із варіантів може бути виготовлення взуття за індивідуальним замовленням.

Виробництво взуття за індивідуальним замовленням дає можливість фахівцю творити використовуючи типові і не типові матеріали, класичні і удосконалені власноруч методи і методики

модельовання, технології складання деталей у виріб, а також дозволяє експериментувати з фінішними композиціями для оздоблення і досягати не просто бажаного, але й практично унікального результату.

Потрібно відмітити той факт, що виробництво взуття за індивідуальним замовленням стає дедалі популярнішим у світі, про що свідчать щорічні професійні виставки.

Постановка завдання

Сучасна мода достатньо демократична, широкий спектр можливостей сучасної людини і різноманітність трендів дозволяє створювати дизайнерам модні образи в будь-якому стилі. Молодь, наповнена бунтарським духом, духом неповторності і протесту суспільству, на протигагу гламурному SWAG і розумній повсякденності Smart Casual може обрати для себе не менш яскравий, але більш зухвалий та індивідуальний Grunge.

До основних характерних рис взуття в стилі гранж відносять: вільний крій; асексуальність; явна «поношеність» та «подертість»; «рвана» і «викривлена» структура матеріалу і виробу; «вицвілий» колір матеріалу, вінтажність; багатощаровість; застосування слоганів, малюнків тощо.

Реалізувати стиль гранж у взутті можливо при індивідуальному замовленні за рахунок застосування специфічних підходів до фінішного оздоблення або декорування, нетрадиційного конструктивного рішення дизайнера та інноваційних технологічних підходів щодо складання деталей у виріб. Найбільш прийнятним матеріалом для верху взуття в стилі гранж є натуральна шкіра Краст, яка відноситься до шкір з натуральною лицьовою поверхнею, для яких не було проведене механічне облагороджування (шліфування, тиснення тощо). Зазвичай, Краст виробниками взуття підбирається не фарбований, що дає можливість створення на його поверхні індивідуального кольору або ефекту. Краст, застосований для виготовлення взуття, фарбується вручну і переважно вже у готовому виробі. Для надання взуттю кольору використовують спеціальні композиції (так звані колоранти) або готові фінішні композиції на водній або безводній (органічній) основі. Залежно від основних характеристик застосовуваних барвників Красту надають специфічних властивостей: яскравого або нетрадиційного кольору, ефекту потертості або патини, металічного блиску тощо. Вказані композиції використовують не у промисловому масштабі, а для ремісництва та штучної обробки.

Фінішні композиції для оздоблення шкіри Краст або виробів з неї є, зазвичай, імпортованими матеріалами, стилістичний перелік властивостей яких надає виробник у технічній документації [3-6, 7-9]. Перелік включає вид шкіри, яку можна фарбувати даним продуктом, колір і глибину проникнення композиції в структуру матеріалу, вказуються також специфічні властивості, що надає композиція шкірі (наприклад, воскова поверхня, водовідштовхувальні властивості, глянець, металічний блиск, перламутр тощо).

Таким чином, основною метою даної роботи є створення взуття у стилі гранж за рахунок розробки оригінальної конструкції, технології складання взуття та застосування фінішного оздоблення готового виробу.

Для досягнення мети роботи необхідно дослідити тенденції моди і попиту на взуття в умовах сучасних професійних виставкових центрів, виявити потреби споживачів і думки професіоналів щодо придбання виробів даного стильового сегменту, обґрунтувати споживчі потреби у формуванні сучасного асортименту, розробити конструкції взуття у стилі гранж, удосконалити етапи і технологічні процеси виробництва взуття.

Основна частина

В результаті аналізу сучасних напрямків моди та думок професіоналів і споживачів, отриманих на основі проведеного анкетування за критеріями вагомості в умовах міжнародної виставки «leather and shoes», м. Київ (рис.1), за підтримки ТОВ «Litini», була розроблена асортиментна серія чоловічих черевиків для повсякденного носіння у стилі гранж бренду «T.Lipski», виготовлено дослідні зразки моделі виробу з фінішним оздобленням (рис.2) за удосконаленою автором технологією виготовлення і фінішного оздоблення готових виробів [10, 11]. Візуалізація технологічних етапів виготовлення та фінішного оздоблення взуття за індивідуальним замовленням в стилі гранж представлена на рис. 3 (а-ж).



Рис. 1. Розподіл пріоритетів споживчих переваг при оцінці чоловічого взуття



Рис. 2. Розроблений зразок черевиків чоловічих для повсякденного носіння в стилі гранж
а – вид збоку; б – вид спереду; в – вид з заду; г – вид знизу



Рис. 3 Візуалізація етапів технології виготовлення та фінішного оздоблення взуття за індивідуальним замовленням в стилі гранж
а – початковий етап (не оброблена заготовка з Красту); б – перший етап (зволоження, затягування заготовки на колодку, сушка); в – другий етап (знежирення заготовки мильним розчином, промивання, сушка); г, д – третій етап (нанесення фінішу б шарів, пошарова сушка); е – четвертий етап (воціння); є – п'ятий етап (полірування); ж- готове взуття.

Матеріали з фінішним оздобленням згідно загальновідомої методики (за ДСТУ ISO 5404:2007 Шкіра. Фізико-механічні випробування.) піддавались експериментальним випробуванням на фізико – механічні властивості фінішного покриття, а готове взуття піддавалось дослідному носінню (за методикою ДСТУ EN ISO 20344: 2009) для перевірки і підтвердження високих експлуатаційних властивостей виробу.

Для вивчення попиту щодо розробленого взуття в стилі гранж було проведено анкетування учасників професійної виставки «Leather and shoes – 2020», яких представляли виробничники та споживачі взуття. Визначено п'ять критерії вагомості, які впливають на вибір споживача, а саме: зовнішній вигляд (дизайн), ціна на виріб, вага виробу, матеріали, комфортність моделі. Опитування показало, що представлені моделі взуття даного стилю є цікавими, усі їх охоче розглядали, однак не всі з анкетованих осіб наважились би їх носити – 34%, охоче носили б, але не знають де купити – 46%, не носили б ніколи – 8%, не визначились – 12%. Всі респонденти зазначили щодо практичності та різноманітності оздоблення взуття фінішними композиціями, можливості оновлення кольору або його часткової чи повної зміни. Виробничниками однотайно було відмічено сучасність і трендовість моделей, однак, було зазначено, що для серійного виробництва представлені моделі не підходять. Це пов'язано з тим, що взуття виготовляється зі шкіра Краст, яка потребує обов'язкового фарбування та фінішного оздоблення у готовому виробі для надання необхідних функціонально-споживчих та естетичних характеристик, а також якість виконання оздоблення залежить від професіоналізму майстра. Тому необхідно більш глибоко займатися питанням удосконалення технології фінішного оздоблення взуття зі шкіри Краст.

В залежності від матеріалу підкладки та конструктивних особливостей виробу, розроблену модель взуття можна експлуатувати в різні періоди календарного року, про що свідчать позитивні результати дослідного носіння.

Для виготовлення дослідних зразків чоловічих черевиків в стилі гранж використано тільки натуральні матеріали: для верху взуття – шкіра Краст з сировини великої рогатої худоби (ВРХ); для підкладки – шкіра для підкладки взуття; для деталей низу взуття – шкіра Краст для низу взуття з чепрака ВРХ; нитки для складання заготовки та шнурівка виготовлені з бавовняного волокна. До підошви взуття для носіння у період «осінь-зима», може додатково додаватися комплект підошви з поруватої гуми чи поліуретану (ПУ), який за бажанням покупця прикріплюють до основної підошви для підвищення її зносостійкості під час виробництва виробу або під час ремонту взуття. Метод кріплення низу взуття клеє-прошивний. Черевики розроблялися і виготовлялися в умовах дизайн студії і технологічної лабораторії ТОВ «Litini».

Для визначення якості і експлуатаційних характеристик взуття було відібрано 5 зразків взуття і зразки матеріалу та проведено оцінку їх параметрів за такими показниками: стійкість покриття до багаторазового вигину; стійкість покриття до тертя (мокре, сухе); стійкість забарвлення до тертя (мокрого, сухого); стійкість забарвлення до дії органічного розчинника [12-17]. Результати випробувань представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні показники шкіри Краст, оздобленої фінішними композиціями

Показник	Стандартизований показник за ДСТУ	Фінішна композиція за кольором		
		зеленого (Kenda Farben Spa)	синього (IEXI s.r.l)	червоно-коричневого (Biar)
1	2	3	4	5
Стійкість покриття до багаторазового вигину, вигини	50000	> 50000	> 50000	> 50000
Стійкість покриття до тертя, оберти:				
сухого	200	> 500	> 500	> 500
мокрого	100	> 500	200	150
Стійкість забарвлення до тертя, бали:				
сухого	2 – 5	5	5	4
мокрого	2 – 5	5	4	3
Стійкість забарвлення до дії органічного розчинника, бали	2 – 5	4	4	2

Отже, за результатами випробувань зрозуміло, що покриття яким оздоблено взуття з Красту має високу якість. Згідно стандартів оздоблення вважається стійким до сухого тертя якщо зразок шкіри витримує 200 обертів без пошкодження покриття, до мокрого – 100 обертів. Запропоновані автором для використання фінішні композиції надали Красту більшої стійкості ніж вимагає нормативна документація на шкіри для верху взуття. При визначенні стійкості покриття до багаторазового вигину відзначають кількість

вигинів (циклів) до появи утворення тріщин та зміни кольору, складки, осипання покриття. Всі зразки оздобленого Красту витримали більше 50000 вигинів без втрати цілісності покриття, його розтріскування та осипання, а це є відмінним результатом. Визначити міцність прилипання покриття до поверхні шкіри (адгезію) і товщину покриття на шкірі ваговим методом виявилось в даному дослідженні неможливо, оскільки на поверхні шкіри Краст фінішними композиціями не було сформовано плівку. Фінішні композиції швидко дифундують у структуру шкіри не утворюючи на її поверхні видимого покриття. Але слід відмітити і високі адгезійні властивості композицій до будь – якого матеріалу, використаного в дослідженні (скла, порцеляни, алюмінію тощо).

Зважаючи на особливості догляду за взуттям, визначено також стійкість забарвлення поверхні оздобленої шкіри до тертя та дії органічних розчинників. Стійкість, оцінена в балах за шкалою сірих еталонів, є максимальною (5 балів) для сухого тертя у всіх зразків. Стійкість забарвлення до дії органічних розчинників у шкір для верху взуття рідко досягає високих показників. Більшість органічних розчинників розчиняють оздоблювальні матеріали, змиваючи їх з поверхні шкіри. Саме тому вказаний показник не нормується для взуттєвих шкір. Проведене дослідження виявило достатньо високу стійкість (4 бали) до дії чотирихлористого вуглецю зразків зеленого та синього кольорів, що також можна пояснити специфічним складом цих композицій – композиція зеленого кольору є за характеристиками виробника лаком, а в композиції синього кольору міститься віск.

Визначення фізико-механічних показників оздобленого Красту, виявило збільшення показника границі міцності під час розтягування та зменшення подовження зразка під час напруження у порівнянні з Крастом без оздоблення (табл. 2.).

Таблиця 2

Фізико-механічні показники Красту, оздобленого фінішними композиціями

Показник	Краст, оздоблений фінішною композицією			Краст без оздоблення
	зеленою	синьою	червоно-коричневою	
1	2	3	4	5
Границя міцності під час розтягування, 10 МПа	2,1	1,7	1,65	1,5
Подовження під час напруження 10 МПа, %	22	34	36	40

Досягнення повної покривності Красту фінішними композиціями вплинуло на його еластичність. Найбільшої зміни зазнав Краст, оздоблений зеленою композицією, яка за 6 проходів нанесення повністю просочила дерму по товщині, зменшивши еластичність. При цьому на 40 % збільшилась міцність Красту, а видовження під час напруження у 10 МПа зменшилось на 45 %. Скоріше за все, такі відчутні зміни обумовлені органічною природою композиції і її жорсткою полімеризацією в структурі Красту.

У випадку використання композицій синього та червоно-коричневого кольорів зміни не такі суттєві. У порівнянні з показниками Красту до оздоблення, границя міцності під час розтягування у випадку застосування композиції синього кольору збільшується на 13,3 %, червоно-коричневого – 10,0 %. Подовження під час напруження у 10 МПа у випадку застосування композиції синього кольору збільшується на 15,0 %, червоно-коричневого – 12,5 %. Отримані дані дають змогу оцінити, як зміняться механічні показники Красту за умови нанесення фінішних композицій до повної його покривності. На що слід звернути уваги при використанні згаданих композицій.

Висновки

На сьогоднішній день виробництво взуття в стилі гранж є актуальним і затребуваним, але можливо тільки за індивідуального замовлення при застосуванні фінішних композицій для оздоблення готового виробу зі шкіри Краст.

Застосування фінішних композицій для оздоблення готового взуття з Красту є пріоритетним напрямом розвитку виробництва, оскільки розширює можливості і зменшує витрати на матеріали, що в цілому здешевлює вартість виробу не погіршуючи його естетичних, ергономічних, технологічних і гігієнічних характеристик.

Використання фінішних композицій для оздоблення взуття зі шкіри Краст дає змогу отримати покриття високої якості. Ефективність підтверджується високою стійкістю отриманого покриття до механічного впливу, дії води та органічних розчинників.

Результати дослідного носіння розроблених чоловічих черевиків в стилі гранж показали позитивні результати.

Література

1. <https://www.miraton.ua/fashioncocktail/derzkiy-stil-granzh-bunt-protiv-glamura-ili-trend-sezona.html>
2. Марк Джейкобс о гранже <http://www.lookatme.ru/flow/posts/fashion-radar/85081-granzh>

3. KENDAFARBENSpa. <http://www.kendafarben.it/>.
4. Biar.it. URL :<http://biar.it/homy/?lang=en>.
5. IEXIs.r.l. URL :<http://www.iexi.com/guest/en/home>.
6. ATK. <https://atk.kiev.ua/g22111750-kraski-finishi-iexi>.
7. T. Lipskyi, N. Pervaia, O. Okhmat, O. Mokrousova, A. Babych. Assessment of performance using compositions in crust leather decoration. Eastern-European journal of enterprise technologies ISSN 1729-3774, Том 6, №1/6 (109) 2021, 57-63 (2021): DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224226
8. [Гаркавенко С.С.], Бабич А.І., Охмат О.А., Липський Т.М. Дослідження показників якості композицій для оздоблювання шкіряного напівфабрикату Краст. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2020. № 5. С. 117 – 126.
9. Данилкович А.Г., Грищенко І.М., Ліщук В.І. Інноваційні технології виробництва шкіряних хутрових матеріалів та виробів : монографія / А. Г. Данилкович, І. М. Грищенко, В. І. Ліщук [та ін.]. – К.: Фенікс, 2012. - 344 с.
10. Андреева О.А., Грищенко І.М., Зварич І.Т. Особливості шкірянохутрової сировини : монографія. – Україна, К.: Світ успіху. – 2018. – 451 с.
11. Матеріали та вироби текстильні і шкіряні побутового призначення. Основні гігієнічні вимоги: ДСТУ 4239-2003 – [Чинний від 01-10-2004]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 24 с.
12. Засоби індивідуального захисту. Взуття побутового призначення. Технічні умови (EN ISO 20345:2004/AC:2007/A1:2007, IDT) : ДСТУ EN ISO 20345:2009. – [Чинний від 2012-01-01] – К. : Держспоживстандарт України 2012.– 11 с. – (Національний стандарт України).
13. ДСТУ ISO 5404:2007 Шкіра. Фізико-механічні випробування.
14. ГОСТ 938.11 Кожа. Метод испытанія на растяжение.
15. ГОСТ 13868 Кожа хромовая для верха обуви. Метод определения устойчивости покрытия к многократному изгибу.
16. ГОСТ 939 Кожа для верха обуви. Технические условия.
17. ГОСТ 938.29 Кожа. Метод испытанія устойчивости окраски к сухому и мокрому трению.

References

1. <https://www.miraton.ua/fashioncocktail/derzkiy-stil-granzh-bunt-protiv-glamura-ili-trend-sezona.html>
2. Mark Jacobs on grunge <http://www.lookatme.ru/flow/posts/fashion-radar/85081-granzh>
3. KENDAFARBENSpa. <http://www.kendafarben.it/>.
4. Biar.it. URL: <http://biar.it/homy/?Lang=en>.
5. IEXIs.r.l. URL: <http://www.iexi.com/guest/en/home>.
6. ATK. <https://atk.kiev.ua/g22111750-kraski-finishi-iexi>.
7. T. Lipskyi, N. Pervaia, O. Okhmat, O. Mokrousova, A. Babych. Assessment of performance using compositions in crust leather decoration. Eastern-European journal of enterprise technologies ISSN 1729-3774, Volume 6, Page 6 /1 (109), 2021, 57-63 (2021): DOI: 10.15587/1729-4061.2021.224226
8. Garkavenko SS, Babych AI, Okhmat OA, Lipsky TM Research of quality indicators of compositions for finishing of leather semi-finished product Krast. Bulletin of Khmelnytsky National University. Technical sciences. 2020. № 5. S. 117 - 126.
9. Danilkovich AG, Grishchenko IM, Lishchuk VI Innovative technologies of production of leather fur materials and products: monograph / AG Danylkovich, IM Grishchenko, VI Lishchuk [etc.].. - K. : Phoenix, 2012. - 344 p.
10. Andreeva OA, Grishchenko IM, Zvarych IT Features of leather and fur raw materials: monograph. - Ukraine, K. : The world of success. - 2018. - 451 p.
11. Textile and leather materials and household products. Basic hygienic requirements: DSTU 4239-2003 - [Effective from 01-10-2004]. - Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2004. - 24 p.
12. Personal protective equipment. Household shoes. Technical conditions (EN ISO 20345: 2004 / AC: 2007 / A1: 2007, IDT): DSTU EN ISO 20345: 2009. - [Effective from 2012-01-01] - K.: Держспоживстандарт України 2012.– 11 с. - (National standard of Ukraine).
13. DSTU ISO 5404: 2007 Leather. Physico-mechanical tests.
14. GOST 938.11 Leather. Tensile test method.
15. GOST 13868 Chrome leather for shoe uppers. Method for determining the resistance of the coating to repeated bending.
16. GOST 939 Leather for shoe uppers. Technical conditions.
17. GOST 938.29 Leather. Method of testing the resistance of paint to dry and wet friction.

Рецензія/Peer review : 02.02.2021 р.

Надрукована/Printed : 10.03.2021 р.

М.М. ЛЕЩИШИН, Д.В. СТАЦЕНКО, Б.М. ЗЛОТЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМФОРТНОГО ТИСКУ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ВЗУТТЯ НА СТОПУ СПОЖИВАЧА

В роботі наведено результати калібрування резистивного датчика сили та представлено макет-трансформер взуття з використанням дослідного зразка комп'ютерної системи для визначення комфортних параметрів на основі відчуттів тиску на стопу замовника. Наведено результати досліджень індивідуальних відчуттів тиску на стопу взуттям у стані стояння та стані ходьби.

Ключові слова: антропометричні параметри, стопа, тиск, макет-трансформер, комфорт.

M.M. LESHCHYSHYN, D.V. STATSENKO, B.M. ZLOTENKO

Kyiv National University of Technologies and Design

RESEARCH OF COMFORTABLE PRESSURE OF THE INNER SURFACE OF SHOES ON THE FOOT OF THE CONSUMER

The foot is a complex static-dynamic system, the mathematical description of which requires taking into account many factors and individual features in order to ensure a sufficient level of shoe comfort. The effect of the same factor on different feet is completely different.

In the course of operation of footwear preservation of natural anatomic construction of foot in its satisfactory functioning is possible in that case if to provide convenience and to protect foot from external environment. The need to wear comfortable shoes has always been a topical issue for the consumer, but in mass factory production it is not always possible to meet the criteria of shoe comfort for each user due to the individual structure and biomechanical characteristics of his foot.

The footwear is made according to individual measurements of the customer's foot, takes into account all nuanced deviations in the foot, levels of sensitivity in different parts of the foot, individual color requests, the method of fastening the workpiece from top to bottom, processing.

Therefore, the main requirement for footwear is its rationality, the internal shape of which must correspond to the size and anthropometric features of the consumer's foot.

The manufacture of individual footwear begins with measurements of the basic anthropometric parameters of the feet, which are taken into account when designing the pad. But to create comfortable shoes, it is necessary to take into account the feeling of pressure on the foot.

The aim of the work is: calibration of a resistive force sensor and development of a fitting model-shoe transformer to increase comfort based on individual sensations of pressure on the customer's foot while standing and walking, using a computer system based on Arduino Uno microcontroller to measure subjective comfort.

Keywords: anthropometric parameters, foot, pressure, model-transformer, comfort.

Постановка завдання

Стопа - складна статико-динамічна система, математичний опис якої потребує урахування багатьох факторів та індивідуальних особливостей з метою забезпечення достатнього рівня комфортності взуття. Вплив одного і того ж фактора на різні стопи абсолютно різний.

В процесі експлуатації взуття, збереження природної анатомічної побудови стопи у її задовільному функціонуванні можливе в тому випадку, якщо забезпечити зручність і захистити стопу від зовнішнього середовища. Необхідність носіння комфортного взуття завжди було актуальним питанням для споживача, проте в умовах масового фабричного виробництва не завжди вдається задовольнити критерії комфорту взуття для кожного користувача у зв'язку з індивідуальними особливостями будови та біомеханічних характеристик його стопи.

Основна вимога до взуття полягає в його раціональності, воно повинне бути таким, щоб його основні розміри й внутрішня форма відповідали розмірам і антропометричним особливостям стопи споживача [1].

Аналіз останніх джерел

Вирішенню проблеми проектування і виготовлення комфортного взуття присвячені фундаментальні праці вітчизняних і зарубіжних вчених В. П. Либа [2], В. О. Фукін [3] та ін.

Як показав аналіз робіт, присвячених проблемі комфортності взуття [4, 5], можна зробити висновок, що автори розглядали питання комфортності взуття з позиції масового виробництва. Сьогодні все більша кількість споживачів, звертаються до індивідуального пошиття в зв'язку з такими факторами, як: екологічність, маленький або великий розмір стопи, сегмент споживачів, вид діяльності (що працюють у шоу бізнесі, celebrity) і т.д. які потребують певної конструкції взуття.

У зв'язку з гонитвою за модою та естетичним виглядом взуття, більшість виробників в основному упускають найважливіші завдання: виготовити споживачам взуття, яке захищає стопу від зовнішніх впливів та буде комфортним при експлуатації.

Силова взаємодія стопи та взуття дуже складний процес. На верх взуття діють активні сили тиску тильної частини стопи, а на низ взуття - реактивні сили тиску підошовної частини стопи і активні сили опорного тиску стопи [6-9].

Нерви і капіляри легко стискаються навіть при невеликому тиску взуття, при цьому кровообіг порушується. Встановлено, що пульсація у великих артеріях, які залягають в глибині стопи, може бути припинена при тиску близько $26 \cdot 10^3$ Па. Тиск же в капілярному руслі дорівнює $(1,3-2) \cdot 10^3$ Па. Виходячи з цього вважають, що тиск верху взуття на одиницю поверхні тильної і бічних сторін стопи, виключаючи область пальців, щиколоток, кісточкових борозен і гомілковостопного суглоба, допустимий в межах до $1 \cdot 10^3$ Па.

Підвищений тиск в капілярах може привести до зупинки кровообігу і, отже, до уражень стопи. Що стосується пальців, області зовнішньої і внутрішньої щиколоток і самих кісточок, то ці ділянки не повинні піддаватися стиску, так як жировий прошарок тут тонкий і навіть незначний тиск може викликати больові відчуття.

Виходячи з середньої маси людини та середньої площі опори, наближено вважають, що середній тиск на опору дорівнює 0,05 МПа. Довжина нормальної стопи при навантаженні її всією вагою тіла збільшується в середньому на 2-3мм, ширина на 2,5мм, обхват в пучках на 7-12мм, обхват в підйомі на 4-8мм. При стоянні людини кут, утворений віссю гомілки з віссю першої плеснової кістки, дорівнює 117° , а нормально рівноважного стану відповідає величина зазначеного кута 127° . Тому в нормальному взутті п'ята повинна бути піднята на каблук. При підйомі п'яти стопи на каблук розподіл тиску на опору при стоянні людини змінюється.

При значному підйомі п'яти (висота каблука 60-70мм) в області головок плеснових кісток тиск підвищується в 3-4 рази. У той же час при висоті каблука до 30 мм тиск перерозподіляється незначно. Для більш рівномірного розподілу тиску форма п'яtkової частини устілки повинна відповідати формі п'яти стоп.

Фізіологічний ефект динамічного навантаження стопи залежить від багатьох чинників: величини; місця докладання і напрямки сил, що діють на стопу; загальної схеми напруженого стану стопи і т.д. Величина, напрямок і місця прикладання силових факторів, діючих на стопу, різко змінюються в процесі ходьби і бігу.

Виготовлення індивідуального взуття розпочинається з обмірів основних антропометричних параметрів стоп, які враховуються при проектуванні колодки. Але для створення комфортного взуття обов'язково потрібно врахувати відчуття тиску на стопу.

Метою роботи є: калібрування резистивного датчика сили та розробка примірного макета-трансформера взуття для підвищення комфортності на основі індивідуальних відчуттів тиску на стопу замовника в стані стояння та ходьби, з використанням комп'ютерної системи на базі мікроконтролера Arduino Uno для виміру рівня суб'єктивного комфорту.

Виклад основного матеріалу

В роботі представлено дослідний зразок комп'ютерної системи для визначення комфортних параметрів на основі індивідуальних відчуттів тиску на стопу замовника (рис. 1.а).

Комп'ютерна система складається з наступних елементів: DD1 – мікроконтролер Arduino UNO, R1 – резистор 3.3 кОм, FSR1 – резистивний датчик сили FSR402. Резистивний датчик сили та подільник напруги під'єднані до виводу A0 мікроконтролера Arduino Uno. Напряга живлення складає 5В.

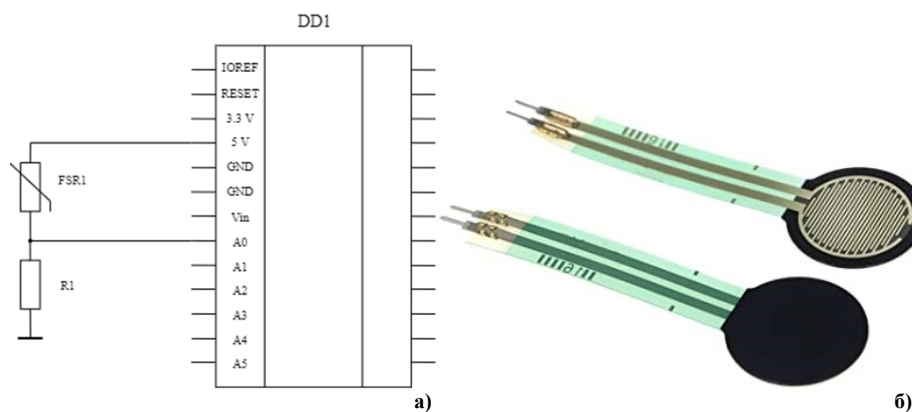


Рис. 1. а) - Електрична схема дослідного зразка; б) - Резистивний датчик сили FSR402

Резистивні датчики сили FSR402 - це датчики, які дозволяють оцінити рівень тиску, силу натискання і вагу (рис. 1.б).

Резистивні датчики сили по суті є резисторами, які змінюють значення свого опору (в Ом) в залежності від сили натискання на чутливий елемент.

Принцип роботи приладу полягає в наступному. Коли сила прикладена до датчика дорівнює нулю, його опір буде майже нескінченний, відповідно сигнал з датчика також дорівнює нулю.

Коли на резистивний датчик сили буде прикладене навантаження на виводі A0 з'явиться аналоговий сигнал. АЦП перетворює цей сигнал на цифрове значення сили, прикладеної до датчика та виводить його на дисплей монітора.

Для калібрування приладу використовувались вантажі масою 0,1 кг; 0,2 кг; 0,3 кг; 0,4 кг і 0,5 кг, які встановлювались на датчик тиску через перехідний диск (рис. 2).

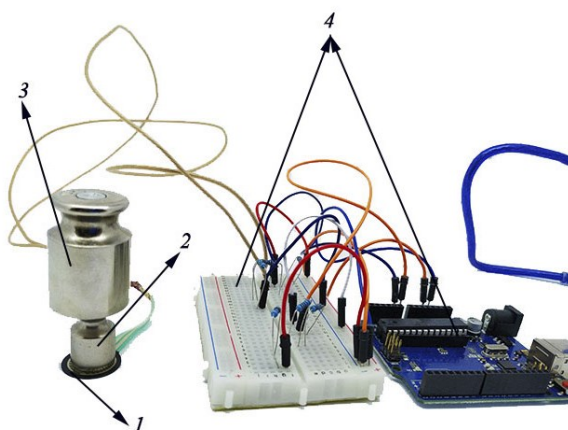


Рис. 2. Калібрування приладу: 1 – резистивний датчик сили; 2 – перехідний диск; 3 – вантаж; 4 – комп’ютерна система

Тиск на датчик визначався для кожного вантажу за формулою:

$$P_i = \frac{(m_i+m)g}{S}, \tag{1}$$

де P_i – тиск і-го вантажу, Па; m_i – маса і-го вантажу, кг; $m = 0,01$ кг маса перехідного диска; g – прискорення вільного падіння, кг/м²; S – площа перехідного диска, на яку тисне вантаж, м².

Площа, на яку тисне вантаж:

$$S = \pi r^2, \tag{2}$$

де $r = 0,005$ м – радіус перехідного диска.

Підставляючи (2) в (1), отримаємо:

$$P_i = \frac{(m_i+m)g}{\pi r^2}. \tag{3}$$

За результатами проведених експериментальних досліджень, отримані дані необхідні для калібрування датчика сили в діапазоні ваги 100-500г. Результати даних наведені в табл.1.

Таблиця 1

Результати калібрування приладу для вимірювання тиску

$m, \text{ кг}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$P_i, \text{ Па}$	13746,5	26243,3	38740,1	51236,9	63733,7
Показання приладу	231	567	736	786	1 054

На рис. 3 наведено результати апроксимації калібрувальної залежності, відповідно до даних табл. 1.

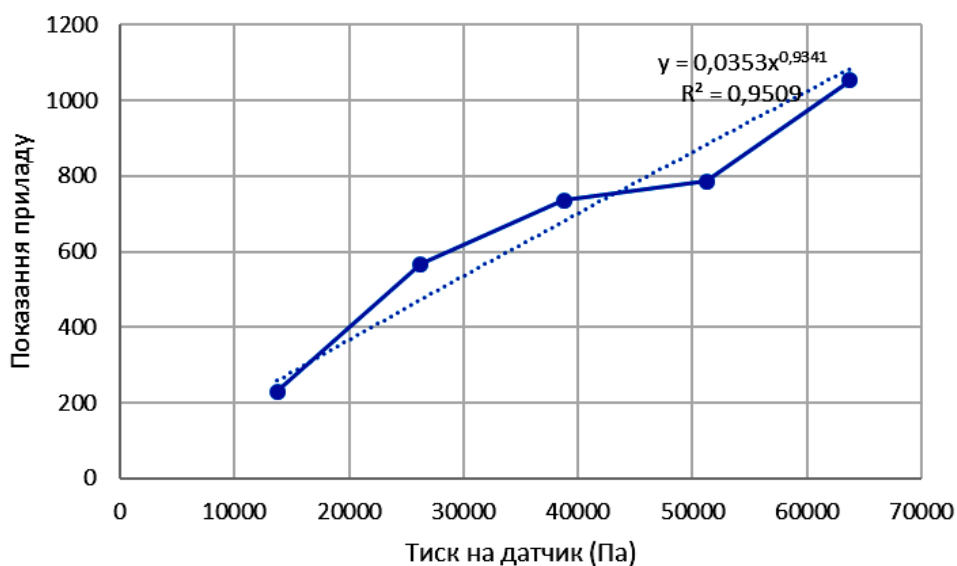


Рис. 3. Апроксимація калібрувальної залежності показників приладу від тиску на датчик

Апроксимуюча функція має вигляд:

$$Y = 0,0353 \cdot P^{0,9341}, \quad (4)$$

де Y – показник приладу; P – тиск на датчик, Па.

З виразу (4) отримаємо формулу для визначення тиску на датчик в залежності від показання приладу:

$$P = \left(\frac{Y}{0,0353}\right)^{\left(\frac{1}{0,9341}\right)} \text{ (Па)}. \quad (5)$$

Закріплення датчиків на внутрішній поверхні макету взуття дозволяє вимірювати тиск між стопою і внутрішньою поверхнею взуття як в статичних, так і в динамічних умовах.

Виготовлення індивідуального взуття розпочинається з обмірів основних антропометричних параметрів стоп, які враховуються при проектуванні колодки. Але для створення комфортного взуття обов'язково потрібно врахувати відчуття тиску на стопу.

Для вирішення даного завдання, був виготовлений макет-трансформер взуття (рис. 4.а), з використанням комп'ютерної системи на базі мікроконтролера Arduino Uno (рис. 4.б) для виміру рівня суб'єктивного комфорту.

Макет являє собою заготовку верху закритого взуття зі шкіри, з шкіряним підкладом, затягнуту на чоловічу взуттєву колодку, до якої приклеєна тонка, плоска підошва з каблукі, розміром 285мм. У заготовці взуття зроблені невеликі вирізи у відповідних місцях, що не призводять до руйнування верху, де закріплені застібки «велкро», за допомогою яких конструкція взуття допускає зміну параметрів у найважливіших антропометричних точках обміру стопи. Макет дозволяє передати стопі відчуття повноцінного взуття та виміряти комфортний тиск верху взуття на стопу.

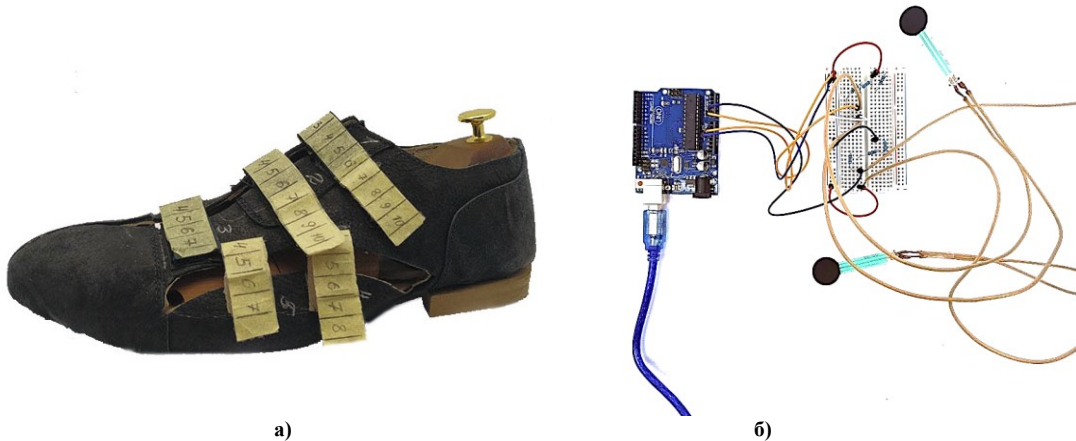


Рис. 4. а) - Макет-трансформер взуття; б) - Дослідний зразок з використанням комп'ютерної системи на базі мікроконтролера Arduino Uno

На макеті зафіксовано 7 застібок (рис. 5.а), на яких відмічена шкала довжиною від 70-100мм (рис. 5.б), кожна з яких розміщена у відповідних місцях:

- 1) застібка А – найвища точка висоти берця напівчеревики (від т.С +70мм вверх по центру гребеня);
- 2) застібка В – зафіксована на прямому підйомі (0,55Дст);
- 3) застібка С – точка калъцати т.С (центр лінії внутрішнього та зовнішнього пучків (кальцата));
- 4) застібка D – середина сопи з зовнішнього боку (0,5Дст);
- 5) застібка E – точка зовнішнього пучка (0,68Дст);
- 6) застібка F – середина стопи з внутрішнього боку (0,5Дст);
- 7) застібка G – точка внутрішнього пучка (0,72Дст).

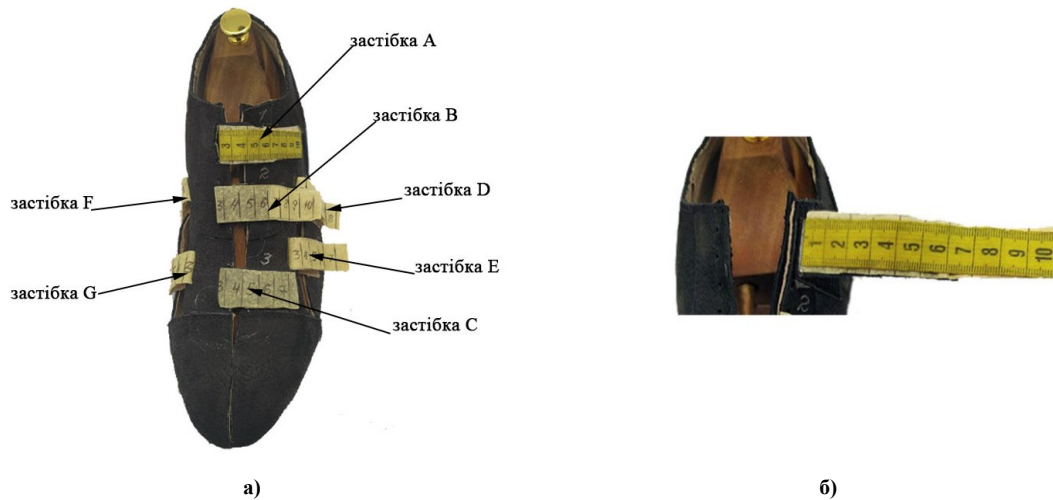


Рис. 5. а) - Фіксація ноги застібками «велкро» на різних довжинах; б) - Шкала довжини на застібках

Отримання інформації про вимірювання тиску внутрішньої поверхні взуття на стопу з урахуванням її основних анатомічних параметрів в різних ділянках стопи за допомогою структурної схеми дослідного зразка за методикою [9, 10] передбачає наступні етапи:

1. Підготовчий етап полягає у нанесенні міток на макет-трансформер (рис.6) у таких ділянках:
 - точка 1 на прямому підйомі 0,55Дст,
 - точка 2 внутрішнього пучка 0,72Дст,
 - точка 3 зовнішнього пучка 0,68Дст,
 - точка 4 висота п'ятки $V_{п} = 0,2N + 12$

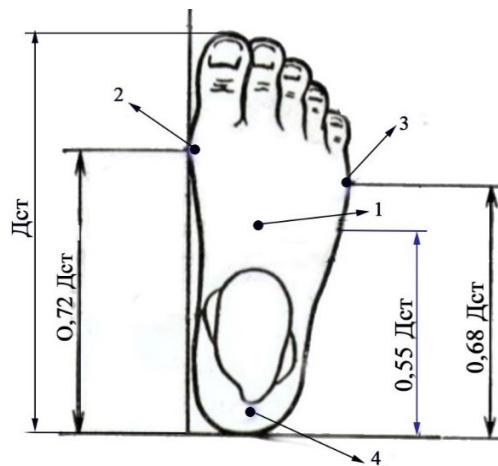


Рис. 6. Антропометричні точки стопи для встановлення датчиків тиску

2. Встановлення датчиків тиску з внутрішнього простору взуття у зазначених місцях кріплять до стопи поліхлорвініловою липкою стрічкою.
3. Підключення датчиків до структурної схеми дослідного зразка.
4. Замовник фіксує макет-трансформер взуття на нозі за допомогою застібок «велкро» та оцінює комфортність тиску у балах від 1-10 (табл. 2), при різних фіксованих довжинах робочих часин застібок (рис. 7).
5. Етап реєстрації даних тиску на стопу у різних стадіях відчуття комфортності –у статичі та динаміці.
6. Отримання результатів – збереження інформації.
7. Здійснення необхідних автоматизованих вимірів шляхом порівнювальних, розрахункових та графічних процедур.

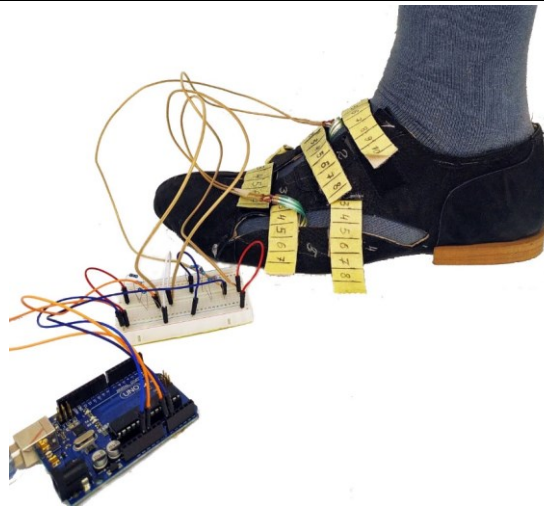


Рис. 7. Фото макета-трансформера на нозі замовника

Таблиця 2

Шкала оцінювання комфортності взуття на основі фіксації застібок на макеті

Оцінка	Відчуття стану комфорту
10	Відмінно
9	
8	
7	Помірний ступінь дискомфорту
6	
5	
4	Важкий ступінь дискомфорту
3	
2	
1	Незадовільно

Виготовлення взуття за індивідуальним замовленням має свої особливості виробництва та виконання етапів конструкторської підготовки виробництва, в тому числі і антропометричних досліджень стопи клієнта.

Задача полягає не просто у виготовленні індивідуального взуття по антропометричним розмірам стопи, а у створенні взуття яке задовольнить власне суб'єктивне відчуття зручності. Враження комфортності взуття у різних споживачів буде різне.

При вимірюванні тиску стопи на внутрішню поверхню взуття, де встановлені датчики, показання приладу переводяться у величину тиску за формулою 5.

Отримані результати наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Результати вимірювання тиску між стопою і верхом макета

Номер точки	1	2	3	4	5	6
P_1 , Па в точці 1	688,4	2944,4	8269,5	10491,2	16227,9	49255,9
Показання приладу: в точці 1	15,8	61,4	161,1	201,2	302,4	853,1
P_2 , Па в точці 2	614,1	2540,7	7475,3	8869,9	14544,8	43279,0
Показання приладу: в точці 2	14,2	53,5	146,6	172,0	273,0	756,0
P_3 , Па в точці 3	628,0	2221,8	7224,5	9645,0	15070,2	44776,1
Показання приладу: в точці 3	14,5	47,2	142,0	186,0	282,2	780,4
P_4 , Па в точці 4	628,0	1861,1	4964,3	8209,1	13259,7	38668,8
Показання приладу: в точці 4	14,5	40,0	100,0	160,0	250,4	680,5

Суб'єктивне відчуття комфорту оцінене споживачем у словесній формі (в балах від 1-10) при зафіксованих величинах тиску на стопу наведені в табл. 4 і на рис. 5.

Таблиця 4

Оцінка комфортності взуття за допомогою фіксації макета-трансформера на стопі в стані стояння

Фіксація макета на носі:	Спадає з ноги	Дуже вільно	Вільно припасовано	Припасовано	Щільно припасовано	Дуже щільно	Пережимає
Довжина робочої частини: застібки А, мм	51,0	45,0	39,0	34,0	31,0	28,0	24,0
застібки В, мм	51,0	45,0	39,0	34,0	30,0	29,0	25,0
застібки С, мм	33,0	28,0	26,0	22,0	19	17,0	15,0
застібки D, мм	34,0	29,0	26,5	22,0	20	17,5	16,0
застібки Е, мм	34,0	29,0	26,5	20,0	17	15,5	15,0
застібки F, мм	32,0	28,0	25,0	22,0	20	17,0	16,0
застібки G, мм	32,0	28,0	25,0	20,0	17	15,5	15,0
Відчуття комфорту, бали	3	7	8	9	10	6	2
Тиск в точці виміру 1, Па	-	688,4	2944,4	8269,5	10491,2	16227,9	49255,9
Тиск в точці виміру 2, Па	-	614,1	2540,7	7475,3	8869,9	14544,8	43279,0
Тиск в точці виміру 3, Па	-	628,0	2221,8	7224,5	9645,0	15070,2	44776,1
Тиск в точці виміру 4, Па	-	628,0	1861,1	4964,3	8209,1	13259,7	38668,8

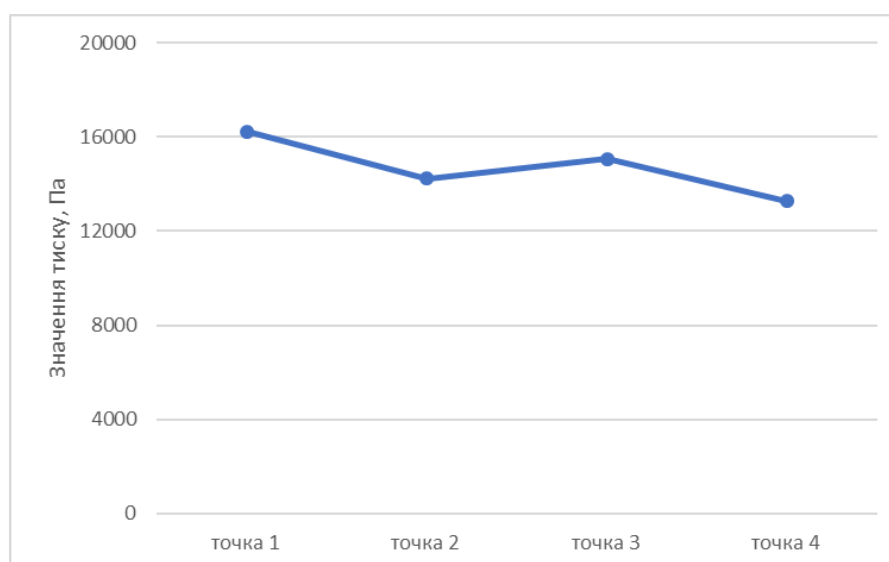


Рис. 8. Діаграма комфортних параметрів тиску в різних точках

З табл. 4 видно, що найвищу оцінку комфортності у стані стояння замовник відчуває при щільно припасованих застібках макета до стопи. Фіксований тиск на стопу в різних точках при такій фіксації в межах від 8869,9 - 10491,2 Па. Первинна оцінка зручності взуття в момент його примірки зв'язана з розпізнаванням і порівнянням психічного образу взуття, що приміряється.

Наступне питання експерименту зводилось до того, щоб визначити тиск при ходьбі, який відповідає відчуттю комфорту.

Ходьба - це складний циклічний рух, пов'язаний з відштовхуванням тіла від опорної поверхні і переміщенням його в просторі.

Характерним для ходьби є постійне збереження опори на одну або обидві ноги. Рух людського тіла є результатом взаємодії зовнішніх і внутрішніх сил. До зовнішніх сил відносяться сила тяжіння тіла, опорні реакції, опір середовища. Внутрішні сили виникають всередині тіла людини, при взаємодії окремих його ділянок [10].

Виходячи з механізму руху, при ходьбі розрізняють наступні фази кроку [11], рис.9.:

- 1 – а) переكات через п'яту;
- 2 – б) опора на всю стопу;
- 3 – в) переكات через передній відділ;
- 4 – г) переносний період.

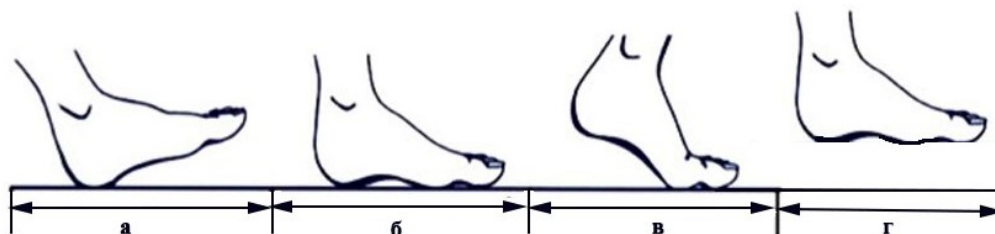


Рис. 9. Фази кроку

В умовах ходьби тиск вимірювався при комфортному припасуванні застібок.

З табл.4 видно, що найбільш задовільний комфорт взуття у стані стояння замовник отримує за умови щільно припасованого макету до стопи. Для визначення тиску в процесі ходьби, використано ті ж дані зручної затяжки застібками (табл.5).

Таблиця 5

Параметри щільно припасованого макета до стопи

Довжина робочої частини:	застібки А, мм	застібки В, мм	застібки С, мм	застібки D, мм	застібки Е, мм	застібки F, мм	застібки G, мм
Параметри	31,0	30,0	19,0	20,0	17,02	20,0	17,0

Отримані значення тиску наведені в табл.6 і на рис. 10.

Таблиця 6

Визначення комфортного тиску на стопу в різних фазах кроку

Фази кроку:	Фаза 1 - переكات через п'яту	Фаза 2 – опора на всю стопу	Фаза 3 – переكات через передній відділ	Фаза 4 – переносний період
P_1 , Па в точці 1	13067,1	10647,5	14146,0	10535,8
Показання приладу: в точці 1	247	204	266	202
P_2 , Па в точці 2	10201,2	9201,6	10647,5	9312,3
Показання приладу: в точці 2	196	178	204	180
P_3 , Па в точці 3	10480,0	9867,2	11263,3	9811,6
Показання приладу: в точці 3	201	190	215	189
P_4 , Па в точці 4	8814,7	8209,1	8869,9	8209,1
Показання приладу: в точці 4	171	160	172	160

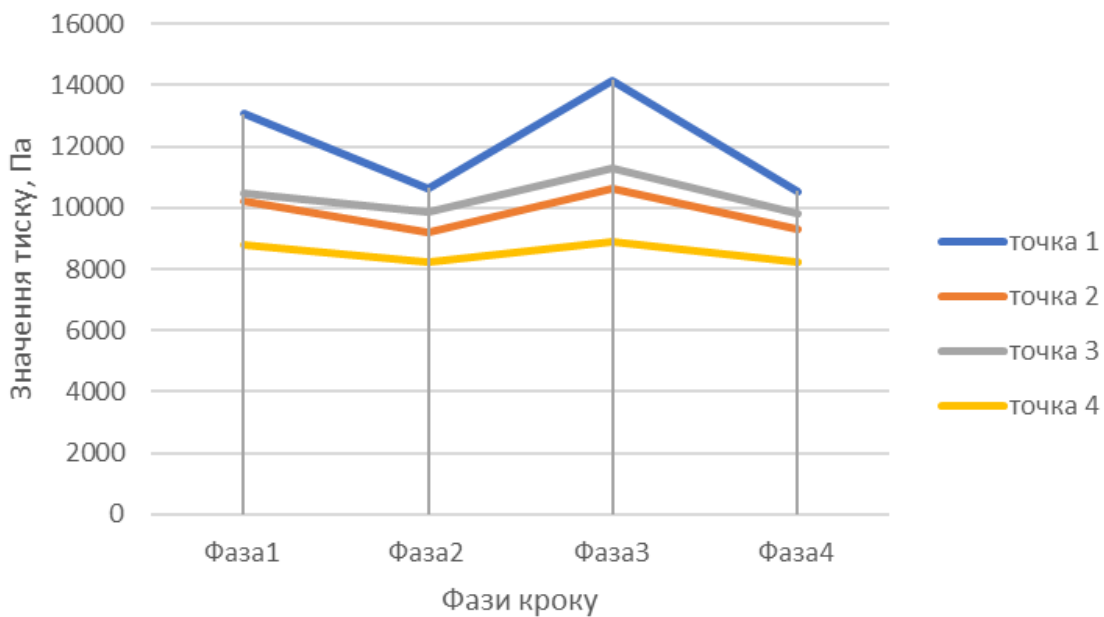


Рис. 10. Діаграма зміни тиску у визначених точках при ходьбі

З отриманих результатів можна зазначити, що піковий комфортний тиск у стані стояння (табл. 4) в зазначених антропометричних точках сягає 10491,2 Па, а при ходьбі (табл. 6) це значення підвищується до 14146,0 Па. Різниця даних значень дорівнює 3654,8 Па.

Отже, на основі отриманих результатів вимірювання тиску можна надати рекомендації щодо вимірювання тиску та затягування застібок на макеті в стані стояння. Для того, щоб замовник відчував комфорт не тільки стоячи, а й при ходьбі, в умовах стояння потрібно зменшити тиск на стопу за допомогою застібок на різницю 3654,8 Па.

Піковий задовільний тиск в статистиці повинен бути: $10491,2 - 3654,8 = 6836,4$ Па

Тоді, з урахуванням величини збільшення тиску при ходьбі людина буде відчувати комфортний тиск на стопу, аналогічний тому, який визначається в умовах стояння.

Висновки

1. На основі комп'ютерної системи з мікроконтролером Arduino Uno і резистивними датчиками сили FSR402 розроблено прилад для визначення тиску між стопою і внутрішньою поверхнею взуття.
2. В результаті проведеного калібрування приладу встановлено однозначну залежність між показаннями приладу і величиною вимірюваного тиску, що дозволяє визначити тиск внутрішньої поверхні взуття на стопу як в процесі стояння, так і в процесі ходьби.
3. Виготовлений макет-трансформер взуття з використанням установки комп'ютерної системи на базі мікроконтролера Arduino Uno надає можливість виміряти рівень суб'єктивного комфортного тиску взуття на стопу замовника.
4. В результаті проведення виміру тиску у стані стояння та стані ходьби наведені фіксовані значення комфортного тиску на стопу в різних зазначених точках та при різних фазах ходьби.
5. Надані рекомендації комфортної затяжки застібок на макеті взуття та скореговано пікову комфортну величину тиску у стані стояння, для забезпечення комфорту у різних станах.

Література

1. Бегняк В. І. Основи конструювання і проектування виробів із шкіри: Навч. посібник. – Хмельницький, 2002. – 260 с.
2. Лыба В.П. Теория и практика проектирования комфортной обуви: дис. доктора техн. наук: 05.19.06 / Лыба Владимир Петрович. – М., 1996. – 314.
3. Фукин В.А. О комплексе свойств, определяющих комфортность обуви / В.А. Фукин, Д.О. Саккулина, В.В. Костылева // Кожев. – обув. Пром-сть – 1994, № 1–2. – С. 37–38.
4. Александров С.П. Автоматическое профилирование поверхности стелечного узла / С.П. Александров, О.В. Паршина // Кожев. – обув. Пром-сть. – 1998. – № 8. – С. 12–16.
5. Замарашкин Н.В. Исследование закономерностей формообразования, точности изготовления, создание способов и средств проектирования, обработки, контроля колодок и деталей обуви // Автореф. Дисс.д.т.н., Л., ЛИТЛП, 1977
6. Пат. на корисну модель № 126495 України. МПК (2006) C02F 1/00. Вібраційна машина для знезараження водних середовищ / А.І. Гордєєв, Н.О. Костюк ; заявник і патентовласник Хмельницький національний університет. – № у 2018 10090 ; заяв. 02.01.2018 ; опубл. 25.08.2018, Бюл. № 12. – 6 с.

7. Географія : словник-довідник / [авт.-уклад. Ципін В. Л.]. – Х. : Халімон, 2006. – 175 с.
8. Вибрации в технике : справочник : [в 6 т. Т. 3] / ред. В.Н. Челомей (пред.). – Москва : Машиностроение, 1980. – 544 с.
9. Goroshko A. Quality and Reliability of Technical Systems: Theory and Practice / A. Goroshko, V. Royzman, M. Zembytska // System Analysis of Automatic Balancing (Self-Balancing) Machine Rotors with Liquid Working Bodies on the Example of Drum Type Washing Machines. – 2018. – Volume 2, August. – P. 26–60. – ISBN 978-609-96036-0-5.
10. Уткин В. Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры по спец. № 2114 «Физ. воспитание». — М.: Просвещение, 1989.— 210 с.
11. Горбачик В. Е. Основы анатомии, физиологии, антропометрии и биомеханики : учебное пособие / В. Е. Горбачик. – Витебск : УО «ВГТУ», 2011. – 125 с.

References

1. Behniak V. I. Osnovy konstruiuvannya i proektuvannya vyrobiv iz shkiry: Navch. posibnyk. – Khmelnytskyi, 2002. – 260 s.
2. Lyba V.P. Teoriya y praktyka proektirovannya komfortnoi obuvy: dys. doktora tekhn. nauk: 05.19.06 / Lyba Vladymyr Petrovych. – М., 1996. – 314.
3. Fukyn V.A. O komplekse svoistv, opredeliaiushchykh komfortnost obuvy / V.A. Fukyn, D.O. Sakkulyna, V.V. Kostyleva // Kozhev. – obuv. Prom-st – 1994, № 1–2. – S. 37– 38.
4. Aleksandrov S.P. Avtomatycheskoe profilyrovanye poverkhnosti stelechnoho uzla / S.P. Aleksandrov, O.V. Parshyna // Kozhev. – obuv. Prom-st. – 1998. – № 8. – S. 12– 16.
5. Zamarashkyn N.V. Yssledovanye zakonomernosti formoobrazovanya, tochnosti yzghotovleniya, sozdanye sposobov y sredstv proektirovanya, obrabotky, kontrolia kolodok y detalei obuvy // Avtoref. Dyss.d.t.n., L., LYTLP, 1977
6. Pat. na korysnu model № 126495 Ukrainy. MPK (2006) S02F 1/00. Vibratsiina mashyna dlia znezarazhuvannya vodnykh seredovyshch / A.I. Hordieiev, N.O. Kostiuk ; zaiavnyk i patentovlasnyk Khmelnytskyi natsionalnyi universytet. – № u 2018 10090 ; zaiav. 02.01.2018 ; opubl. 25.08.2018, Biul. № 12. – 6 s.
7. Neohrafiia : slovnyk-dovidnyk / [avt.-uklad. Tsypin V. L.]. – Kh. : Khalimon, 2006. – 175 s.
8. Vybratsyy v tekhnike : spravochnyk : [v 6 t. Т. 3] / red. V.N. Chelomei (pred.). – Moskva : Mashynostroenye, 1980. – 544 s.
9. Goroshko A. Quality and Reliability of Technical Systems: Theory and Practice / A. Goroshko, V. Royzman, M. Zembytska // System Analysis of Automatic Balancing (Self-Balancing) Machine Rotors with Liquid Working Bodies on the Example of Drum Type Washing Machines. – 2018. – Volume 2, August. – P. 26–60. – ISBN 978-609-96036-0-5.
10. Уткин В. Л. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры по спец. № 2114 «Физ. воспитание». — М.: Просвещение, 1989.— 210 с.
11. Горбачик В. Е. Основы анатомии, физиологии, антропометрии и биомеханики : учебное пособие / В. Е. Горбачик. – Витебск : УО «ВГТУ», 2011. – 125 с.

Рецензія/Peer review : 12.02.2021 р.

Надрукована/Printed :10.03.2021 р.