

ВІДГУК

офіційного опонента
на дисертаційну роботу **Бондаря Олександра Івановича**
«Удосконалення методів розробки ергономічного взуття в умовах масового виробництва»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 182 – Технології легкої промисловості

Аналіз дисертаційної роботи, публікацій Бондаря Олександра Івановича дає змогу зробити узагальнені висновки щодо актуальності дослідження, обґрунтованості основних наукових положень, достовірності отриманих результатів, теоретичного і практичного значення, а також констатувати відсутність порушень здобувачкою академічної доброчесності у процесі дослідження.

Актуальність дисертаційної роботи.

Розробка ергономічного взуття є актуальною темою наукового дослідження та відповідає глобальному тренду на здоровий спосіб життя. Удосконалення методів розробки ергономічного взуття в умовах масового виробництва також є стратегічно важливим кроком для національного виробництва взуття. Це дозволить не лише покращити здоров'я та відчуття комфорту споживачів, а й підвищити конкурентоспроможність національної взуттєвої промисловості. Наслідки носіння неергономічного взуття, такі як плоскостопість, вальгусна деформація та інші проблеми опорно-рухового апарату, створюють значне навантаження на систему охорони здоров'я та знижують якість життя. Впровадження ергономічних стандартів у масове виробництво забезпечить профілактику травм, зниження втоми, покращення постави та, як наслідок, підвищення продуктивності праці.

Найбільш істотні наукові результати дослідження.

Бондар О.І. теоретично та експериментально обґрунтував удосконалення методів розробки внутрішньої форми взуття, що дозволило досягти персоналізації ергономічної форми взуття на основі типового виробничого процесу в умовах взуттєвого підприємства при застосуванні цифрових технологій. При цьому:

Уперше:

- встановлено параметри ергономічної форми взуття згідно актуальних антропометричних вимог споживачів;
- одержано параметри для вдосконалення форми взуття масового виробництва;
- розроблено спосіб кастомізації форми та конструкції взуття згідно індивідуальних потреб споживача в умовах масового виробництва взуття;
- підвищено рівень комфортності взуття, за рахунок удосконалення форми колодок та впровадження інноваційних операцій в стандартний

технологічний процес виготовлення взуття;

- досліджено різні способи моделювання форми колодки на основі принципів зворотного інжинірингу з подальшим переходом від 3д поверхні до 2д лекал;
- досліджено способи виконання розпластування складної просторової форми колодки в різних САПР, запропоновано спосіб фрагментного розпластування бічної поверхні колодки за допомогою функцій 3д CAD для збільшення точності проектування;
- запропоновано впровадження операцій 3д друку для виготовлення колодок для кастомізованих проєктів в умовах взуттєвого виробництва.

Достовірність та обґрунтованість отриманих наукових результатів.

Обґрунтованість результатів роботи походить із коректного застосування на практиці способів антропометричних обмірів стоп, математичних моделей перетворення параметрів стопи в параметри колодки, методів обробки результатів дослідження, математичної статистики, графоаналітичної обробки даних за допомогою спеціального програмного забезпечення та апробації результатів роботи. Всі наукові положення, висновки та рекомендації в достатній мірі обґрунтовані та представляються достовірними.

Для обґрунтування наукових результатів Бондар О.І. опрацював та проаналізував 118 джерел науково-технічної літератури, з яких 104 джерела – іноземними мовами.

Перебіг наукового пошуку, висновки дослідження представлено на науково-практичних конференціях різних рівнів, у тому числі міжнародних: Технічній науковій конференції студентів та аспірантів Технічного університету Молдови (квітень 2024); на 15-тій Міжнародній конференції інновацій в одязі (м. Дрезден, серпень 2024); на 8-мій Міжнародній науково-практичній конференції текстильних та фешен технологій KyivTex&Fashion (м. Київ, жовтень 2024); на 5-му Міжнародному симпозіумі технологій творчості в Технічному університеті Молдови (31 березня 2023); на 14-тій Міжнародній конференції та виставці з технологій 3D-сканування та обробки тіла (м. Лугано, Швейцарія, 17-18 жовтня 2023); на VII Міжнародній науково-практичній конференції текстильних та фешен технологій KyivTex&Fashion (м. Київ, 19 жовтня 2023).

Апробація розроблених методів здійснювалась у виробничих умовах на вітчизняному підприємстві ТОВ «Прайм Шуз».

Оцінка змісту дисертації та її завершеності.

Дисертація містить анотації українською та англійською мовами, вступ, 6 розділів, висновки до розділів, загальні висновки, список використаних джерел, додаток. Усі структурні елементи роботи є взаємопов'язаними й спрямованими на системний аналіз проблеми. Подані в роботі 126 рисунки та 22 таблиці унаочнюють виконання завдань дослідження. Загальний обсяг дисертації становить 195 сторінок,

обсяг основного тексту з літературою складає 179 сторінок, що відповідає вимогам МОН України до дисертацій доктора філософії.

Оцінюючи зміст дисертаційної роботи в цілому, слід відмітити її обґрунтованість, наукову та практичну спрямованість, внутрішню єдність та логічну послідовність викладеного матеріалу роботи.

Аналіз змісту публікацій Бондаря Олександра Івановича, що відображені в тексті дисертації, дає підстави зробити висновок про достовірність отриманих результатів. Серед 10 публікацій наявні 2 статті у наукових фахових виданнях України; 2 статті у виданнях, які входять до міжнародних науко-метричних баз Scopus та/або Web of Science Core Collection; 6 робіт засвідчують апробацію матеріалів дослідження на міжнародних та українських наукових конференціях тощо. У працях, написаних у співавторстві, доробок здобувача визначено.

У *вступі* аргументовано актуальність теми, визначено об'єкт, предмет, мету, завдання дослідження, окреслено методи, експериментальну базу дослідження; представлено наукову новизну, практичне значення, подано особистий внесок, відомості про апробацію результатів.

У *першому розділі* розглянуто передумови удосконалення внутрішньої форми взуття. Визначено, що стопа людини як частина скелету схильна до змін упродовж життя. На її морфологію впливає такі фактори як раса, спосіб життя, зріст, вік і стать тощо. Також зазначено, що існують відмінності в антропометрії та морфології стопи населення різних частин світу. Тому при розробці взуття в умовах масового виробництва потрібно орієнтуватися на актуальні антропо- та морфологічні параметри стоп споживачів для яких це взуття виготовляється. Здобувач акцентує увагу, що актуальною потребою є вивчення зміни антропометричних даних у системі функціональної взаємодії «стопа – взуття – оточуюче середовище».

Зазначено, що сучасні світові тенденції щодо розробки взуття направлені на комфорт, функціональність та ергономічність виробу. Проте досі недостатньо робіт спрямовано на розробку ергономічного взуття, що орієнтовано на здоров'я популяції різних вікових груп населення та проєктується, щоб попередити дискомфорт та розвиток розладів у стопі та організмі в цілому під час експлуатації взуття.

Нажаль в Україні на законодавчому та державотворчому рівні не визначені критерії відповідності ергономічного взуття. Діючі стандарти щодо спеціального взуття передбачають дотримання характеристик по розмірам, жорсткості або гнучкості деталей, способах кріплення тощо. Вони регулюють тільки призначення взуття, його впорність у відповідності до розмірів та повноті, та не мають відповідних критеріїв, які відповідають за комфорт стопи.

Тому актуальною задачею сьогодні є вдосконалення методів розробки та виготовлення ергономічного взуття в умовах масового виробництва для забезпечення оптимізації проектно-виробничих процесів та можливості кастомізації форми взуття при мінімумі додаткових витрат.

Матеріал розділу є досить насиченим та інформативним, зокрема, детально

прописані етапи реалізації завдань наукового дослідження.

У *другому розділі* визначено перспективні вектори розвитку взуттєвої індустрії до яких належить персоналізація взуття в режимі масового виробництва із залученням цифрових технологій таких як 3D-сканування, прототипування 3D елементів безпосередньо з комп'ютерної моделі та застосування адитивних технологій для виготовлення кастомізованих елементів 3D-формту.

Проаналізовано цифрові технології сканування за допомогою 3D сканерів та програм фотограмметрії, що дозволяють зафіксувати особливості вихідної форми (стопи або колодки) для послідуного реверс-інжинірингу або 3D моделювання.

Визначено, що застосування 3D технологій для отримання цифрового зображення частин тіла людини має потенціал для вдосконалення процесу розробки та виготовлення виробів, а застосування адитивних технологій є найбільш ефективним в індустрії моди для виготовлення кастомізованих елементів 3d форм – персоналізованих форм взуттєвих колодок з індивідуальною адаптацією до параметрів та вимог замовника.

Третій розділ присвячено вирішенню поставлених завдань наукового дослідження за допомогою традиційних та сучасних інструментальних методів: контактного та безконтактного методів антропометричних досліджень стоп споживачів, методу SubD, Nurbs 3D моделювання форми взуття та його елементів.

Для розробки ергономічної форми колодки запропоновано використовувати 3D-сканування та метод зворотного інжинірингу, а також технологію персоналізації форми взуття з використанням цифрових інструментів та адитивного виробництва (3D-друку).

Доведено, що при розробці колодок для взуття для дорослих груп населення можливо використовувати форми стоп, що відповідають середнім параметрам по даній сукупності споживачів. Для розробки обґрунтованих форм колодок було проведено антропометричні дослідження 56 стоп без серйозних деформацій представників цільової чоловічої групи споживачів віком 21-45 років із довжиною стопи 270 ± 4 мм. Визначено, основні антропометричні параметри стопи, що визначають її просторову форму: усереднені висотні, широтні та обхватні параметри стопи досліджуваної вибіркової групи. Дослідження проводилися за допомогою 3D-сканера FootIn 3d в навчально-науковій лабораторії антропометричних досліджень та 3d сканування Київського національного університету технологій та дизайну.

Аналіз результатів цифрових досліджень показав широкий діапазон форм і параметрів стоп у представників досліджуваної групи. Обхват стопи в ділянці пучків і в ділянці прямого підйому має значні розбіжності: різниця між обхватами досягає 18 мм в межах одного розміру. Поширеними відхиленнями стопи від норми є вальгусна установка стопи, гіпертрофія відвідного м'яза п'ятого пальця, плоскостопість.

Проектування поверхні нової колодки заданих параметрів відбувається в просторовому графічному середовищі спеціалізованих САПР на основі результатів 3D сканування та модифікації існуючих зразків за допомогою методу зворотнього інжинірингу.

Четвертий розділ присвячений вдосконаленню методу моделювання ергономічної форми колодки на базі результатів 3D-сканування та методу зворотного інжинірингу за допомогою універсальної 3д САПР Rhinoceros та розробці форми взуттєвих колодок для ергономічного взуття підвищеної комфортності, які відповідають антропоморфологічним параметрам стоп цільового сегменту споживачів.

Удосконалено метод розробки нової форми колодки, який представляє собою послідовність процесів 3D-моделювання, що включають параметричні маніпуляції з формою, проєктування контрольних контурів (контур сліду, що будується на основі плантограми), та візуальне 3D-моделювання форми з використанням SubD у універсальній програмі для 3D-моделювання Rhinoceros. Особливістю цього методу є можливість адаптації базової форми до індивідуальних антропометричних параметрів шляхом локальної модифікації об'ємної геометрії у реальному часі, з подальшою генерацією високоточних 3D-сіток для виготовлення колодки засобами 3D-друку або подальшої обробки в САМ-середовищі.

В роботі розроблено нові форми колодок до ергономічного взуття підвищеної комфортності, які змодельовані за допомогою функцій поверхневого моделювання програмного комплексу PowerShape та функції SubD програмного комплексу Rhinoceros. Процес моделювання форм колодок здійснювався шляхом багаторівневої модифікації вихідних моделей колодок згідно з принципами зворотного інжинірингу відповідно до отриманих антропометричних параметрів цільового сегменту споживачів.

П'ятий розділ присвячено розробці ергономічного взуття та його адаптації до масового виробництва в умовах підприємства ТОВ «Прайм Шуз».

Розроблені, в четвертому розділі, колодки стали базою для розробки нових моделей взуття у відповідності до актуальних екологічних та стійких трендів. Розроблено модель взуття за вдосконаленою технологією: без використання основної картонної устілки, без обтяжно-затяжних операцій та без хімічних закріплювачів, застосовуючи бортопрошивний спосіб кріплення підошви ниткою без клею. При цьому досягається також значна економія матеріалу за рахунок зменшення ширини затягувальної кромки.

Також, в п'ятому розділі автор реалізував ідею кастомізації форми взуття в умовах масового виробництва, на вітчизняному підприємстві ТОВ «Прайм Шуз», шляхом розробки універсальної моделі взуття зі змінною конструкцією верху, конструкція якої передбачає використання однієї уніфікованої підошви для кількох змінних варіантів верху. Конструкція взуття була розроблена на колодках підвищеної комфортності, що отримані за результатом дослідження в четвертому розділі. Завдяки змінному верхньому елементу, що фіксується за допомогою застібки-блискавки, забезпечується можливість зміни стилістично конструкції взуття, кольору та матеріалів без зміни основи взуття. Конструкція зі змінним верхом дозволяє адаптувати взуття під індивідуальні параметри стопи споживача, приєднавши більш широку за параметрами верхню частину. Такий підхід дозволяє реалізувати принцип «індивідуальності в серії», що сприяє зниженню складських

залишків, адаптації до смаків і потреб конкретного споживача.

Шостий розділ присвячено впровадженню цифрових технологій у проєктний процес взуттєвого виробництва.

Автор дослідив способи розпластування складної просторової форми взуттєвої колодки у різних САПР (PowerShape, Rhinoceros, ShoeMaker, ICAD 3d+, MindCAD 3d та з використанням плагіну Grasshopper); обґрунтував ефективність фрагментного розпластування бічної поверхні колодки за допомогою функціоналу САПР. Це дозволило досягти підвищеної точності побудови 2D-викрійок для верху взуття, забезпечити узгодженість між розгорткою та тривимірною формою колодки, а також оптимізувати процес проєктування для різних способів формування верху.

Проведено експеримент з впровадження 3Д друку для виготовлення колодок в умовах промислового виробництва з урахуванням можливості кастомізації. Отримано колодку зчленованої конструкції з двох частин, що з'єднуються між собою спеціальним замком.

Отримані результати дозволять реалізувати цифрову трансформацію взуттєвої галузі на основі CAD/CAM-систем та 3D-технологій та розширити можливості українських підприємств у напрямі екологічного, персоналізованого і високоякісного виробництва взуття.

У висновках стисло сформульовано найважливіші наукові та практичні результати, одержані в дисертації.

Основні положення та висновки дисертації є достовірними та мають належний рівень наукової обґрунтованості. В цілому робота справляє враження завершеного наукового дослідження з достатньо обґрунтованими результатами.

Дотримання академічної доброчесності, відповідність анотації основним положенням дисертації.

Аналіз тексту дисертаційної роботи дає підстави зробити висновок, що здобувач дотримувався загальних вимог та вимог академічної доброчесності. В основному тексті автором оформлено посилання на використані монографічні праці, періодичні видання, документи тощо. Анотація відображає поетапність вирішення мети і завдань дисертації.

Дискусійні положення і зауваження до змісту дисертації.

1. Вважаю за доцільним об'єднати перший та другий розділ дисертації, тому що до передумов удосконалення внутрішньої форми взуття належать застосування цифрових технологій таких як 3D-сканування, прототипування 3D елементів безпосередньо з комп'ютерної моделі та застосування адитивних технологій.

2. В розділі 1 в аналітичному аналізі балансу попиту й пропозиції на взуттєвому ринку, росту доходів взуттєвої індустрії та промислового виробництва у світі бажано використовувати інформацію за останні п'ять років.

3. В розділі 3, що присвячений методам вирішення поставлених завдань дисертаційного дослідження, на стр.72 зазначено «Згідно із задачами даної роботи, в роботі було проведено антропометричні дослідження стоп 214 представників цільової чоловічої групи споживачів віком 21-45 років», хоча на стр. 85 зазначено «... було обстежено 28 чоловіків (56 стоп) віком 21-45 років з довжиною стопи 265-280 мм, без серйозних деформацій стопи», бажано дати цьому пояснення.

4. В розділі 4 зазначено, що було розроблено ряд 3Д моделей колодок (рис. 4.30), форми яких досліджувалися на відповідність вимогам споживачів перед запуском у масове виробництва взуття. Але не зазначено вимоги та методику за якою це відбувалось.

5. В розділі 5 на стр.134 зазначена діаграма оцінки зручності трьох моделей взуття одна з яких виготовлена на новій колодці, що розроблена за вдосконаленим методом, але з діаграми не зрозуміло який конкретно колір діаграми відповідає зазначеним моделям. Також, до цієї діаграми наведено рис. 5.6 виготовлених моделей чоловічого взуття, а на діаграма зручності аналізує вже жіночі моделі взуття, бажано перед цією діаграмою вставити рисунок саме досліджуваних жіночих моделей взуття.

6. В розділі 6 описаний експеримент з впровадження 3Д друку для виготовлення колодок в умовах промислового виробництва з урахуванням можливості кастомізації, але не зазначено, як це було впроваджено у масове виробництво.

7. Деякі рисунки розділу 1 (рис.1.1) та розділу 5 (рис.5.20) подані в оригінальному вигляді англійською мовою без перекладу.

8. Зрідка по тексту мають місце не значні недоліки форматування тексту. Наприклад, відступ абзацу в деяких місцях суттєво більший ніж по тексту в цілому. Або вирівнювання тексту у деяких абзацах виконано не по всій ширині сторінки. Також зустрічають орфографічні помилки, проте, таке зустрічається вкрай мало.

Зазначені недоліки не впливають на якість дисертаційної роботи в цілому та не зменшують загальної позитивної оцінки роботи. Вони принципово не знижують основні позитивні риси роботи, достовірність результатів, наукову і практичну цінність та висновки по роботі.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертація Бондаря Олександра Івановича на тему «Удосконалення методів розробки ергономічного взуття в умовах масового виробництва», що представлена на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 18 Виробництво та технології зі спеціальності 182 – Технології легкої промисловості, є структурно завершеним, самостійним науковим дослідженням.

Робота характеризується новизною, теоретичним і практичним значенням, відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету

Міністрів України від 12.01.2022 р. №44, наказу Міністерства науки і освіти України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Бондар Олександр Іванович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 182 – Технології легкої промисловості.

Офіційний опонент

доцент кафедри товарознавства,
стандартизації та сертифікації
Херсонського національного
технічного університету,
кандидат технічних наук, доцент



Галина БОЙКО

Підпис Бойко Г.А. засвідчую

Начальник ВК ХНТУ

