

зменшення негативного впливу виробництва на довкілля та підвищення ефективності використання ресурсів.

Розроблена модель екологічного управління сприяє інтеграції українських виробників до екологічного ринку ЄС, підвищенню їхньої конкурентоспроможності, розвитку інноваційних технологій і формуванню нової екологічної культури виробництва. Важливим інструментом реалізації цієї стратегії є цифрова трансформація та впровадження екологічних паспортів виробів, що дозволить автоматизувати аудит сталості та забезпечити повну прозорість життєвого циклу продукції відповідно до європейських вимог

Література

1. Семчук Ж., Нітребич А., Андрушко Д., Маркевич О., Тімік А., Купчак В., Перцевий Р. Моделі сталого розвитку підприємств у контексті глобальних екологічних викликів. *Академічні візії*. 2024. № 32. С. 1-7.
2. *Завдання та індикатори досягнення Цілей сталого розвитку в Україні на період до 2030 року*: [електронний ресурс]. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/ind.80/bookmtd-goalsalbum110pagesok-3.pdf> (дата звернення: 03.10.2025).
3. Зелена угода. *EU for Ukraine*: [електронний ресурс]. URL: <https://eu4ukraine.eu/greengeal-ua> (дата звернення: 03.10.2025).
4. Anastas P. T., Warner J. C. *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press, 1998. 135 p.
5. CGR 2023. *Circularity Gap Reporting Initiative - Home*: [електронний ресурс]. URL: <https://www.circularity-gap.world/2023> (дата звернення: 03.10.2025).

УДК 687.016:004.8

ВІКТОРІЯ МИЦА¹, МИКОЛА РЯБЧИКОВ²

¹Хмельницький національний університет,
 Україна

²Луцький національний технічний університет,
 Україна

ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ ТА КАСТОМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЙ В ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Мета. Розробити методику індивідуалізації одягу на основі 3D-моделювання, що включає алгоритм побудови персоналізованої конструкції за цифровими параметрами тіла та створення кастомізованих моделей з урахуванням стилістичних і ергономічних уподобань.

Ключові слова: CAD/CAM-системи, персоналізація, кастомізація, цифрова модель, карта напружень, ергономічна валідація.

Постановка завдання. Зростаюча роль індивідуалізації в сучасній індустрії вимагає розробки науково обґрунтованих підходів до автоматизованої побудови конструкцій за цифровими параметрами тіла та їх кастомізації з використанням сучасних CAD/CAM-систем і алгоритмів штучного інтелекту. Сучасний споживач дедалі активніше орієнтується на індивідуальні варіанти виробів, що стимулює розвиток персоналізації послуг. На відміну від класичних підходів, модель індивідуалізованого підбору параметрів дозволяє інтегрувати в процес проєктування та виготовлення одягу широкий спектр конструктивно-декоративних елементів, матеріалів та технологічних варіантів обробки. Такий підхід розширює межі стандартного асортименту, переводячи виріб із категорій масового продукту в площину унікального сервісного рішення.

Методи досліджень. Методи дослідження включали аналіз цифрових антропометричних даних, 3D-моделювання та симуляцію посадки з використанням віртуальних прототипів, а також застосування карти напруження як інструмента ергономічної валідації конструкції.

Результати досліджень. Сучасна швейна промисловість стикається з викликами, обумовленими зростаючою потребою у швидкій адаптації виробництва до індивідуальних вимог споживачів, що зумовлює поступовий перехід від масового виготовлення до персоналізації та кастомізації конструкції одягу [1]. Персоналізація відбувається у створених виробках, які точно відповідають конкретним антропометричним параметрам користувача, а потім кастомізація фокусується на врахуванні індивідуальних стилістичних, ергономічних та функціональних характеристик виробу [2].

Цей процес значно посилюється в цифровому середовищі за рахунок застосування 3D-моделювання, яке забезпечує імітацію реальної посадки одягу, оптимізацію конструкції та мінімізацію матеріальних витрат на стадії прототипування. Традиційні методи, що базуються на ручному кресленні та виготовленні фізичних макетів, характеризуються обмеженою точністю, а також недостатнім врахуванням динаміки рухів і різноманіття особливостей будови тіла, що частково призводить до порушень у посадці та збільшенні відходів.

Інноваційні програмні рішення, як CLO 3D, Optitex, VStitcher (Browzwear), Gerber AccuMark та Lectra забезпечують розширені функції 3D моделювання, автоматичну адаптацію конструкції під

індивідуальні параметри, інтеграцію анатомічних сканів та підтримку процесів цифрового прототипування [3]. Такий підхід не тільки пришвидшує процес проектування, а й дозволяє інтегрувати ергономічні фактори, виключно з комфортом під час руху, та включає стилістичні особливості, зокрема адаптацію дизайну до персональних вподобань замовника [4].

На рис. 1 представлено алгоритм побудови персоналізованої конструкції за цифровими параметрами тіла, що дозволяє поетапно переходити від збору антропометричних даних до створення цифрової моделі одягу, інтегруючи персоналізацію в CAD/CAM-системи.



Рис. 1. Алгоритм побудови персоналізованої конструкції за цифровими параметрами тіла

Як видно з рис. 1, основними етапами персоналізації та кастомізації конструкції в цифровому середовищі є збір даних → параметризація → генерація базової конструкції → оптимізація → кастомізація.

Наступним етапом після побудови персоналізованої конструкції за цифровими параметрами тіла є створення кастомізованих моделей одягу, які максимально враховують індивідуальні стилістичні та ергономічні уподобання користувача. На цьому етапі персоналізація переходить у площину кастомізації – тобто адаптація базової конструкції до естетичних очікувань, способу життя, професійних потреб та особистого стилю замовника.

Процес кастомізації реалізується в цифровому середовищі за допомогою спеціалізованих програмних комплексів (наприклад, VStitcher, CLO 3D), які дозволяють створити інтерактивне середовище вибору й комбінації численних варіантів елементів вибору. Цей підхід забезпечує високий рівень гнучкості проєктування, оскільки користувач або фахівець може змінювати окремі деталі моделі, оцінюючи їх вплив на загальний силует, стиль та функціональність виробу в режимі реального часу.

На рис. 2 представлено приклад конфігуратора кастомізованого чоловічого піджака, який демонструє широкий спектр параметрів, доступних для індивідуалізації виробу.



Рис. 2. Конфігуратор елементів кастомізації на прикладі чоловічого піджака

Як видно з рис. 2, основними параметрами кастомізації чоловічого піджака є вид матеріалів з цифрових каталогів, стиль піджака, типи лацканів та їх ширини, конфігурація кишень, їх розміщення та дизайн, параметри шліц та додаткові опції, такі як декоративні шви, нашивки, петля на лацкані.

Інтеграція таких інструментів у процес проєктування дозволяє переходити від стандартного виготовлення до масової кастомізації, де кожен виріб формується під конкретні вимоги користувача.

На наступному етапі цифрового проєктування відбувається перевірка не лише стилістичних характеристик одягу, а і ергономічних параметрів посадки, що забезпечує комфортне носіння, функціональність та довговічність.



Рис. 3. Тривимірна карта напруження кастомізованого піджака

Після формування кастомізованої моделі здійснюється віртуальний аналіз напруження тканини, який дозволяє оцінити розподіл силових навантажень у зоні прилягання виробу до тіла. На рис. 3 представлено приклад тривимірної карти напруження (Tension Map, VStitcher) кастомізованого піджака. У кольоровій шкалі відображено рівні розтягування тканини: від синіх і зелених зон (мінімальне навантаження) до жовтих і червоних ділянок, що свідчить про підвищене напруження матеріалу. Червоні рамки вказують на критичні зони.

Після аналізу розподілу напруження, зон високого тиску та прогнозування терміну зношування здійснюємо конструктивне коригування для подальшого фізичного виготовлення. Для наочного порівняння ефективності традиційного та персоналізованого підходу до проєктування одягу в табл. 1 представлені загальні ключові параметри та їх застосування.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика стандартного та персоналізованого підходів до проєктування одягу

Параметр	Стандартне проєктування	Персоналізоване проєктування
Точність посадки	Середня	Висока
Врахування антропометрії	Обмежено	Повне
Можливість кастомізації	Низька	Висока
Економія матеріалів	Низька	Висока
Час виходу на ринок	Довший	Короткий

Як видно з табл.1, персоналізоване проєктування значно досягає точності посадки, рівня кастомізації та ефективності виробничих процесів, водночас скорочуючи витрати ресурсів і час виходу продукту на ринок.

Наступним етапом розвитку системи персоналізації є інтеграція алгоритмів машинного навчання. Алгоритми машинного навчання

здатні аналізувати великі обсяги даних про споживчі вподобання, поведінку користувачів та актуальні тренди, що дозволяють створювати вироби, максимально адаптовані до індивідуальних потреб клієнтів.

Крім того, застосування ІІІ забезпечує автоматизовану побудову персоналізованих конструкцій на основі 3D-сканування тіла, що усуває недоліки людського фактору та забезпечує високу точність посадки виробу. Додатково ІІІ підтримує розробку інтелектуальних рекомендаційних систем.

Таким чином, впровадження цифрових технологій та алгоритмів персоналізації в процес проєктування змінює традиційну парадигму виробництва, перетворюючи її на інтелектуально керований процес, орієнтований на споживача, функціональність і точність.

В роботі запропоновано алгоритм персоналізованого проєктування одягу, що інтегрує цифрові антропометричні дані в CAD/CAM-середовище. Розроблено підхід до створення кастомізованих моделей з врахуванням стилістичних та ергономічних характеристик користувача. Доведено ефективність симуляційного аналізу для підвищення ергономіки та довговічності виробу. Обґрунтовано перспективність впровадження машинного навчання для прогнозування споживчих уподобань і автоматизації кастомізації. Такий підхід відкриває перспективи створення нових бізнес-моделей у fashion-індустрії, заснованих на індивідуалізації, стійкості та інтеграції цифрових сервісів.

Література

1. Мица В. Цифрова трансформація fashion-індустрії: ключові технологічні тренди та інновації / В. Мица // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2024. № 4 (339). С. 296-300. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-339-4-47>.
2. Riabchykov M., Mytsa V. Evaluating of the effectiveness of digital clothing in online customization systems. IJCELIT 2023. Book of Proceedings of the 9th International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies. ISBN 978-963-449-350-1. pp. 210-216. <https://rkk.uni-obuda.hu/ijcelit-2023/>.
3. Riabchykov, M. et. al (2023). Formation of complex 3D surfaces scans for garment cad. *Vlakna a textile*, 30(3). 10.15240/tul/008/2023-3-002.
4. Рябчиков М.Л., Мица В.В. Модель комплексної цифровізації в індустрії моди. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2024. № 4 (91). С. 217-225. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.4.28>.