

УДК: [687.016:004.8]:37.018.43
DOI 10.30857/2706-5898.2025.2.3

НАВОЛЬСЬКА Л.В., КОЛОСНІЧЕНКО О.В., СТРУМІНСЬКА Т.В.,
ЛУЦКЕР Т.В., РЕМЕНЄВА Т.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОЄКТУВАННЯ ОДЯГУ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВІТНІХ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Мета. Дослідження ролі та значення цифрових технологій у візуалізації процесу проєктування одягу. Проведення комплексного аналізу впливу технологій 3D-моделювання, доповненої і віртуальної реальності, штучного інтелекту на процес проєктування одягу.

Методи. Дослідження ґрунтується на використанні інформаційно-аналітичного аналізу наукових джерел за 2023 - 2025 роки щодо цифровізації індустрії моди; порівняльного аналізу традиційних і цифрових методів візуалізації; кейс-аналізу інноваційних цифрових технологій індустрії моди; емпіричного дослідження функціональності програмного забезпечення для візуалізації процесу проєктування одягу.

Головні результати. Обґрунтовано актуальність візуалізації процесів проєктування одягу, проведено порівняльний аналіз ефективності традиційних методів проєктування і з використанням новітніх цифрових технологій. Визначено переваги цифрової візуалізації для оптимізації виробництва. За результатами досліджень виявлено, що інтеграція 3D-моделювання, доповненої та віртуальної реальності, штучного інтелекту сприятимуть ефективності, якості й конкурентоспроможності виробництва.

Наукова новизна. У статті вперше комплексно проаналізовано вплив цифрових технологій на процес проєктування одягу у контексті глобальних та локальних викликів. Наукова новизна дослідження полягає у визначенні основних тенденцій і перспектив впровадження технологій 3D-моделювання, доповненої й віртуальної реальності, штучного інтелекту в процеси індустрії моди.

Практична значимість. Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації процесів проєктування одягу, зменшення витрат на створення прототипів, особливо в українських брендах. Практична значимість полягає у формуванні рекомендацій фахівцям в галузі індустрії моди щодо оптимального поєднання інновацій цифрової візуалізації із традиційними методами проєктування одягу.

Ключові слова: цифрова візуалізація, 3D-моделювання, автоматизація процесів проєктування.

STUDY OF THE RELEVANCE OF VISUALISATION OF THE CLOTHING DESIGN PROCESS USING THE NEWEST DIGITAL TECHNOLOGIES

NAVOLSKA L., KOLOSNICHENKO O., STRUMINSKA T., LUTSKER T., REMENIEVA T.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Purpose. To investigate the role and significance of digital technologies in visualizing the clothing design process. The study aims to conduct a comprehensive analysis of the impact of 3D modeling, augmented and virtual reality, and artificial intelligence on design procedures in the fashion industry.

Methodology. The study is based on the use of information and analytical analysis of scientific sources for 2023 and 2025 on the digitalisation of the fashion industry; comparative analysis of traditional and digital visualisation methods; case analysis of innovative digital technologies in the fashion industry; empirical study of the functionality of software for visualising the clothing design process.

Results. The relevance of visualizing the clothing design process is substantiated. A comparative analysis highlights the differences in efficiency between traditional and digitally enhanced design methods. The study identifies the key advantages of digital visualization in optimizing production processes. The integration of 3D modeling, augmented and virtual reality, and artificial intelligence significantly improves the effectiveness, quality, and competitiveness of garment production.

Scientific novelty. The article comprehensively analyses the impact of digital technologies on the clothing design process in the context of global and local challenges for the first time. The scientific novelty of the study lies in identifying the main trends and prospects for implementing 3D modelling, augmented and virtual reality, and artificial intelligence technologies in the processes of the fashion industry.

Practical value. The study's results can be used to optimise clothing design processes and reduce costs for creating prototypes, especially in Ukrainian brands. The practical significance lies in the formulation of recommendations for specialists in the fashion industry regarding the optimal combination of digital visualisation innovations with traditional clothing design methods.

Keywords: digital visualization, 3D modeling, design process automation, fashion design, digital transformation.

Всмысл. Сьогодення індустрії моди характеризується динамічними змінами, які зумовлені активним впровадженням новітніх цифрових технологій, що трансформують принципи проєктування одягу. Візуалізація процесу проєктування стала невід'ємною частиною удосконалення виробництва - дозволяє суттєво зменшити час на розробку моделей на етапах ескізування, конструювання і моделювання; знизити виробничі витрати та якісно інтегрувати всі етапи в єдину систему. За допомогою новітніх цифрових інструментів двовимірні зображення можна перетворити у тривимірні, створюючи реалістичні моделі одягу ще до початку виготовлення даних виробів із попередньо визначених матеріалів CLO 3D, Marvelous Designer та інші платформи на базі штучного інтелекту дозволяють швидко втілювати авторську ідею, сприяють кращій взаємодії фахівців у сфері індустрії моди.

Віртуальна апробація нових виробів на 3D-манекенах із різноманітними варіантами симуляції властивостей текстильних матеріалів сприяє мінімізації витрат на експериментальні зразки й, відповідно, екологічності виробництва. Останні дослідження свідчать про те, що використання таких цифрових інструментів, як CLO 3D, Marvelous Designer та Browzwear сприяє зниженню виробничих витрат на 30% [1, 2], а впровадження віртуальної реальності у процес примірки значно підвищує рівень зацікавленості покупців [3]. Цифрові прототиби нових

моделей одягу допомагають якісно оптимізувати виробництво, підвищуючи точність прогнозування витрат матеріалів на 95% [4]. Цифрова візуалізація є важливим інструментом для забезпечення сталого розвитку модної індустрії. Використання 3D-моделей одягу сприяє зменшенню текстильних відходів на 20% [5]. Крім того, передові технології, такі віртуальна та доповнена реальність, розширюють можливості взаємодії зі споживачами. Технології доповненої реальності сприяють інтерактивності у споживанні модних товарів, що є особливо важливим у сфері електронної комерції та відкриває нові перспективи для брендів, орієнтованих на цифровий маркетинг [6].

Актуальність даного дослідження зумовлена потребою адаптації до мінливого середовища індустрії моди, де цифрові технології є ключовим елементом для інновацій та сталого розвитку. Основною метою цієї статті є аналіз можливостей візуалізації процесу проєктування одягу та перспектив використання новітніх цифрових технологій із врахуванням останніх наукових розробок для інтеграції новацій в індустрію моди у світі та Україні, оскільки аспекти їх інтеграції в локальні індустрії, зокрема й українську, залишаються недостатньо висвітленими.

Аналіз попередніх досліджень. Візуалізація процесу проєктування одягу є

одним із основних напрямів розвитку сучасної індустрії моди. Попередні дослідження даного питання охоплюють широкий спектр тем, від 3D-моделювання до використання штучного інтелекту та блокчейн-технологій у модній індустрії. Інформаційно-аналітичний аналіз наукових публікацій за 2023 – 2025 роки підтверджує актуальність дослідження в контексті візуалізації процесів проєктування та свідчить про суттєве зростання кількості наукових досліджень у цій сфері впродовж останніх років. У звіті від Adobe «3D Trends 2023: Fashion in Focus», де представлено аналіз впливу 3D-дизайну на сучасну індустрію моди і методи, за допомогою яких бренди застосовують ці технології для підвищення креативності, ефективності та прибутковості, зазначено, що сфера моди найактивніше використовує цифрову візуалізацію [7].

Інтеграція штучного інтелекту з метою автоматизації процесів проєктування одягу дозволяє значно скоротити час для розробки нових моделей. Потенційні ресурси штучного інтелекту щодо аналізу великих баз даних про вподобання споживачів, генерації нових дизайнерських рішень абсолютно виходять за рамки традиційного процесу проєктування одягу. Важливим аспектом є можливість візуального тестування спроєктованих виробів у 3D, що дає можливість швидко коригувати форми та текстури матеріалів ще до етапу виробництва [8 - 10]. Новітні алгоритми дозволяють легко адаптувати стиль і конструктивні особливості проєктованих моделей відповідно до індивідуальних параметрів фігури споживача та його персональних вподобань, що є особливо актуальним для масової кастомізації одягу [11]. Крім того, інтеграція штучного інтелекту дає можливість створювати реалістичні цифрові манекени, що допомагає оцінювати якість посадки виробів ще до виготовлення цих моделей із матеріалів. Генеративний дизайн відкриває нові можливості для створення унікальних візуальних концепцій на основі експериментального поєднання нетипових форм та фактур текстильних матеріалів. Особливо цікавим є застосування віртуальної реальності для інтерактивного перегляду проєктованих виробів у віртуальному просторі [12].

Візуалізація властивостей текстильних матеріалів дозволяє дизайнерам швидше приймати рішення щодо корекції форми, особливо для виробів захисного та медичного призначення, або при створенні моделей одягу складної форми. Такий підхід дає можливість оптимальніше використовувати знання з геометрії перерізу волокон та

ниток матеріалів, забезпечуючи стійкість, еластичність (за потреби) і довговічність форми, її різноманітність та технологічність виробів вцілому. Візуальна симуляція тканин у цифровому середовищі достатньо реалістично імітує поведінку матеріалів у різних умовах, а інтеграція систем тактильного зворотного зв'язку ще точніше оцінює властивості текстилю [13]. Використання 3D-моделювання і віртуальних прототипів спроєктованих моделей одягу сприяє швидкому тестуванню властивостей матеріалів та їх поведінки в процесі експлуатації, оцінити потенційну ефективність конструктивно-декоративних рішень ще до запуску на виробництво, сприяє мінімізації витрат матеріалів на стадії проєктування виробів [14].

Новітні інструменти 3D-моделювання, віртуальної та доповненої реальності докорінно змінюють традиційні методи проєктування одягу, стають ключовими елементами удосконалення етапів створення й реалізації продукції. Інтегровані цифрові технології оптимізують виробничі процеси та мінімізують текстильні відходи, сприяють реалізації концепцій циркулярної економіки [5]. Візуальна реалістичність 3D-моделей одягу та інтерактивні 3D-аватари суттєво сприяють також економії ресурсів та часу як для ритейлерів, так і для споживачів. Сучасні 3D-аватари також мають функції зміни освітлення та текстур матеріалів у реальному часі, що позитивно відображається при здійсненні цифрових примірок та візуальній оцінці відповідності розміру та типу фігури споживача. Перспективність використання доповненої реальності та ефективність цифрових аватарів підвищує рівень довіри клієнтів до електронної комерції й, відповідно, збільшує попит та сприяє активному розвитку індустрії моди [15].

Проведений аналіз наукових публікацій за 2024 – 2025 роки свідчить про великий інтерес до використання цифрових технологій та візуалізації процесів проєктування одягу. Зокрема, простежується тенденція до активного вивчення можливостей 3D-моделювання, доповненої та віртуальної реальності, штучного інтелекту, CAD-систем та цифрових аватарів. Для здійснення аналізу було відібрано 96 наукових статей із баз даних Scopus і Web of Science за допомогою пошукових запитів із ключовими словами: "fashion design", "3D clothing visualization", "virtual prototyping", "CAD clothing", "digital fashion avatars", "virtual try-on". Критеріями включення стали публікації 2024–2025 років, наявність зазначених ключових термінів у назві, анотації або ключових словах, а також



Рис. 1. Розподіл наукових досліджень за категоріями у візуалізації процесу проектування одягу

фокус на цифрових технологіях у дизайні та виробництві одягу. Розподіл наукових досліджень за категоріями у візуалізації процесу проектування одягу (рис.1) відображає найбільш актуальні напрями: 3D-модельювання, доповнена та віртуальна реальність, штучний інтелект в індустрії моди, віртуальне моделювання та CAD, віртуальні примірки та цифрові аватари. Проте, незважаючи на суттєві досягнення у даній сфері, все-таки існує потреба подальшого дослідження інтеграції новітніх цифрових технологій візуалізації в процеси проектування одягу, адаптації інновацій та визначення найбільш затребуваних напрямків розвитку цифрової візуалізації.

Постановка завдання. Метою дослідження візуалізації процесу проектування одягу з використанням новітніх цифрових технологій є узагальнення інформації щодо ефективності використання технологій 3D-модельювання, доповненої та віртуальної реальності, а також штучного інтелекту. Ґрунтовного аналізу заслуговує й вивчення досвіду використання новітніх цифрових технологій в індустрії моди, що є дуже важливим аспектом, адже дозволяє швидко втілювати й презентувати інноваційні рішення та підвищувати ефективність праці фахівців, реагувати на тенденції вподобань споживачів одягу. Особливо актуальним є виявлення взаємодії цифрових інструментів із традиційними методами проектування одягу, їх впливу на ефективність та якість виробничих процесів, а також визначення перспектив упровадження новітніх рішень цифрової візуалізації в індустрії моди.

Методи дослідження. У даній роботі застосовано комплексний підхід до вивчення

актуальності візуалізації процесу проектування одягу з використанням новітніх цифрових технологій. Проведено інформаційно-аналітичний аналіз наукових публікацій за 2023 – 2025 роки щодо цифрової візуалізації індустрії моди. Це дозволило систематизувати наукові дослідження, виявити ключові тенденції, напрямки розвитку і виклики інтеграції цифрових технологій візуалізації в процес проектування одягу та їх адаптації у різних сферах індустрії моди.

Порівняльний аналіз традиційних і цифрових методів візуалізації допоміг визначити переваги, недоліки та рівень ефективності впровадження новітніх технологій в процеси проектування. Кейс-аналіз інноваційних цифрових технологій індустрії моди, зокрема 3D-модельювання, віртуальної та доповненої реальності, автоматизованих CAD/CAM-систем і штучного інтелекту допоміг оцінити ефективність сучасних інструментів візуалізації та найоптимальніші шляхи їх впровадження. Проаналізовано як сучасні бренди і виробники одягу впроваджують новітні технології візуалізації для скорочення часу на розробку нових моделей одягу, підвищення якості проектування та інтерактивної взаємодії зі споживачами. Проведено емпіричне дослідження програмного забезпечення CLO 3D, Browzwear, Marvelous Designer, Julivi та інших цифрових інструментів візуалізації щодо швидкості рендерингу, точності симуляції матеріалів, зручності використання, можливостей взаємointegraції та практичної доцільності. Комплексне застосування цих методів дозволило всебічно оцінити актуальність цифрової візуалізації в сучасному проектуванні одягу, структурувати взаємодію цифрових технологій, розробити рекомендації

щодо їх ефективного впровадження. Отримані результати сприяли змістовнішому розумінню процесів цифрової візуалізації у сфері проєктування одягу.

Результати дослідження й обговорення.

Сучасна візуалізація процесу проєктування одягу це не тільки інтеграція новітніх технологій в індустрію моди, а й абсолютно незворотна трансформація всієї галузі. Традиційні методи візуалізації передбачають ручне виконання ескізу нової моделі одягу, її конструкції та розробку лекал, а також виготовлення експериментального зразка в матеріалі. Перевагою такого підходу є те, що можна тактильно відчувати матеріали, визначати особливості їх обробки, краще враховувати модельні особливості, що позитивно впливає на якість конструкції виробу. Проте, ці етапи потребують тривалого часу на виконання та корегування конструкції, а відповідно, й комплекту лекал для виготовлення виробу.

Цифрові методи візуалізації суттєво прискорюють дані процеси, а впровадження 3D-інструментів обробки зображень та моделювання в спеціальні програми оптимально спрощують процес виробництва. Такий підхід дозволяє за відносно невеликий проміжок часу створити 3D-моделі одягу, надсилати віртуальні прототипи потенційним замовникам, влаштовувати віртуальні покази колекцій. Візуалізація матеріалів та форми одягу, за рахунок надзвичайно великої реалістичності, дистанційно передає тактильність та ергономічність виробів. Замість того, щоб виготовляти експериментальний зразок виробу, цифрова візуалізація дає можливість оцінити дизайн і форму нової моделі одягу в цифровому середовищі, якісно презентувати ідею кожному фахівцю,

скорегувати, за необхідності, конструкцію виробу та узгодити технологічні особливості виробництва.

Сьогодні індустрія моди поступово переходить у віртуальне середовище, де комунікація виробників та покупців проєктує нові тренди і перспективне бачення моди, суттєво підвищує рівень конверсії. А зважаючи на те, що сучасна мода стає більш персоніфікованою, то використання новітніх інструментів візуалізації процесу проєктування одягу максимально сприяє задоволенню вподобань споживачів. Деталізована цифрова модель одягу також суттєво спрощує технологічність виробництва, сприяє підвищенню його якісної результативності з мінімальними витратами часу і текстильних матеріалів, а компетентність у цифрових технологіях відіграє значну роль у формуванні підприємницької самоефективності [3].

Результати проведеного кейс-аналізу щодо функціональності, популярності та затребуваності програм й інструментів для 3D-моделювання, віртуальної і доповненої реальності, які використовуються для оптимізації процесу виготовлення одягу представлено в таблиці 1.

Наукові публікації та офіційні джерела інформації, що представлені на сайтах відомих компаній свідчать про динаміку зростання популярності й ефективності використання програм 3D-моделювання і візуалізації процесів в індустрії моди (рис.2) [16 - 23]. Провідними та найбільш затребуваними у сфері проєктування одягу є CLO 3D та Browzwear. Сьогодні спонукає виробників одягу і власників модних брендів швидко реагувати на споживчу поведінку суспільства та економічну ситуацію в світі загалом.

Таблиця 1

Програми, інструменти тривимірного проєктування одягу, віртуальної та доповненої реальності, які використовуються для оптимізації процесу виготовлення одягу

Програми, інструменти	Основні функції	Популярність та затребуваність
1	2	3
CLO 3D	- 3D-моделювання одягу; - симуляція матеріалів у реальному часі; - створення конструкції моделі; - візуалізація дизайну виробу; - аватар з можливістю редагування розмірів для проведення примірки	Використовується для створення віртуальних прототипів нових моделей та візуалізації дизайну. Затребувана серед дизайнерів та виробників для зменшення часу на розробку і витрат на зразки виробів у матеріалі.

Browzwear	- 3D-модельовання та дизайн одягу; - інтеграція з виробничими процесами; - підтримка різних типів матеріалів; - якісний рендеринг (візуалізація); - інструменти для командної комунікації	Використовується великими брендами для оптимізації процесу розробки та виробництва одягу. Затребувана для скорочення часу випуску нових моделей на ринок, має функціонал модифікації існуючих зразків одягу.
Marvelous Designer	- 3D-дизайн одягу; - реалістична симуляція матеріалів; - інтуїтивний інтерфейс; - підтримка експорту файлів у різні формати	Популярна серед дизайнерів одягу та 3D-художників. Використовується для створення високоякісних 3D-моделей одягу в індустрії моди та розваг.
Julivi (САПР Джуліві)	- САПР для автоматизованого проектування одягу; - створення та редагування лекал; - градація лекал; - оптимізація розкладки лекал для економії матеріалу; - підтримка експорту файлів у різні формати; - інтеграція з виробничими процесами	Система автоматизованого проектування, активно використовується при організації різних видів виробництва одягу. Затребувана для зменшення витрат матеріалів, часу на розробку нових моделей, якісної роботи різноманітного периферійного обладнання, підвищення продуктивності.
TUKA3D	- 3D-дизайн та візуалізація одягу; - створення цифрових прототипів; - інтеграція з системами автоматизованого проектування (CAD); - підтримка різних форматів лекал	Використовується для створення цифрових зразків та прискорення процесу розробки нових моделей. Затребувана для зменшення витрат на зразки виробів у матеріалі.
Optitex	- 2D та 3D CAD/CAM рішення для дизайну одягу; - симуляція та візуалізація одягу; - інструменти для створення лекал; - підтримка виробничих процесів	Популярна для інтеграції процесів дизайну та виробництва. Затребувана для підвищення ефективності виробництва.
Adobe Aero	- створення середовища доповненої реальності без програмування; - інтеграція з продуктами Adobe; - підтримка 3D та 2D контенту; - інтерактивні елементи	Використовується для створення інтерактивних презентацій та маркетингових матеріалів у сфері моди. Затребувана для створення інноваційного середовища доповненої реальності.
Blender	- безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом; - 3D-модельовання та анімація; - підтримка симуляції матеріалів; - використання плагінів	Використовується для 3D-модельовання та візуалізації. Затребувана завдяки безкоштовному доступу та широким можливостям.
Adobe Substance 3D	- створення та текстуровання 3D-матеріалів; - інтеграція з продуктами Adobe; - підтримка візуалізації в реальному часі	Використовується дизайнерами для створення реалістичних текстур та матеріалів у індустрії моди
SketchUp	- інтуїтивне 3D-модельовання; - велика бібліотека готових моделей; - підтримка плагінів та розширень; - інтеграція з іншими інструментами дизайну	Використовується для створення концептуальних моделей та візуалізацій. Затребувана для розробки виставкових стендів та магазинів.

Lectra	- автоматизоване 2D та 3D проектування; - конструювання лекал та градація; - оптимізація розкладки лекал; - інтеграція з виробничими процесами; - аналіз і управління витратами матеріалів	Використовується провідними виробниками одягу й текстилю. Популярна в Європі, Китаї та США серед великих фабрик і брендів, допомагає оптимізувати використання матеріалів, скоротити час на розробку нових колекцій одягу.
Daz 3D	- 3D-модельювання персонажів; - велика бібліотека готових моделей; - підтримка анімації та рендерингу	Популярна серед художників і дизайнерів для створення високоякісних 3D-персонажів та одягу.
Autodesk Maya	- 3D-модельювання та анімація; - розширені інструменти для симуляції матеріалів; - підтримка складних візуальних ефектів; - інтеграція з продуктами Autodesk	Широко використовується в індустрії розваг та моди для створення високоякісних 3D-моделей та анімацій. Затребувана серед дизайнерів та студій для реалізації складних проєктів.
Rhino 3D	- потужні інструменти для 3D-модельювання; - підтримка NURBS-модельювання; - інтеграція з плагіном Grasshopper для параметричного дизайну	Використовується для створення складних форм та структур. Затребувана у сфері моди для розробки унікальних дизайнів та аксесуарів.
Assol CAD	- 2D та 3D модельювання одягу; - створення та градація лекал; - візуалізація та оптимізація розкладки лекал; - інтеграція з виробничими процесами та текстильним обладнанням	Використовується як одна з ключових САПР-систем, що спеціалізується на автоматизації процесів конструювання та підготовки лекал для виробництва одягу в індивідуальному та промисловому виробництві.
Tinkercad	- онлайн 3D-модельювання; - інтуїтивний інтерфейс; - підтримка експорту файлів у різні формати	Використовується для простого та швидкого створення 3D-моделей, особливо затребувана початківцями у дизайні одягу.
Onshape	- хмарне 3D CAD-модельювання; - спільна робота в реальному часі; - інтеграція з іншими інструментами	Затребувана серед груп дизайнерів для спільної розробки та модельювання одягу.
Assyst Vidya	- 3D-модельювання одягу; - фотореалістична візуалізація; - інтеграція з CAD-системами	Використовується для створення реалістичних 3D-прототипів та оптимізації процесу розробки одягу.

З метою успішної інтеграції процесів проєктування і виробництва, підвищення ефективності цих процесів та якості виготовлення одягу успішно використовують програмне забезпечення Optitex, поєднання CAD-рішень із 3D-модельюванням в цій системі дозволяє автоматизувати процес розробки лекал, а Vidya by Assyst дозволяє симулювати примірку виробу на фігурі в реальному часі для якісної перевірки конструкції спроектованої моделі. Загалом, віртуальне модельювання суттєво трансформує індустрію моди, дозволяючи брендам бути більш гнучкими та ефективними в процесах розробки і тестування колекцій.

Для побудови графічного образу динаміки

використання програмного забезпечення та цифрових інструментів у 2023–2024 роках (рис. 2) проведено порівняльний аналіз рівня їх популярності у сфері цифрової візуалізації процесів проєктування одягу. Оцінювання здійснено у відсотковому співвідношенні за умовною шкалою від 0 до 100. Джерелами даних є відкриті відомості з офіційних сайтів компаній-виробників програмного забезпечення [16–25], а також аналітичні звіти, оприлюднені у профільних галузевих публікаціях, зокрема звіт Adobe «3D Trends Report» [7].

Аналіз дозволив виявити найбільш динамічні напрями зростання популярності цифрових інструментів у зазначений період.

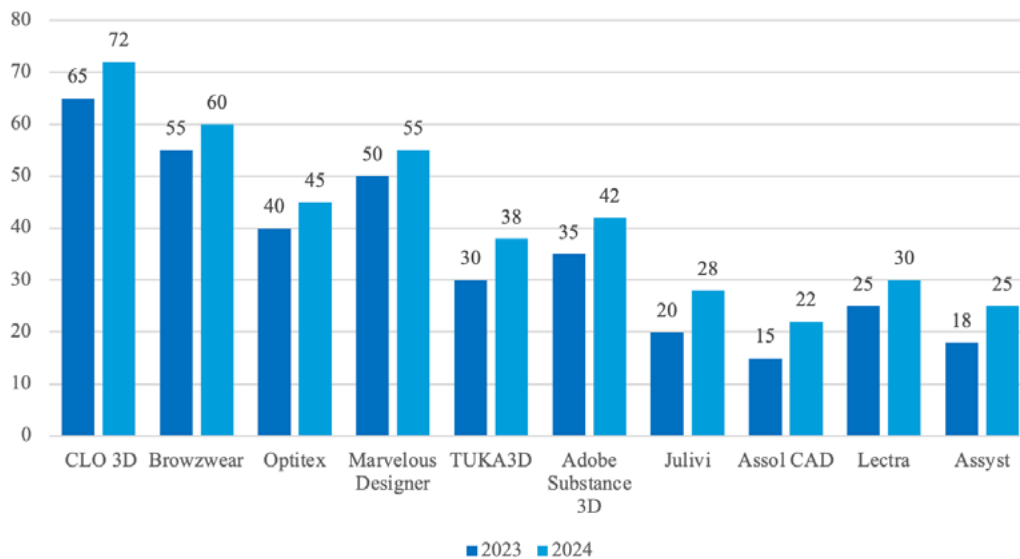


Рис. 2. Динаміка використання програм і цифрових інструментів у 2023 – 2024 роках

За результатами дослідження, до найбільш затребуваних програм для 3D-моделювання та візуалізації одягу належать CLO 3D, Browzwear та Marvelous Designer.

Намагаючись максимально мінімізувати витрати на виготовлення одягу, вони швидко вдосконалюють власні стратегії, модернізують виробничі процеси шляхом використання новітніх програмних продуктів. Проєктування та виробництво нових моделей одягу з використанням програм візуалізації процесів і 3D-моделювання, САПР особливо затребуваним є в регіонах з добре розвинутою індустрією моди – Північна Америка, Європа, Азія. Впровадження таких програм дозволяє швидко реагувати на динамічність ринку, зменшувати витрати і підвищувати якість продукції, що фактично є ключовим фактором успіху в сучасній індустрії моди. Узагальнену інформацію про країни, компанії та бренди, які найактивніше використовують цифрові технології у виробничих процесах наведено в таблиці 2.

В Україні цифрові інструменти візуалізації процесів проєктування одягу та САПР стають дедалі популярнішими серед дизайнерів і виробників одягу. Українські бренди одягу найчастіше використовують Julivi та Assol CAD для конструювання і розробки лекал, а CLO 3D та Browzwear – для створення цифрових аналогів нових моделей одягу, візуалізації колекцій. Це дозволяє суттєво підвищити рівень задоволення індивідуальних вподобань споживачів та вийти на глобальні платформи електронної комерції, позитивно сприяє конкурентоспроможності виробників на міжнародному ринку товарів.

Проведене дослідження дозволило виявити й те, що попри значні переваги цифрової візуалізації процесу проєктування одягу, впровадження таких інновацій супроводжується певними викликами. Серед них – висока вартість спеціалізованого програмного забезпечення й обладнання, а також складності з точним відтворенням властивостей матеріалів, оскільки симуляційні алгоритми не завжди коректно передають фактуру, жорсткість та пластичність текстильних матеріалів. Ще надзвичайно важливим є й те, що впровадження таких новітніх цифрових технологій потребує розвитку відповідних навичок у дизайнерів, конструкторів та технологів, а це потребує швидкої адаптації освітніх програм до реалій сьогодення в індустрії моди.

В контексті цифрової трансформації сучасної індустрії моди фахівцям цієї галузі необхідно якісно поєднувати новітні технології візуалізації з традиційними методами проєктування одягу. Попри значні переваги 3D-моделювання, віртуальної примірки та автоматизованих процесів проєктування одягу, ефективність таких змін залежить саме від успішної інтеграції нових технологій в уже налагоджені робочі процеси. Проте, традиційні принципи проєктування одягу, зокрема ескізування, конструювання та моделювання, залишаються актуальними на певних етапах створення складних форм нових моделей одягу або високоякісних виробів із нетрадиційних матеріалів.

Сучасні тенденції цифровізації індустрії моди та результати проведеного дослідження дозволяють створити систему оптимального

Таблиця 2

Популярність використання програм, інструментів тривимірного проєктування одягу та візуалізації процесів

Країна	Популярні програми	Компанії та бренди
США	CLO 3D, Browzwear, Optitex, TUKA3D, Marvelous Designer, Adobe Substance 3D	Nike, Adidas, Under Armour, Levi's, Tommy Hilfiger, Ralph Lauren
Канада	CLO 3D, Browzwear, Optitex, TUKA3D	Lululemon, Canada Goose, Arc'teryx
Велика Британія	CLO 3D, Browzwear, Optitex, Marvelous Designer	Burberry, Stella McCartney, Alexander McQueen
Франція	CLO 3D, Lectra, Browzwear, Marvelous Designer	Louis Vuitton, Chanel, Dior, Balenciaga
Німеччина	CLO 3D, Browzwear, Assyst, Optitex	Adidas, Hugo Boss, Puma
Італія	CLO 3D, Browzwear, Marvelous Designer, Optitex	Gucci, Prada, Versace, Armani
Україна	CLO 3D, Browzwear, Optitex, Marvelous Designer, Julivi, Assol CAD	Andre Tan, Kachorovska, Frolov, Bevza, Litkovskaya, MustHave, VOVK, GUDU
Іспанія	CLO 3D, Browzwear, Optitex	Zara (Inditex), Mango, Desigual
Нідерланди	CLO 3D, Browzwear, Optitex, TUKA3D	Tommy Hilfiger, G-Star RAW
Китай	CLO 3D, Browzwear, Optitex, TUKA3D, Julivi	Li-Ning, Anta, Bosideng
Японія	CLO 3D, Browzwear, Optitex, TUKA3D, Marvelous Designer	Uniqlo, Issey Miyake, Yohji Yamamoto
Південна Корея	CLO 3D, Browzwear, Marvelous Designer	Samsung Fashion, Beanpole, KUHO
Індія	CLO 3D, Browzwear, Optitex, TUKA3D	Reliance Trends, FabIndia
Бразилія	CLO 3D, Browzwear, Optitex	Hering, Osklen
Австралія	CLO 3D, Browzwear, Optitex	Country Road, R.M. Williams

поєднання інновацій цифрової візуалізації із традиційними методами проєктування одягу. Структуру взаємодії цифрових технологій із деталізацією процесів та рекомендованими для практичного впровадження програмами і цифровими інструментами представлено на рис. 3.

Інтеграція цифрових технологій візуалізації дозволяє значно скоротити витрати часу на розробку нових моделей одягу та оптимізувати виробничі процеси. Доцільно використовувати 3D-моделювання та віртуальну примірku для попереднього тестування форм виробу і пластичності матеріалів; для створення унікальних моделей поєднувати згенеровані штучним інтелектом ідеї із традиційними принципами виготовлення одягу; використовувати віртуальну та доповнену реальність для інтерактивної презентації нових моделей зацікавленим споживачам; оптимізувати

процес конфекціювання на основі використання можливостей цифрової симуляції текстур і властивостей матеріалів; використовувати CLO 3D, Browzwear, Marvelous Designer для проєктування виробів. Синергія цифрових і традиційних методів візуалізації процесу проєктування одягу забезпечує оптимальне поєднання інновацій, конструктивно-технологічної досконалості та високої якості реалізації дизайнерських концепцій, що сприяє динамічному розвитку сучасної індустрії моди.

Висновки. Візуалізація процесу проєктування одягу з використанням новітніх цифрових технологій є надзвичайно перспективним напрямом для широкого спектру індустрії моди, стимулюючи інновації та покращуючи якість виробництва. Інтеграція технологій 3D-моделювання, віртуальної та доповненої реальності, автоматизованих CAD/CAM-систем і штучного інтелекту

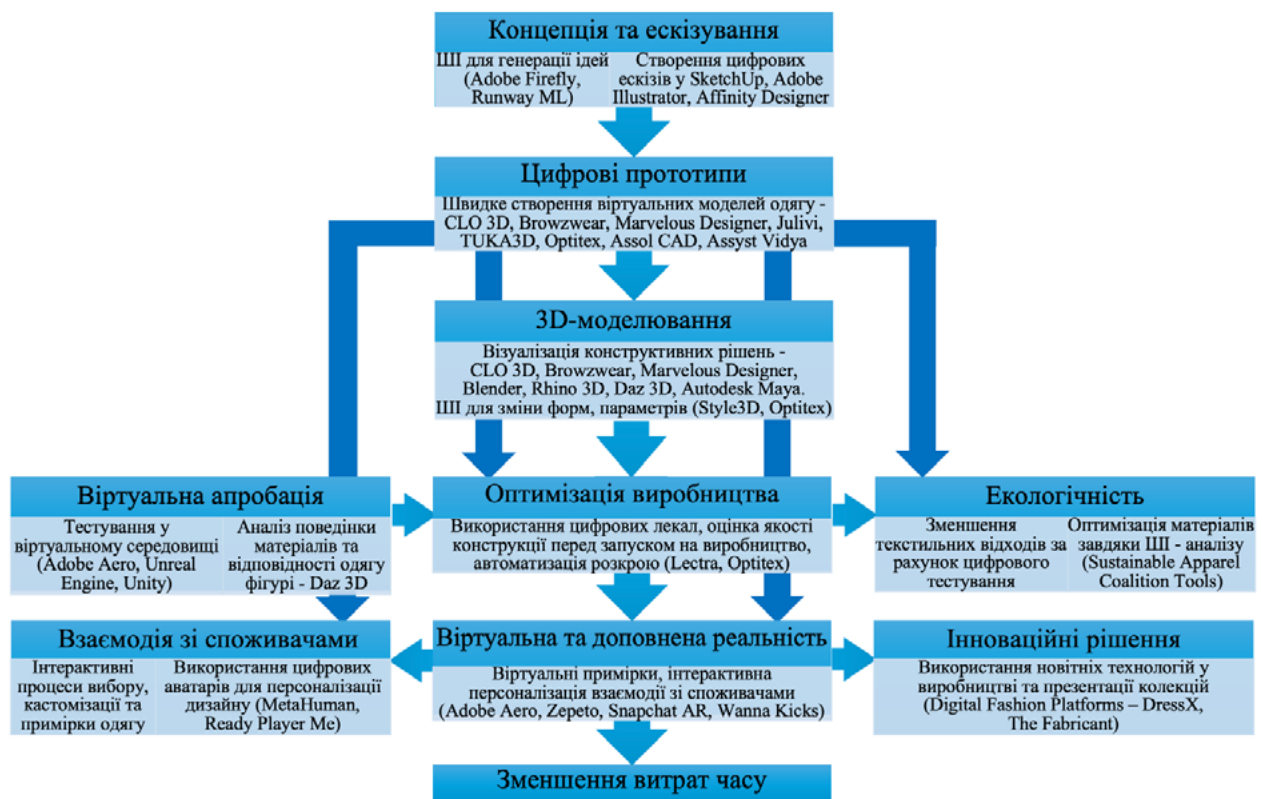


Рис. 3. Структура взаємодії цифрових технологій візуалізації

дозволяє суттєво підвищити ефективність та адаптивність виробництва нових моделей одягу, зменшуючи витрати часу на виготовлення та матеріальні витрати. Використання цифрових технологій візуалізації CLO 3D, Browzwear, Marvelous Designer, Julivi, TUKA3D, Optitex, Assol CAD, Assyst Vidya для швидкого створення віртуальних моделей одягу сприяє інтерактивній комунікації на всіх етапах проєктування нових моделей одягу та індивідуалізації взаємодії зі споживачами.

Цифрова візуалізація стимулює розробку оптимальних стратегій проєктування одягу, проте класичні методи конструювання та моделювання залишаються затребуваними на певних етапах. Оптимальне поєднання інновацій цифрової візуалізації із традиційними методами проєктування одягу,

адаптація даних процесів не тільки суттєво підвищує ефективність виробництва одягу, а й позитивно сприятиме екологічній стійкості та зменшенню текстильних відходів. Синтез цифрових і традиційних методів проєктування одягу є перспективним вектором розвитку індустрії моди в Україні, відкриваючи нові можливості для ефективнішої взаємодії на світовому ринку виробництва одягу. Таким чином, інтеграція цифрових технологій візуалізації стає ключовим фактором успіху сучасної фешн-індустрії, забезпечуючи гнучкість виробничих процесів, прискорюючи розробку нових моделей одягу та сприяючи комерційному зростанню. Відбувається не просто трансформація процесу проєктування одягу, а формування нових стратегій комунікації в індустрії моди.

Список літературних джерел

1. Yezhova O., Wu S., Pashkevych K., Kolosnichenko M., Ostapenko N., Struminska T. Exploring design and technological aspects of digital fashion: a systematic review of recent innovations // International Journal of Fashion Design, Technology and Education. 2024. P. 1–15. DOI: 10.1080/17543266.2024.2378032.
2. Jones A. Sustainable fashion through digital prototyping // Journal of Sustainable

References

1. Yezhova O., Wu S., Pashkevych K., Kolosnichenko M., Ostapenko N., Struminska T. Exploring design and technological aspects of digital fashion: a systematic review of recent innovations. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, 2024, pp. 1–15. <https://doi.org/10.1080/17543266.2024.2378032>
2. Jones A. Sustainable fashion through digital prototyping. Journal of Sustainable Design, 2023, vol. 19, no. 2, pp. 34–58. <https://doi.org/10.1234/>

Design. 2023. Vol. 19, No. 2. P. 34-58. DOI: 10.1234/jds.2023.1902.003.

3. Kim S., Park H. Virtual reality in fashion: a new era // *Digital Design Review*. 2024. Vol. 36, No. 1. P. 78-96.

4. Mendes R., Oliveira A. Digital twins in fashion manufacturing // *Industry 4.0 Fashion Trends*. 2023. Vol. 19, No. 2. P. 33-47.

5. Lopez C., Martinez R. Circular economy in fashion: a digital perspective // *Sustainable Innovations in Textile*. 2024. Vol. 18, No. 3. P. 55-72.

6. Lee H., Choi M. The impact of AR on fashion retail // *Retail Innovation Journal*. 2024. Vol. 22, No. 4. P. 15-30.

7. Adobe 3D Trends Report. Available at: https://www.adobe.com/content/dam/cc/us/en/cct/shared/Adobe_3DTrendsReport_ENGLISH.pdf.

8. Singh K., Alvi F. Blockchain for transparency in fashion supply chains // *International Journal of Fashion Management*. 2023. Vol. 25, No. 1. P. 12-28.

9. Zhao L., Chen M. Big data analytics in predicting fashion trends // *Data-Driven Fashion*. 2024. Vol. 25, No. 1. P. 10-24.

10. Patel R., Sharma D. AI in fashion design: optimizing creativity // *Journal of Textile Technology*. 2023. Vol. 12, No. 4. P. 67-84.

11. Chen Y., Wang H. 3D printing in apparel design: revolutionizing the process // *Global Fashion Studies*. 2024. Vol. 29, No. 1. P. 44-60.

12. Martin F., Stewart G. Augmented reality for retail engagement in fashion // *Interactive Retail Review*. 2023. Vol. 40, No. 1. P. 55-70.

13. Nakamura H., Takahashi K. Innovations in fabric simulation with 3D tools // *Journal of Textile Simulation*. 2024. Vol. 28, No. 1. P. 22-39.

14. Smith J., Brown L. 3D modeling in fashion design: trends and challenges // *Fashion Technology Journal*. 2023. Vol. 45, No. 3. P. 112-125.

15. Nguyen P., Zhang L. The evolution of virtual try-ons: enhancing e-commerce experience // *Digital Fashion Trends*. 2023. Vol. 30, No. 2. P. 89-101.

16. CLO 3D. Available at: <https://www.clo3d.com/>.

17. Browzwear. Available at: <https://browzwear.com/>.

18. Optitex. Available at: <https://optitex.com/>.

19. TUKA3D. Available at: <https://tukatech.com/tuka3d/>.

20. Marvelous Designer. Available at: <https://marvelousdesigner.com/>.

21. Adobe Substance 3D. Available at: <https://www.adobe.com/products/substance3d.html>.

22. Julivi. Available at: <http://julivi.com/>.

23. Assol CAD. Available at: <https://assolcad.com/>.

24. Assyst. Available at: <https://www.assyst.de/en/>.

25. Lectra. Available at: <https://www.lectra.com/>.

jds.2023.1902.003

3. Kim S., Park H. Virtual reality in fashion: a new era. *Digital Design Review*, 2024, vol. 36, no. 1, pp. 78-96.

4. Mendes R., Oliveira A. Digital twins in fashion manufacturing. *Industry 4.0 Fashion Trends*, 2023, vol. 19, no. 2, pp. 33-47.

5. Lopez C., Martinez R. Circular economy in fashion: a digital perspective. *Sustainable Innovations in Textile*, 2024, vol. 18, no. 3, pp. 55-72.

6. Lee H., Choi M. The impact of AR on fashion retail. *Retail Innovation Journal*, 2024, vol. 22, no. 4, pp. 15-30.

7. Adobe. Adobe 3D Trends Report [Electronic resource]. Available at: https://www.adobe.com/content/dam/cc/us/en/cct/shared/Adobe_3DTrendsReport_ENGLISH.pdf

8. Singh K., Alvi F. Blockchain for transparency in fashion supply chains. *International Journal of Fashion Management*, 2023, vol. 25, no. 1, pp. 12-28.

9. Zhao L., Chen M. Big data analytics in predicting fashion trends. *Data-Driven Fashion*, 2024, vol. 25, no. 1, pp. 10-24.

10. Patel R., Sharma D. AI in fashion design: optimizing creativity. *Journal of Textile Technology*, 2023, vol. 12, no. 4, pp. 67-84.

11. Chen Y., Wang H. 3D printing in apparel design: revolutionizing the process. *Global Fashion Studies*, 2024, vol. 29, no. 1, pp. 44-60.

12. Martin F., Stewart G. Augmented reality for retail engagement in fashion. *Interactive Retail Review*, 2023, vol. 40, no. 1, pp. 55-70.

13. Nakamura H., Takahashi K. Innovations in fabric simulation with 3D tools. *Journal of Textile Simulation*, 2024, vol. 28, no. 1, pp. 22-39.

14. Smith J., Brown L. 3D modeling in fashion design: trends and challenges. *Fashion Technology Journal*, 2023, vol. 45, no. 3, pp. 112-125.

15. Nguyen P., Zhang L. The evolution of virtual try-ons: enhancing e-commerce experience. *Digital Fashion Trends*, 2023, vol. 30, no. 2, pp. 89-101.

16. CLO 3D [Electronic resource]. Available at: <https://www.clo3d.com/>

17. Browzwear [Electronic resource]. Available at: <https://browzwear.com/>

18. Optitex [Electronic resource]. Available at: <https://optitex.com/>

19. TUKA3D [Electronic resource]. Available at: <https://tukatech.com/tuka3d/>

20. Marvelous Designer [Electronic resource]. Available at: <https://marvelousdesigner.com/>

21. Adobe Substance 3D [Electronic resource]. Available at: <https://www.adobe.com/products/substance3d.html>

22. Julivi [Electronic resource]. Available at: <http://julivi.com/>

23. Assol CAD [Electronic resource]. Available at: <https://assolcad.com/>

24. Assyst [Electronic resource]. Available at: <https://www.assyst.de/en/>

25. Lectra [Electronic resource]. Available at: <https://www.lectra.com/>