

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет дизайну
Кафедра мультимедійного дизайну

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Розробка дизайну віртуальних моделей для мультимедійної демонстрації одягу на
платформі цифрової моди

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 022 Дизайн

Освітня програма Мультимедійний дизайн

Виконала: студентка групи БДм1-22

Карпенко Д.В.

Науковий керівник к.т.н., доц.

Хиневич Р.В.

Рецензент к.т.н., доц. Слітюк О.О.

Київ 2026

АНОТАЦІЯ

Карпенко Д.В. Розробка дизайну віртуальних моделей для мультимедійної демонстрації одягу на платформі цифрової моди. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 022 Дизайн – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2026 рік.

В кваліфікаційній роботі розроблено віртуальний образ для мультимедійної платформи цифрової моди та створено його анімовану презентацію. Досліджено особливості проєктування цифрового одягу, принципи створення віртуальних моделей та можливості їх використання у сфері сучасного дизайну. Обрано художню концепцію образу, виконано аналіз аналогів і сучасних тенденцій цифрової моди, розроблено ескіз цифрової сукні та здійснено її тривимірне моделювання. Виконано налаштування матеріалів, текстур та візуальних ефектів, створено анімацію віртуального показу із демонстрацією виробу під час руху моделі. Особливу увагу приділено передачі форми виробу, пластики матеріалу та цілісності художнього образу. Практичним результатом роботи стала розробка анімованого віртуального показу цифрової сукні для подальшого використання у мультимедійному середовищі.

Ключові слова: *цифрова мода, віртуальний образ, цифровий одяг, 3D-моделювання, 3D-анімація, віртуальний показ, мультимедійна платформа, дизайн.*

SUMMARY

Karpenko D.V. Design Development of Virtual Models for Multimedia Clothing Presentation on a Digital Fashion Platform. – The manuscript.

Bachelor's degree project in specialty 022 Design – Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, 2026.

The qualification work is devoted to the development of a virtual image for a digital fashion multimedia platform and the creation of its animated presentation. The study examines the features of digital garment design, the principles of virtual model creation, and the possibilities of their application in contemporary design. An artistic concept of the image was selected, an analysis of analogs and current trends in digital fashion was conducted, a digital dress sketch was developed, and its three-dimensional modeling was carried out. Material settings, textures, and visual effects were configured, and an animation of a virtual fashion show demonstrating the garment in motion was created. Particular attention was paid to conveying the shape of the garment, the behavior of the material, and the integrity of the artistic concept. The practical outcome of the work is the development of an animated virtual fashion show of a digital dress intended for further use in a multimedia environment.

Keywords: *digital fashion, virtual image, digital garment, 3D modeling, 3D animation, virtual fashion show, multimedia platform, design.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ІСТОРІЯ ТА РОЛЬ РОЗРОБКИ ВІРТУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ.....	9
У ЦИФРОВІЙ МОДІ.....	9
1.1. Еволюція концепції розробки віртуальних моделей одягу.....	12
1.2. Технологічний прорив: від статичних моделей до анімованих аватарів	17
1.3. Стан та перспективи розробки віртуальних моделей у цифровій моді України	22
Висновки до першого розділу.....	27
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЄКТУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ	28
2.1. Порівняльний аналіз 2D- та 3D технологій у створенні віртуальних моделей одягу.....	29
2.2. Інструментарій та програмне забезпечення для створення анімованого цифрового одягу	34
2.3. Роль штучного інтелекту та плагінів у симуляції динаміки тканин.....	37
Висновок до другого розділу	41
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА 3D АНІМАЦІЇ ВІРТУАЛЬНОГО ПОКАЗУ ЦИФРОВОЇ СУКНІ.....	43
3.1. Концепція та художнє рішення дизайну віртуального образу	45
3.2. Технічний процес створення 3D моделі та анімації сукні	50
3.3. Візуалізація та інтеграція 3D-показу у мультимедійне середовище	59
Висновки до третього розділу.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	69
ДОДАТКИ.....	74

ВСТУП

Сучасний світ переживає період стрімкої трансформації під впливом цифрових технологій, які докорінно змінюють наше сприйняття моди, культуру споживання та принципи візуальної комунікації. Сьогодні цифрова мода постає не просто як технологічна новинка, а як один із найбільш перспективних напрямів розвитку індустрії. Вона відкриває простір для творчості без фізичних обмежень, водночас пропонуючи дієві рішення для сталого розвитку та нові інструменти для самовираження особистості у віртуальному середовищі.

Робота присвячена розробці цілісної дизайн-концепції віртуальних моделей, призначених для мультимедійної демонстрації колекцій на спеціалізованих платформах цифрової моди. Практична частина проєкту передбачає створення трьох деталізованих 3D-моделей суконь, кожна з яких відображає специфіку роботи з цифровою фактурою та об'ємом. Підсумковим етапом розробки стане створення анімації показу, де через динаміку руху віртуальних моделей розкривається функціональність та естетика створених образів.

Актуальність теми зумовлена стрімким розвитком цифрової моди та переходом індустрії у віртуальний простір. Сучасний користувач потребує нових форм взаємодії з одягом, які виходять за межі статичних фотографій. Цей проєкт спрямований на створення реалістичних 3D-моделей та анімації показу трьох суконь, що дозволяє продемонструвати фактуру, посадку та динаміку виробу в цифровому середовищі. Використання сучасних мультимедійних технологій у дизайні віртуальних моделей забезпечує емоційну залученість та створює ефективний досвід презентації одягу на платформах цифрової моди.

Метою дослідження є комплексна розробка дизайну віртуальної моделі для мультимедійної демонстрації одягу на платформі цифрової моди, яка формує впізнаваний і привабливий образ бренду в диджитал-просторі.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати еволюцію концепції віртуальних моделей простеживши шлях від перших двовимірних комп'ютерних ескізів до складних тривимірних структур у сучасній індустрії *Digital Fashion*.

2. Визначити роль та особливості цифрової моди як окремого мультимедійного напрямку.
3. Дослідити технологічний перехід від статичних 3D-образів до анімованих аватарів.
4. Оцінити сучасний стан та перспективи розвитку цифрової моди в Україні.
5. Провести порівняльний аналіз 2D- та 3D-технологій.
6. Вивчити інструментарій та програмне забезпечення для розробки цифрового одягу у програмі *CLO 3D*.
7. Дослідити вплив штучного інтелекту та спеціалізованих плагінів на процеси автоматизації генерації текстур, оптимізації рендерингу та відтворення динаміки руху тканин.
8. Обґрунтувати концепцію та художнє рішення серії віртуальних образів.
9. Реалізувати практичний етап проєкту, що включає моделювання сукні за лекалом, налаштування фізичних властивостей матеріалів та розробку анімації подіумного кроку аватара.

Об'єкт дослідження – процес розробки дизайну віртуальної моделі для мультимедійної демонстрації одягу на платформі цифрової моди.

Предметом дослідження є візуальні методи та технологічні підходи до проєктування тривимірних моделей одягу, а також інструменти їхньої мультимедійної презентації в контексті сучасних платформ цифрової моди.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети на різних етапах роботи було застосовано комплексний науковий підхід. *Теоретичні методи* відіграють ключову роль для аналізу та синтезу наукових джерел і практичних кейсів у сфері *Digital Fashion*, що дозволило систематизувати принципи створення віртуальних образів та визначити специфіку їхнього функціонування на цифрових платформах. Метод порівняння допоміг вивчити підходи провідних брендів і платформ до візуалізації цифрового одягу, а візуальний аналіз став основою для дослідження композиційних прийомів, колористики та пластики

матеріалів у віртуальному середовищі. **Емпіричні методи** включають аналіз конкурентного середовища та моніторинг сучасних тенденцій у сфері мультимедійної демонстрації, що сприяло розробці актуального та технологічного дизайну. Моделювання концепції дозволило сформувати ідейну структуру проекту, а розробка ескізів та прототипів забезпечила перехід від творчого задуму до фінального мультимедійного продукту.

Спеціальні методи: ескізування, створення мудбордів, стилізація, 3D-моделювання та анімування у CLO 3D, симуляція фізичних властивостей тканини, рендеринг, монтаж та використання 2D-графіки для посилення візуального ефекту мультимедійної демонстрації на платформі цифрової моди.

Елементи наукової новизни одержаних результатів: полягають у систематизації сучасних підходів до створення віртуальних моделей для платформ цифрової моди та узагальненні засобів мультимедійної демонстрації цифрового одягу.

Практичне значення одержаних результатів: визначається можливістю впровадження розроблених моделей та анімаційних роликів у діяльність брендів цифрової моди, онлайн-платформ для презентації колекцій та маркетингових кампаній у соціальних мережах. Створений алгоритм переходу від ескізу до анімованої 3D-моделі може бути використаний як методична основа для подальших розробок у сфері *Digital Fashion*, що сприятиме підвищенню якості візуального контенту та конкурентоспроможності вітчизняного цифрового дизайну.

Апробація результатів дослідження:

1. Оформлення авторського права на твір дизайну «Сльоза Афродіти» у УкрНОІВІ від 01.05.2026 р. (рис. А.1.)
2. Участь у X Міжнародній науково-практичній конференції «Dynamics of development of science and education: integration and innovation» м. Софія, Болгарія, 9-11 березня 2026 р. (рис. А.2.).

Публікація:

Карпенко Д. Хиневич Р.В. Трансформація візуальних образів у просторі цифрової моди: від графічного ескізу до мультимедійної анімації. *Збірник матеріалів X Міжнародної науково-практичної конференції «Dynamics of development of science and education: integration and innovation»*. 2026. С. 29-30. URL: <https://eu-conf.com/en/events/dynamics-of-development-of-science-and-education-integration-and-innovation/> (рис. А.3.).

Структура кваліфікаційної роботи зумовлена логікою дослідження, складається зі вступу, трьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (50 позицій, з них – 16 іноземних) та додатків. Загальний обсяг роботи 79 сторінок, з них основного тексту – 64 сторінки.

РОЗДІЛ 1

ІСТОРІЯ ТА РОЛЬ РОЗРОБКИ ВІРТУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ У ЦИФРОВІЙ МОДІ

Питання цифрової трансформації модної індустрії сьогодні виходить далеко за межі суто технічних дискусій і стосується фундаментальних змін у способах створення, демонстрації та сприйняття одягу. Якщо традиційно мода була нерозривно пов'язана з фізичним виробництвом матеріальних об'єктів, то розвиток цифрових технологій поступово сформував новий підхід до проектування та презентації дизайнерських рішень. У результаті виник окремий напрям – цифрова мода, який об'єднує принципи дизайну одягу, комп'ютерної графіки, тривимірного моделювання та мультимедійних комунікацій.

Формування цифрової моди стало закономірним результатом розвитку інформаційних технологій та поступової цифровізації творчих індустрій. Поява потужних графічних редакторів, програм тривимірного моделювання та засобів комп'ютерної анімації створила передумови для перенесення значної частини дизайнерського процесу у віртуальне середовище. Якщо раніше цифрові технології використовувалися переважно для створення технічних ескізів або візуалізації майбутніх колекцій, то сьогодні вони дозволяють створювати повноцінні цифрові вироби, які можуть існувати незалежно від своїх фізичних аналогів [6].

Становлення цифрової моди не було одномоментним процесом. Протягом тривалого часу тривимірні технології застосовувалися переважно для оптимізації виробництва та скорочення витрат на створення експериментальних зразків одягу. Дизайнери отримали можливість оцінювати посадку виробу на цифровому манекені ще до пошиття фізичного прототипу, що значно спрощувало процес розробки нових моделей. Згодом функціональні можливості програмного забезпечення суттєво розширилися, а якість візуалізації досягла рівня, за якого цифрові вироби почали сприйматися як самостійний продукт [5].

Особливу роль у розвитку цифрової моди відіграли технології тривимірного моделювання. Саме вони дозволили відтворювати не лише форму виробу, а й

поведінку тканини, характер утворення складок, взаємодію матеріалу зі світлом та реакцію одягу на рух людини. Завдяки цьому цифрові моделі перестали бути умовними графічними об'єктами та набули властивостей, наближених до реального одягу. Сучасні системи моделювання здатні враховувати фізичні характеристики матеріалів, забезпечуючи високий рівень достовірності під час створення цифрових образів [3].

У цифровому середовищі змінюється і саме розуміння поняття одягу. Якщо традиційний костюм є матеріальним об'єктом, створеним для використання в реальному житті, то цифровий одяг функціонує як віртуальна модель, яка може бути адаптована до різних платформ і форматів використання. Такий виріб може демонструватися у відеопрезентаціях, інтегруватися у віртуальні середовища, використовуватися в соціальних мережах або цифрових маркетингових кампаніях. Це суттєво розширює межі дизайнерської діяльності та відкриває нові форми взаємодії між автором і аудиторією [18].

Важливим чинником поширення цифрової моди стали соціальні мережі та мультимедійні платформи. Саме вони створили новий простір для презентації дизайнерських проєктів, де візуальна складова відіграє ключову роль. Сучасний користувач дедалі частіше взаємодіє з модою через цифрові екрани, переглядаючи контент на мобільних пристроях, комп'ютерах або у віртуальних середовищах. За таких умов цифровий одяг стає не лише елементом дизайну, а й інструментом комунікації, здатним привертати увагу аудиторії та формувати новий досвід сприйняття моди [21].

Окремого значення цифрова мода набула в контексті розвитку концепції сталого виробництва. Традиційна індустрія одягу часто критикується через значні витрати ресурсів, надвиробництво та негативний вплив на навколишнє середовище. Цифрові технології частково дозволяють вирішити ці проблеми завдяки скороченню кількості фізичних прототипів, зменшенню витрат матеріалів та оптимізації процесів проєктування. Саме тому багато дослідників розглядають цифрову моду як один із перспективних напрямів розвитку екологічно відповідального дизайну [8].

Поряд із технологічними аспектами цифрова мода має також важливий культурний та соціальний вимір. Віртуальний одяг дедалі частіше використовується як засіб художнього висловлювання, що дозволяє створювати образи, реалізація яких у фізичному світі була б надзвичайно складною або взагалі неможливою. Завдяки відсутності матеріальних обмежень дизайнери отримують свободу експериментувати з формою, масштабом, фактурою та динамікою об'єктів. Це відкриває нові можливості для творчості та сприяє появі принципово нових напрямів цифрового мистецтва [43].

Семіотичний підхід до вивчення цифрової моди дозволяє розглядати віртуальний одяг не лише як результат технічного моделювання, а як складну систему знаків і символів. Кожен елемент цифрового образу – форма, колір, текстура або анімація – здатний нести певний зміст і формувати окремі культурні асоціації. Саме тому цифрові моделі сьогодні дедалі частіше стають інструментом візуальної комунікації, що поєднує дизайнерські рішення з культурними та соціальними контекстами [43].

Сучасні тенденції розвитку індустрії свідчать про те, що цифровізація поступово охоплює всі етапи створення модного продукту — від концептуального проектування до його презентації кінцевому споживачеві. Використання тривимірної графіки, комп'ютерної анімації, віртуальних аватарів і мультимедійних платформ формує нові підходи до організації творчого процесу та відкриває додаткові можливості для дизайнерів [12]. У результаті цифрові моделі одягу перестають бути допоміжним інструментом і перетворюються на самостійний напрям розвитку сучасної модної індустрії [15].

Розвиток цифрової моди продовжується надзвичайно швидкими темпами, а її значення для сучасного дизайну постійно зростає. Поєднання творчих методів проектування з можливостями цифрових технологій формує нову модель функціонування індустрії, у якій віртуальні образи стають важливою складовою професійної діяльності дизайнерів. Саме тому дослідження особливостей створення цифрового одягу, його візуалізації та анімації є актуальним напрямом сучасних наукових і творчих пошуків [36].

1.1. Еволюція концепції розробки віртуальних моделей одягу

Перші спроби використовувати комп'ютер у роботі з одягом з'явилися ще в 1960–70-х роках, коли системи автоматизованого проектування CAD (рис. Б.1.) лише починали проникати у промисловість. Тоді про «моду» в цифровому розумінні не йшлося взагалі: мова йшла про суто технічні завдання, а саме побудову лекал, розрахунок розкрою, оптимізацію витрат тканини. Естетика тут була справою другорядною, якщо не сказати зайвою. Комп'ютер розглядався виключно як інструмент точності, а не творчості [7].

Поступово, у 1980-х, ситуація почала змінюватися. Розвиток графічних інтерфейсів і перших програм векторної графіки дозволив дизайнерам переносити свої ескізи з паперу на екран. Це був важливий крок, не революція, але зміна звички. Малювати на планшеті чи в програмі замість олівця на папері означало інший спосіб думання про форму та лінію. Проте зображення залишалися плоскими, статичними, двовимірними. Вони добре передавали ідею, але не могли відповісти на питання: а як це виглядатиме на тілі? Як тканина поведеться при русі? Ці питання ще довго залишалися відкритими [31].

Справжній перелом стався в 1990-х, коли тривимірне моделювання стало доступним не лише для аерокосмічної чи автомобільної промисловості, а й для значно ширшого кола фахівців. Програми на кшталт *3D Studio* та перші версії *Maya* відкрили можливість будувати об'ємні форми, обертати їх, дивитися з будь-якого ракурсу. Для дизайнерів одягу це означало принципово нову якість роботи: тепер можна було побачити силует у просторі, перевірити пропорції, оцінити загальний образ і все це до того, як буде зшито бодай один шматок тканини [7].

Втім, серйозною проблемою залишалася симуляція самої тканини. Зробити тривимірну сукню, яка б виглядала як справжня, завдання зовсім не тривіальне. Тканина – це матеріал із дуже складною фізичною поведінкою: вона драпірується, тягнеться, зминається, реагує на рух і гравітацію. Перші спроби відтворити це цифровими засобами давали доволі грубі результати одяг «на екрані» нагадував щось середнє між пластиком і картоном. Але саме в цьому напрямі зусилля

дослідників і розробників концентрувалися найбільше, і поступово алгоритми ставали дедалі точнішими [5].

На початку 2000-х на ринку з'явилися спеціалізовані програми для симуляції одягу – *Marvelous Designer*, *Optitex*, *CLO 3D*. Це вже були інструменти, створені саме для індустрії моди, а не адаптовані з інших галузей.

Вони дозволяли не просто малювати тривимірний одяг, а справді «шити» його у віртуальному середовищі: накладати деталі крою на манекен, задавати властивості тканини, спостерігати, як вона осідає та рухається (рис. Б.2.). Для фахівців це стало справжнім відкриттям, вперше цифровий прототип почав нагадувати реальний виріб не лише зовні, а й за своєю поведінкою [3].

Важливо розуміти, що еволюція інструментів відбувалася паралельно зі зміною самого розуміння того, для чого ці інструменти потрібні. На початку це була суто технічна допомога виробництву. Але поступово стало зрозуміло, що цифрова модель це не лише спосіб зекономити на зразках. Це повноцінний засіб комунікації між дизайнером і всіма, хто причетний до просування продукту від байерів до кінцевого споживача [18].

Саме тоді почало формуватися поняття «цифрової моди» у широкому сенсі не просто як технології виробництва, а як окремого культурного та комерційного явища. Дослідники фіксують, що десь у середині 2010-х відбувся своєрідний якісний стрибок: віртуальний одяг перестав бути інструментом і став продуктом сам по собі [17].

З'явилися бренди, які продавали виключно цифрові речі без жодного фізичного еквівалента. Покупець отримував зображення, на якому він «одягнений» у придбану річ, і це вважалось цілком повноцінною покупкою. Такий поворот видається дивним лише на перший погляд. Насправді він відображає більш глибоку трансформацію, зміну самого розуміння того, що таке одяг і навіщо він потрібен.

Якщо для значної частини споживачів одяг це передусім спосіб конструювати та транслювати ідентичність у соціальному просторі, то цифровий

одяг справляється з цим завданням не гірше за фізичний особливо в умовах, коли значна частина соціального життя перенеслася в онлайн [37].

З технологічного погляду принципово важливим етапом стало впровадження фотореалістичного рендерингу та технологій трасування променів. Якщо раніше навіть найретельніше змодельований одяг виглядав «комп'ютерним» надто рівним, надто чистим, без живої текстури, то сучасні рендер-рушії здатні відтворити найтонші деталі: блиск атласу, матовість льону, легкий люрекс у переплетенні ниток. Різниця між цифровою фотографією тканини та якісним рендером сьогодні нерідко непомітна навіть фахівцю [36].

Паралельно розвивалися технології захоплення руху та анімації *motion capture* і процедурна анімація. Це дозволило оживити віртуальні моделі: тепер вони не просто стоять на місці, а ходять підіумом, рухаються, обертаються. Одяг при цьому поводить ся так, як поведився б у реальності спідниця розкривається при повороті, шарф реагує на «вітер», пальто не злипається в монолітну масу при ходьбі. Все це відкрило можливості для принципово нового формату показів цифрових, де немає ні манекенниць, ні глядачів у залі, але є повноцінна художня подія (рис. Б.3.) [12].

Показово, що розвиток цифрової моди відбувався не лише завдяки технологічному прогресу, а й під впливом зовнішніх обставин. Пандемія 2020 року стала своєрідним каталізатором: коли фізичні покази стали неможливими, індустрія змушена була шукати альтернативи і знайшла їх саме у цифровому форматі (рис. Б.4.). Той рік різко прискорив те, що й так відбувалося, але повільніше [6]. Цікавим є також семіотичний вимір еволюції віртуальних моделей те, як змінювалася мова, якою вони «говорять».

Ранні цифрові моделі були функціональними, але беземоційними. Сучасні несуть у собі культурні коди, апелюють до конкретних образів і традицій, можуть бути свідомо побудовані навколо певного символічного змісту. Дослідники зазначають, що, наприклад, у роботах, де цифровий одяг проектується на основі китайської міфології, він стає не просто естетичним об'єктом, а складним культурним висловлюванням [43]. Це свідчить про те, що еволюція тут

відбувається не лише в технічній площині. Для глибшого розуміння еволюційного стрибка необхідно порівняти традиційну методику розробки із сучасною цифровою концепцією. Детальний опис порівняння показано в табл.1.1

Таблиця 1.1.

Порівняльна характеристика традиційного та цифрового підходів
до розробки моделей одягу

Параметр порівняння	Традиційний підхід (Аналоговий)	Цифровий підхід (Еволюційний)
Основа проектування	Фізичні лекала на папері	Інтерактивні цифрові 2D/3D лекала
Візуалізація форми	Виготовлення фізичних макетів	Симуляція на 3D-аватарі в реальному часі
Врахування властивостей	Емпіричне (на дотик)	Математичне (цифрові карти тканин)
Антропометрія	Стандартні манекени	Параметричні аватари (3D сканування)
Екологічний вплив	Високий (відходи, логістика)	Мінімальний
Термін розробки	Від кількох тижнів до місяців	Від кількох годин до днів

Окремо варто відзначити, як змінилося місце віртуальної моделі в загальному виробничому процесі. Якщо спочатку вона була фінальним етапом способом красиво подати вже готовий продукт, то сьогодні вона нерідко є відправною точкою. Дизайнер починає роботу з цифрового прототипу, відпрацьовує на ньому конструктивні рішення, тестує варіанти кольору та матеріалу і лише після цього приймає рішення про фізичне виробництво, причому іноді відмовляється від нього взагалі [15].

Такий підхід кардинально змінює логістику та економіку процесу. Зникають витрати на пробні зразки, скорочується час від ідеї до презентації, з'являється можливість тестувати значно більше варіантів без відповідного зростання витрат [12]. Але є й менш очевидні наслідки: змінюється сам характер творчого процесу він стає більш ітеративним, більш відкритим до експерименту, менш залежним від матеріальних обмежень. Сьогодні можна говорити про те, що еволюція концепції віртуальних моделей одягу фактично завершила перший великий цикл. Від технічного інструменту через допоміжний засіб до самостійного продукту та культурного явища такий шлях пройдено приблизно за п'ять десятиліть. Але це, очевидно, не кінець, а лише підстава для наступного етапу. Інтеграція штучного інтелекту, технологій доповненої та змішаної реальності, розвиток метавсесвіту все це вже зараз формує контури того, чим стане цифрова модель одягу в наступному десятилітті [36, 15].

Важливо також те, що цей розвиток відбувається не у вакуумі, а в тісному зв'язку зі змінами у споживчій культурі, екологічній свідомості та технологічній інфраструктурі суспільства загалом. Віртуальна модель одягу сьогодні це не просто технологічне досягнення. Це відповідь на цілий комплекс викликів, з якими стикається індустрія моди: надвиробництво, екологічна шкода, нерівний доступ до ресурсів, потреба в персоналізації та швидкості [18, 37].

Підсумовуючи, можна стверджувати, що шлях від перших комп'ютерних ескізів до сучасних фотореалістичних інтерактивних моделей це не просто технічна хроніка. Це історія про те, як змінювалося наше розуміння одягу, тіла, ідентичності та простору, в якому ми існуємо. І те, що ми спостерігаємо зараз, лише черговий, хоча й особливо захопливий розділ цієї історії [17, 31].

Водночас розвиток цифрових технологій продовжує відкривати нові можливості для проєктування, візуалізації та презентації одягу у віртуальному середовищі. Сучасні віртуальні моделі поступово стають невід'ємною складовою індустрії моди, поєднуючи творчі підходи дизайну з досягненнями комп'ютерних технологій.

1.2. Технологічний прорив: від статичних моделей до анімованих аватарів

Є такі моменти в розвитку технологій, які важко назвати просто «черговим кроком» – вони змінюють саму логіку того, як ми працюємо і думаємо. Перехід від статичних тривимірних моделей одягу до повноцінних анімованих аватарів був саме таким моментом для індустрії моди. Це не просто технічне вдосконалення це принципово інший спосіб існування одягу в цифровому просторі.

Щоб зрозуміти масштаб цього зрушення, варто згадати, з чим порівнювати. Рання тривимірна модель одягу це, по суті, красива статична картинка в просторі. Вона об'ємна, її можна обертати, розглядати з різних ракурсів але вона нерухома, «заморожена». Одяг на ній не реагує на тіло, не рухається, не живе. Для презентаційних цілей цього певною мірою вистачало, але для реального проектування чи переконливої демонстрації явно недостатньо [16].

Головним технологічним викликом на шляху до «живого» цифрового одягу була симуляція фізики тканин (рис. Б.5.). І виклик цей виявився надзвичайно складним – значно складнішим, ніж може здатися на перший погляд. Тканина це не жорстке тіло і не рідина, хоча поводить себе подекуди як те й інше водночас. Вона має власну жорсткість на вигин, пружність, коефіцієнт тертя, реагує на гравітацію і рух з дуже складною нелінійною динамікою. Відтворити все це в реальному часі завдання, яке ще двадцять років тому вимагало серйозних обчислювальних потужностей навіть у спрощеному варіанті [45].

Проте саме розв'язання цього завдання стало тією точкою, після якої цифровий одяг перестав бути муляжем і набув власного характеру. Коли алгоритми симуляції досягли достатнього рівня точності, стало можливим спостерігати, як шовкова сукня плавно обтікає фігуру при русі, як важке пальто тягне вниз і не злипається в монолітну масу, як легка шифонова тканина реагує на найменший «подих вітру» у віртуальному середовищі. Це було не просто естетичне досягнення це стало інструментом для прийняття реальних конструктивних рішень [16].

Паралельно із симуляцією тканин розвивався інший напрям побудова самих віртуальних манекенів (рис. Б.6.), на яких цей одяг існує. І тут теж виявилось чимало нетривіальних проблем. Справа не лише в тому, щоб зробити фігуру антропометрично правильною це якраз вирішувалося відносно просто. Значно складнішим було забезпечити правильну взаємодію одягу з тілом у різних позах та положеннях.

Дослідження показують, що створення віртуальних манекенів із різними позами для цілей 3D-проектування одягу вимагає врахування безлічі параметрів від точної геометрії суглобів до характеру деформації поверхні тіла при згинанні [45]. Навіть невелика неточність у цих розрахунках призводила до того, що одяг «провалювався» крізь тіло або, навпаки, дивно відстовбурчувався там, де мав щільно прилягати.

Вирішення цих проблем відкрило шлях до наступного етапу анімації. Коли є фізично коректна модель тіла і коректна симуляція тканини, наступний логічний крок змусити все це рухатися. І тут на допомогу прийшли технології захоплення руху, які до того активно розвивалися в ігровій індустрії та кіновиробництві. Суть методу запис реальних рухів людини за допомогою датчиків або оптичних маркерів із подальшим перенесенням цих рухів на цифровий персонаж. Результат анімація, яка виглядає природно, бо в основі її лежить реальна людська динаміка [11].

Для індустрії моди це відкрило можливості, про які раніше можна було лише мріяти. Цифровий манекен тепер міг іти підіумом і не просто «переставляти ноги», а рухатися з тією характерною підіумною ходою, яку задає режисер показу. Одяг при цьому поведився так, як він поведився б у реальності: спідниця розкривалася при кроці, пальто розгойдувалося в такт руху, шарф злегка відставав від тіла через інерцію. Все це разом створювало ефект переконливої присутності відчуття, що дивишся не на комп'ютерну графіку, а на реального манекенника [1].

Важливим кроком у цьому напрямі стала розробка спеціалізованих програмних середовищ, орієнтованих саме на потреби фешн-індустрії. *CLO 3D* мабуть, найвідоміший приклад поєднав у собі інструменти для побудови

викрійок, симуляції тканини та анімації в єдиному робочому просторі. Дослідники, які вивчали можливості розробки віртуальних моделей одягу в цьому середовищі, відзначають, що програма дозволяє відтворювати не лише зовнішній вигляд виробу, а й його конструктивні особливості те, як з'єднані деталі, де проходять шви, як розподіляється натяг тканини [13]. Це вже не просто візуалізація це повноцінний цифровий прототип.

Але справжній технологічний прорив відбувся тоді, коли статичні та анімовані моделі поступилися місцем інтерактивним аватарам цифровим образам, здатним реагувати на дії користувача в реальному часі. Різниця між анімованою моделлю та інтерактивним аватаром принципова: перша відтворює заздалегідь записану послідовність рухів, друга реагує на зовнішні впливи динамічно, «тут і зараз» (рис. Б.7.). Для моди це означало можливість примірки в реальному часі, можливість подивитися, як одяг виглядає саме на вашій фігурі, у вашій позі, з вашими рухами [24]. Також у табл. 1.2 можна переглянути порівняння функціональних характеристик статичних та анімованих моделей.

Таблиця 1.2.

Порівняння функціональних характеристик статичних та анімованих моделей

Характеристика	Статична модель	Анімований аватар
Мета використання	Базова візуалізація форми	Перевірка ергономіки та динаміки
Взаємодія з одягом	Тільки статичне драпірування	Розрахунок натягу тканини при рус
Візуалізація дефектів	Видно тільки явні похибки крою	Виявлення "заломів" при зміні пози
Маркетингова роль	Каталожна зйомка	Віртуальні покази, реклама, метавсесвіти
Технологічна база	Прості полігональні сітки	Скелетна анімація та А

Технологічною основою для цього стала інтеграція кількох раніше розрізнених напрямів: комп'ютерного зору, що дозволяє розпізнавати фігуру користувача з камери; алгоритмів швидкої симуляції тканини, здатних працювати в режимі реального часу; та систем накладання цифрового зображення на реальне так звана доповнена реальність, AR. Кожен із цих компонентів окремо розвивався роками, але їхнє поєднання дало якісно новий результат [1].

Окремої уваги заслуговує роль штучного інтелекту в цьому процесі. ШІ увійшов у розробку аватарів одразу з кількох боків. По-перше, він допомагає автоматизувати найбільш трудомісткі етапи наприклад, автоматичне підгонення одягу під конкретні параметри фігури, що раніше вимагало ручного налаштування. По-друге, нейромережі навчилися генерувати нові варіанти одягу на основі заданих параметрів стилю, матеріалу, силуету. По-третє, ШІ суттєво покращив якість симуляції, навчившись передбачати поведінку тканини швидше і точніше, ніж класичні фізичні алгоритми [11].

Цікаво також простежити, як змінювалося саме поняття «аватара» у контексті моди. Спочатку це був просто цифровий манекен нейтральна фігура-«вішалка» для демонстрації одягу. Але поступово аватар набував власної ідентичності: з'явилися цифрові моделі з іменами, особистостями, навіть «біографіями». Такі аватари стали повноцінними медіаперсонами, які ведуть акаунти в соціальних мережах, беруть участь у рекламних кампаніях і співпрацюють із реальними брендами [24]. Це вже не інструмент це окремий тип медіапродукту.

Для рекламної індустрії поява AI-аватарів відкрила принципово нові можливості (рис. Б.8.). Бренди отримали «моделей», які завжди доступні, не втомлюються, не вимагають гонорарів у зірковому розумінні, можуть бути миттєво адаптовані під будь-який образ і легко масштабовані на різні ринки. Більше того, цифровий аватар може одночасно «з'являтися» в десятках різних рекламних матеріалів, зберігаючи при цьому повну узгодженість образу [24]. З комерційного погляду це надзвичайно привабливо.

Проте паралельно з технологічним ентузіазмом з'явилися й запитання більш складного характеру. Коли аватар стає настільки переконливим, що його важко відрізнити від реальної людини, виникають питання про прозорість, про межі між реальним і цифровим, про те, які стандарти зовнішності транслюються через ці образи. Дослідники у сфері дизайнерської освіти зазначають, що впровадження ІІІ та цифрових аватарів у творчий процес вимагає не лише технічних навичок, а й розвитку критичного мислення та етичної відповідальності у майбутніх дизайнерів [11]. Технологія ставить питання відповідати на них доводиться людям.

Окремим напрямом розвитку стала інтеграція аватарів у середовища розширеної та змішаної реальності. Якщо доповнена реальність накладає цифровий одяг на реальне зображення користувача, то змішана реальність йде далі вона дозволяє цифровому аватару існувати в реальному просторі як повноцінному учаснику. Приміряння одягу в такому середовищі стає майже неможливо відрізнити від реального: аватар стоїть поруч із вами, повертається, демонструє, як одяг виглядає в русі [16].

Важливим аспектом є також те, що перехід від статичних моделей до анімованих аватарів змінив не лише технологію, а й саму логіку роботи дизайнера. Раніше дизайнер думав переважно у категоріях статичного образу як виріб виглядатиме на фотографії, на сторінці каталогу. Тепер він змушений думати в категоріях динаміки: як одяг поводить себе при русі, як він змінюється протягом дня, як реагує на різні умови. Це інший тип дизайнерського мислення і, мабуть, більш повний [13].

Показово, що цей перехід відбувся не лінійно і не рівномірно в різних сегментах індустрії. Великі бренди з відповідними бюджетами освоїли повноцінні інтерактивні аватари порівняно швидко. Менші компанії та незалежні дизайнери отримали доступ до цих технологій пізніше але отримали, що важливо. Демократизація інструментів відбулася багато в чому завдяки появі хмарних сервісів і підписних моделей, які зробили потужне програмне забезпечення доступним без значних початкових інвестицій [13].

Тобто, можна сказати, що технологічний прорив від статичних моделей до анімованих аватарів це не просто черговий етап у розвитку інструментів. Це зміна самої природи того, як існує одяг у цифровому просторі. Від нерухомого об'єкта до живого, динамічного образу, здатного взаємодіяти, реагувати, комунікувати. І цей перехід відкрив перед індустрією моди можливості, які ще десять років тому здавалися фантастикою, а сьогодні стають повсякденною практикою [45, 1, 11].

Завдяки цьому цифровий одяг виходить за межі традиційної візуалізації та перетворюється на повноцінний елемент мультимедійного середовища. Використання анімованих аватарів дозволяє більш реалістично демонструвати особливості конструкції виробів, поведінку матеріалів і взаємодію одягу з людиною. Отже, розвиток технологій анімації та цифрового моделювання формує нові стандарти представлення модного продукту та визначає перспективи подальшої цифровізації індустрії моди.

1.3. Стан та перспективи розробки віртуальних моделей у цифровій моді України

Коли говорять про цифрову моду, зазвичай одразу згадують Мілан, Париж, Нью-Йорк або технологічні хаби Кремнієвої долини. Україна в цьому контексті рідко опиняється в першому ряду і це, мабуть, одна з найбільших несправедливостей у сприйнятті вітчизняної індустрії. Бо насправді українські дизайнери, розробники та підприємці вже давно і досить активно працюють у сфері цифрової моди і результати цієї роботи заслуговують на серйозну увагу [20].

Щоб зрозуміти, де Україна знаходиться сьогодні, варто коротко окреслити загальний контекст. Цифрова мода як явище розвивається в нашій країні приблизно так само, як і в решті світу але з певним запізненням і в специфічних умовах. Це запізнення пов'язане не з браком таланту чи ідей, а з об'єктивними обставинами: обмеженим доступом до фінансування на ранніх етапах, меншою щільністю відповідної інфраструктури, а також із тим, що значна частина потенційних фахівців традиційно орієнтувалася на зарубіжні ринки [23].

Проте саме останні кілька років стали переломними. Українські фахівці у сфері 3D-моделювання одягу дедалі частіше заявляють про себе на міжнародному рівні і не лише як виконавці замовлень для іноземних брендів, а як самостійні творці та підприємці [23].

Показовою є, зокрема, історія тих, хто розпочинав із вивчення *CLO 3D* або *Marvelous Designer* майже самостійно, за відсутності будь-якої структурованої освіти в цій галузі і поступово виходив на рівень міжнародних колаборацій [41].

Освітній вимір тут надзвичайно важливий. Українські університети, активно включають цифрові технології в навчальні програми з дизайну одягу. Дослідження, що проводяться на базі цих закладів, охоплюють широкий спектр питань від конструювання віртуальних манекенів до аналізу актуальності візуалізації процесу проєктування одягу з використанням новітніх цифрових інструментів [14]. Це не просто академічні справи – це формування кадрового потенціалу, який визначатиме обличчя української цифрової моди в найближчі роки.

Дослідники фіксують, що сучасні інформаційні технології дизайну одягу в Україні розвиваються за кількома паралельними напрямками (рис. Б.9.). З одного боку це впровадження спеціалізованих програмних середовищ у виробничі процеси реальних підприємств. З іншого розвиток суто цифрових продуктів, які існують виключно у віртуальному просторі та не передбачають фізичного виробництва взагалі [16]. Обидва напрями мають свою логіку та свою аудиторію, і важливо не протиставляти їх, а розглядати як взаємодоповнюючі.

Якщо говорити про конкретні прояви цифрової моди в Україні, то варто відзначити кілька важливих тенденцій. По-перше, зростає кількість українських дизайнерів, які використовують 3D-моделювання не лише як допоміжний інструмент, а як основний робочий метод. Вони проєктують колекції у *CLO 3D*, створюють фотореалістичні рендери, знімають цифрові лукбуки — і все це без єдиного фізичного зразка на початковому етапі [13]. По-друге, з'являються перші українські проєкти, орієнтовані виключно на цифровий одяг як самостійний продукт [20].

Тема сталого розвитку тут теж відіграє важливу роль. Цифровізація виробництва в індустрії моди це не лише про технологічний прогрес, а й про відповідальне ставлення до ресурсів. Дослідники наголошують, що цифрова сталість та стала цифровізація у світі моди є взаємопов'язаними процесами, які разом формують нову парадигму виробництва та споживання [8]. Для України, де текстильна промисловість традиційно є важливою частиною економіки, це набуває особливого значення: перехід до цифрових методів роботи може стати не лише конкурентною перевагою, а й способом зменшити екологічне навантаження галузі.

Також варто поговорити про технологічну базу. Розробка віртуальних моделей одягу вимагає не лише програмного забезпечення, а й відповідної апаратної інфраструктури, компетентних фахівців та налагоджених робочих процесів. В Україні ця база формується і формується досить активно. Молоді фахівці опановують *CLO 3D*, *Marvelous Designer*, *ZBrush* та інші інструменти, нерідко виходячи за межі формальної освіти і навчаючись самостійно через онлайн-курси та спільноти [41, 35]. Це говорить про реальний запит на такі компетенції та готовність людей інвестувати власний час і зусилля в їх розвиток.

Цікаво, що розвиток цифрової моди в Україні відбувається на тлі значно ширших трансформацій у суспільстві цифровізації державних послуг, розвитку ІТ-індустрії, зміни культури споживання. Дослідники зазначають, що симулятори, штучний інтелект та аватари поступово змінюють не лише ринок, а й глибші соціальні структури способи самовираження, ідентичності, комунікації [4]. Цифрова мода є частиною цього більшого процесу, і розуміти її поза цим контекстом значить бачити лише частину картини.

Помітним є також зростання інтересу до VR-технологій у дизайні та мистецтві. Українські дослідники та практики активно вивчають можливості віртуальної реальності як середовища для демонстрації одягу та проведення цифрових показів [22]. Це відкриває нові формати взаємодії з аудиторією занурення у віртуальний простір показу, де глядач не просто спостерігає, а присутній, і українські творці вже експериментують із цими форматами.

Варто зупинитися на питанні правового регулювання, яке стає дедалі актуальнішим у міру того, як цифрова мода набирає обертів. Авторське право на цифрові вироби, захист інтелектуальної власності у віртуальному просторі, регулювання діяльності медіа та цифрових платформ усе це питання, які стосуються і сфери цифрової моди безпосередньо. Закон України «Про авторське право і суміжні права» [9] та Закон «Про медіа» [10] формують правову рамку, в якій функціонують українські гравці цифрового ринку. Водночас розвиток технологій нерідко випереджає законодавство, і це створює певну правову невизначеність, яку індустрії доводиться враховувати у своїй діяльності.

Міжнародний вимір присутній у розвитку українського сегменту цифрової моди дуже відчутно. Українські фахівці активно орієнтуються на міжнародні стандарти та практики – зокрема, на регуляторні рамки Євросоюзу, включно з Директивою про аудіовізуальні медіапослуги [26] та Регламентом про цифрові послуги [32]. Це не просто формальна відповідність вимогам – це свідомий вибір тих, хто орієнтується на європейський ринок і розуміє, що дотримання цих стандартів є необхідною умовою для повноцінної участі в ньому.

Економічний аспект розвитку цифрової моди в Україні також заслуговує на увагу. Дослідники ставлять цілком конкретне питання: як 3D-проектування змінює економіку виробництва одягу? Відповідь виявляється досить однозначною, цифрові технології суттєво зменшують вартість помилки на етапі моделювання [19]. Замість того щоб шити фізичний зразок, виявляти проблеми, переробляти і шити знову, дизайнер може відпрацювати десятки варіантів у цифровому середовищі за значно менший час і кошт. Для невеликих українських брендів, які працюють з обмеженими ресурсами, це може бути справжньою конкурентною перевагою.

Не менш важливим є й соціокультурний вимір. Дослідники наголошують, що цифрова мода як явище несе в собі значний культурний зміст – вона відображає зміну цінностей, трансформацію уявлень про тіло та ідентичність, нові форми творчого самовираження [21]. Для України, яка переживає складний процес культурного самовизначення, цифрова мода стає ще й майданчиком для

артикуляції власної ідентичності як у внутрішньому, так і в міжнародному просторі. Українські дизайнери, що працюють у цифровому форматі, мають можливість транслювати українські культурні коди значно ширшій аудиторії, ніж це дозволяє традиційний формат [20].

Перспективи розвитку виглядають досить оптимістично попри всі складнощі. Аналіз сучасних тенденцій показує, що попит на фахівців із цифрового моделювання одягу зростає, а самі технології стають дедалі доступнішими [12]. Поява хмарних сервісів і підписних моделей для професійного програмного забезпечення знизилася фінансовий поріг входу в галузь тепер для початку роботи не потрібні значні інвестиції в обладнання чи ліцензії. Дослідження актуальності візуалізації процесу проєктування підтверджують, що попит на ці компетенції з боку індустрії є реальним і зростаючим [14].

Роль штучного інтелекту в майбутньому українського цифрового дизайну також важко переоцінити. ШІ вже зараз допомагає автоматизувати рутинні етапи роботи, генерувати варіанти, прискорювати рендеринг. Для студентів-дизайнерів, які формують свої компетенції сьогодні, вміння працювати з ШІ-інструментами стає такою ж базовою навичкою, як і знання традиційних технік конструювання [11]. Це вимагає відповідної реакції від освітніх програм і українські університети поступово цю реакцію забезпечують.

Україна в контексті цифрової моди це не периферія, а повноцінний учасник глобального процесу, зі своїми сильними сторонами, своїми специфічними умовами та своїм потенціалом. Талановиті фахівці, зростаючий освітній потенціал, активна інтеграція в міжнародні мережі та усвідомлення стратегічної важливості цифровізації – все це створює підґрунтя для того, щоб українська цифрова мода зайняла гідне місце на світовій карті галузі [23, 20]. Питання не в тому, чи відбудеться цей розвиток, а в тому, наскільки послідовно і системно він підтримуватиметься з боку освіти, бізнесу та держави одночасно [8, 21].

Отже, цифровізація модної індустрії відкриває нові можливості для розвитку українського дизайну та його інтеграції у світовий цифровий простір. Ефективне використання інноваційних технологій здатне забезпечити створення

конкурентоспроможних продуктів, що відповідають сучасним тенденціям розвитку креативних індустрій. Саме тому подальші дослідження та практичне впровадження цифрових рішень у сфері моди залишаються важливим напрямом професійної діяльності дизайнерів майбутнього.

Висновки до першого розділу

Результати досліджень в першому розділі дозволили побачити, що шлях від перших CAD-систем до сучасних інтерактивних аватарів – це не просто технічна хроніка. Кожен етап цієї еволюції змінював не лише інструменти, а й саме розуміння того, чим є одяг у цифровому просторі і як він взаємодіє з людиною.

Ключовим висновком є те, що віртуальна модель поступово перетворилася з допоміжного засобу виробництва на самостійний продукт із власною культурною та комерційною цінністю. Симуляція тканин, анімація, інтерактивні аватари кожна з цих технологій додавала новий вимір, і разом вони змінили саму логіку проектування та презентації одягу.

Важливо також те, що цифровізація моди виявилася відповіддю не лише на технологічний прогрес, а й на реальні виклики галузі надвиробництво, екологічну шкоду, потребу в персоналізації та швидкості. У цьому сенсі розвиток віртуальних моделей має не лише практичне, а й стратегічне значення для майбутнього індустрії.

Щодо України, аналіз показав, що попри певне запізнення відносно світових лідерів, вітчизняні фахівці вже активно працюють у цій сфері та поступово виходять на міжнародний рівень. Наявний потенціал є реальним, і його реалізація залежить від послідовності зусиль з боку освіти, бізнесу та держави одночасно.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЄКТУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ

Створення віртуальної моделі одягу це процес, який на перший погляд може здатися суто технічним. Але насправді за кожним якісним цифровим виробом стоїть ціла система рішень: вибір інструментів, розуміння властивостей матеріалів, знання того, як поводить ся тканина в русі і як це відтворити засобами програмного забезпечення.

Сучасний процес проєктування віртуального одягу це не робота в одній програмі. Це екосистема інструментів, кожен із яких відповідає за свій етап: одні за побудову конструкції та викрійок, інші за симуляцію поведінки тканини, треті за налаштування матеріалів і освітлення, четверті за фінальний рендер або анімацію [13]. Розуміти, як ці інструменти поєднуються в єдиний робочий процес, не менш важливо, ніж знати кожен із них окремо.

Центральне місце серед спеціалізованих програм займає *CLO 3D* середовище, яке фактично стало галузевим стандартом для цифрового моделювання одягу. Його особливість у тому, що воно поєднує логіку реального кравецького процесу роботу з викрійками, з'єднання деталей, задання властивостей тканини і можливості тривимірної візуалізації та симуляції. [13] Саме завдяки цьому поєднанню програма стала зрозумілою для дизайнерів із традиційною освітою і водночас достатньо потужною для вирішення складних технічних завдань.

Симуляція фізики тканин це найскладніший і водночас найважливіший технологічний аспект усього процесу. Відтворити те, як поводить ся реальна тканина як вона драпірується, реагує на рух, взаємодіє з тілом математично надзвичайно важко. Тут задіяні складні алгоритми, які враховують жорсткість матеріалу на вигин, його пружність, коефіцієнт тертя, масу – і все це в динаміці [45]. Якість цієї симуляції багато в чому визначає, наскільки переконливим виглядатиме готовий цифровий виріб.

Не менш важливим є робота з матеріалами та текстурами. Навіть ідеально змодельована форма виглядатиме непереконливо, якщо матеріал на ній не відповідає реальному – не має правильного блиску, фактури, реакції на світло [27, 28]. Саме тому налаштування цифрових карт тканин, робота з *PBR*-матеріалами та освітленням стали окремою і дуже важливою компетенцією в арсеналі сучасного цифрового дизайнера.

2.1. Порівняльний аналіз 2D- та 3D технологій у створенні віртуальних моделей одягу

Питання про те, яка технологія краща – двовимірна чи тривимірна у середовищі дизайнерів одягу виникає досить часто. І щоразу відповідь виявляється не такою однозначною, як хотілося б. Бо насправді це не питання переваги одного над іншим – це питання розуміння того, для чого кожен із підходів підходить найкраще і як вони можуть доповнювати один одного в рамках єдиного творчого процесу [46].

Щоб розібратися в цьому, варто спочатку чітко визначити, що саме мається на увазі під кожним із підходів. Двовимірна графіка – це робота в площині: ескізи, технічні малюнки, ілюстрації, плоскі розгортки викрійок. Інструменти тут можуть бути найрізноманітнішими від традиційного олівця на папері до *Adobe Illustrator* чи *Photoshop*. Тривимірна графіка – це вже робота в просторі: побудова об'ємних форм, симуляція поведінки тканини, можливість розглядати виріб із будь-якого ракурсу і спостерігати, як він поводить себе в динаміці [46, 47].

Здавалося б, все зрозуміло: *3D* це наступний рівень, *2D* вчорашній день. Але на практиці все значно цікавіше. Двовимірний підхід має цілий ряд переваг, які зберігають свою актуальність навіть сьогодні, в епоху розвинутого тривимірного моделювання. І ігнорувати їх було б помилкою [2].

Головна перевага *2D* це швидкість. Досвідчений дизайнер може за кілька хвилин накинути ескіз, що передає загальну ідею образу, настроїв, силует. Це особливо важливо на початковому етапі роботи коли ідей багато, і потрібно швидко зафіксувати кожну з них, не витрачаючи час на технічне відтворення

деталей. Двовимірна ілюстрація тут незамінна вона дозволяє думати швидко, не гальмуючи творчий процес зайвою технічністю [48].

Другою суттєвою перевагою 2D є стилізація. Фешн-ілюстрація як жанр існує вже більше ста років і весь цей час вона залишається мистецтвом, що живе за власними законами, далеко не завжди прагнучи до фотографічної точності. Видовжені пропорції, умовні силуети, акцент на деталях все це інструменти художньої мови, якою двовимірна ілюстрація говорить значно вільніше, ніж тривимірна модель. Для певних форматів презентації – каталогів, редакційних матеріалів, соціальних мереж такий підхід може бути не просто прийнятним, а принципово правильним [2, 48].

Нарешті, двовимірна графіка залишається основним інструментом для роботи з викрійками та технічною документацією. Плоска розгортка деталей крою, технічний малюнок із точними розмірами, специфікація все це існує у двовимірному просторі і потребує відповідних інструментів. Жодна тривимірна програма повністю не замінює цей функціонал, хоча сучасні рішення на кшталт *CLO 3D* намагаються поєднати обидва підходи в рамках єдиного середовища [13].

Тепер про тривимірний підхід і те, що він дає такого, чого принципово не може дати двовимірний. Перше і найочевидніше об'ємність. Одяг існує в просторі, на тілі, і його сприйняття принципово залежить від того, як він виглядає не на площині, а в реальному вимірі. Силует, який чудово виглядає на плоскому ескізі, може зовсім інакше сприйматися на об'ємній фігурі і навпаки. Тривимірна модель дозволяє побачити виріб таким, яким він буде насправді, ще до того, як буде зшити перший зразок [50].

Друге симуляція. Це, мабуть, найважливіша перевага 3D у контексті роботи з одягом. Тканина матеріал із дуже складною фізичною поведінкою, і відтворити цю поведінку у двовимірному просторі просто неможливо. Як лягає тканина на плечі, як вона драпірується на талії, як реагує на рух – усі ці питання може відповісти лише тривимірна симуляція [45]. І саме ця можливість перетворила 3D-моделювання з цікавого доповнення на необхідний інструмент серйозного дизайну одягу.

Третє – інтерактивність. Тривимірна модель існує в просторі, і з нею можна взаємодіяти: обертати, наближати, розглядати деталі, змінювати колір чи матеріал у реальному часі. Для презентації колекції байерам, клієнтам, журналістам, це принципово інший рівень комунікації порівняно зі статичними зображеннями [16]. Людина бачить виріб з усіх боків, може самостійно досліджувати його – і це створює зовсім інший рівень залученості та довіри.

Четверте – реалізм. Сучасні рендер-руші здатні відтворювати зображення, практично неможливі для відрізнєння від фотографії. Блиск атласу, матовість кашеміру, прозорість органзи все це відтворюється з точністю, яка ще десять років тому здавалася недосяжною [50]. Для комерційних цілей каталогів, інтернет-магазинів, рекламних матеріалів це означає можливість повністю відмовитися від фотозйомки на початкових етапах роботи з колекцією.

Порівнюючи два підходи в контексті анімації, різниця стає ще більш відчутною. Двовимірна анімація – це окремий і досить трудомісткий вид мистецтва, який вимагає специфічних навичок і значних часових витрат [2]. Анімувати рух тканини у *2D* завдання, яке виконується вручну, кадр за кадром, і навіть при великих зусиллях результат залишається умовним. Тривимірна симуляція, навпаки, робить це автоматично задаєш рух манекена, і програма сама розраховує, як поводитиметься одяг [47]. Для мультимедійної демонстрації одягу це принципово важлива перевага.

Разом із тим було б неправильно представляти ситуацію так, ніби *3D* повністю витіснив *2D* із сучасного робочого процесу дизайнера. Насправді найефективнішою є саме їхня комбінація і це не компроміс, а свідомий методологічний вибір [46]. Більшість сучасних дизайнерів починають роботу з двовимірного ескізу швидкого, вільного, без зайвої деталізації. Потім переносять ідею в тривимірне середовище, де відпрацьовують конструктивні рішення, перевіряють посадку, тестують варіанти матеріалів. І лише після цього повертаються до двовимірного простору для підготовки технічної документації або фінальної обробки зображень [13].

Важливо також розуміти, що вибір між *2D* та *3D* не завжди визначається лише технологічними міркуваннями. Тут грає роль і формат кінцевого продукту, і аудиторія, і бюджет, і наявні компетенції. Для невеликого бренду, що готує публікації для соціальних мереж, двовимірна ілюстрація може бути цілком достатньою і значно дешевшою у виробництві [48]. Для великого виробника, що прагне мінімізувати кількість фізичних зразків, тривимірне моделювання є беззаперечним вибором [3].

Дослідники, які займаються питаннями актуальності візуалізації процесу проектування одягу, підкреслюють, що обидві технології мають своє місце в сучасній індустрії і що їхнє протиставлення є хибним підходом [14]. Значно продуктивніше думати про них як про різні інструменти для різних завдань, кожен із яких дає максимальний результат там, де використовується відповідно до своєї природи.

Окремо варто згадати про відмінності між підходами в контексті навчання. Освоїти базові інструменти двовимірної графіки для дизайнера, як правило, значно простіше вони ближчі до традиційних художніх практик, більш інтуїтивні, не вимагають розуміння складних технічних концепцій. [46] Тривимірне моделювання, навпаки, передбачає освоєння зовсім іншого способу мислення просторового, технічного, орієнтованого на розуміння фізичних властивостей матеріалів. Це не складніше це просто інше, і потребує відповідного часу на адаптацію [34, 35].

Показово, що сучасні спеціалізовані програми для цифрового моделювання одягу зокрема *CLO 3D* свідомо будуються таким чином, щоб скоротити цей розрив. Інтерфейс програми організований так, що робота з викрійками у двовимірному вікні та робота з тривимірною моделлю відбуваються паралельно, у єдиному просторі [33,34]. Дизайнер малює деталь крою в *2D* і одразу бачить, як вона виглядає на манекені в *3D*. Це не просто зручність це принципово інший підхід до організації творчого процесу, що дозволяє поєднати переваги обох світів.

Технологічний розвиток у цій сфері не стоїть на місці. Штучний інтелект поступово входить і в двовимірні, і в тривимірні інструменти – автоматизуючи рутинні операції, пропонуючи варіанти, прискорюючи рендеринг [11]. В перспективі межа між 2D та 3D підходами може стати ще більш умовною коли інструменти самі адаптуватимуться до потреб конкретного завдання, перемикаючись між режимами роботи непомітно для користувача.



Рис. 2.1.1. Порівняння 2D та 3D

Двовимірна і тривимірна технології у дизайні – це не конкуренти, а партнери. Кожна з них має свою сильну сторону і свою область застосування. Двовимірна дає швидкість, свободу, стилізацію і точність технічної документації, тривимірна дає реалізм, симуляцію, інтерактивність і можливість повноцінної мультимедійної демонстрації [47, 33]. Найефективніший сучасний дизайнер – той, хто вільно орієнтується в обох підходах і вміє вибирати між ними відповідно до конкретного завдання, а не той, хто принципово обмежується лише одним із них [14, 16].

Отже, сучасний процес проєктування одягу базується не на виборі між 2D і 3D, а на їхньому раціональному поєднанні. Комплексне використання цих технологій дозволяє досягати високої якості дизайнерських рішень та адаптувати робочий процес до вимог цифрової модної індустрії. Це підтверджує важливість володіння обома підходами для підготовки конкурентоспроможного фахівця у сфері дизайну.

2.2. Інструментарій та програмне забезпечення для створення анімованого цифрового одягу

Сучасна індустрія цифрової моди спирається на розвинену технологічну базу, без якої втілення творчих ідей у віртуальному просторі було б неможливим. Якщо ще десять років тому створення реалістичного цифрового одягу потребувало дорогого обладнання, потужних обчислювальних ресурсів та залучення великої кількості спеціалістів, то сьогодні розвиток програмного забезпечення зробив такі технології значно доступнішими для дизайнерів, студентів та творчих команд. Активний розвиток цифрових інструментів сприяв формуванню нового напрямку в індустрії моди, де процес створення виробу все частіше починається не з фізичного макета, а з його цифрового аналога [16].

Цифровий одяг у сучасному розумінні є складним мультимедійним об'єктом, який поєднує елементи дизайну, комп'ютерної графіки, фізичного моделювання та анімації. На відміну від звичайних тривимірних моделей, що використовуються в архітектурній чи предметній візуалізації, цифровий одяг повинен реагувати на зовнішні впливи, відтворювати особливості поведінки тканини та демонструвати реалістичний рух під час взаємодії з тілом людини. Саме тому створення таких моделей потребує використання спеціалізованих програмних засобів, які враховують специфіку конструювання одягу та особливості текстильних матеріалів [14].

Розвиток цифрових технологій значно змінив підхід до роботи дизайнерів одягу. Традиційний процес проєктування передбачав створення великої кількості паперових лекал, виготовлення пробних зразків, багаторазове коригування конструкції та пошук оптимального рішення шляхом фізичних експериментів. Використання цифрових технологій дозволяє перенести значну частину цих операцій у віртуальне середовище. Завдяки цьому дизайнер отримує можливість швидко тестувати різні варіанти конструкції, змінювати пропорції виробу, аналізувати посадку на фігурі та оцінювати зовнішній вигляд моделі без додаткових матеріальних витрат [19].

Особливого значення цифрові технології набули у контексті концепції сталого розвитку. Сучасна індустрія моди вважається однією з найбільш ресурсомістких галузей економіки, оскільки процес виробництва одягу супроводжується значними витратами тканин, води та енергії. Створення цифрових прототипів дозволяє значно скоротити кількість фізичних зразків, які необхідно виготовляти на етапі розробки колекції. У результаті зменшуються виробничі відходи, скорочуються витрати на транспортування та знижується негативний вплив на навколишнє середовище [3; 8; 42].

Сучасне програмне забезпечення для цифрової моди базується на поєднанні декількох технологічних компонентів. Одним із них є система побудови лекал, яка дозволяє створювати конструкцію виробу у двовимірному просторі. Незважаючи на стрімкий розвиток тривимірних технологій, принципи конструювання одягу залишаються незмінними. Як і в традиційному виробництві, дизайнер створює окремі деталі майбутнього виробу, визначає форму контурів, положення швів та конструктивних ліній. Після цього відбувається їх поєднання у тривимірному просторі та створення повноцінної цифрової моделі [13].

Важливу роль у цифровому моделюванні відіграє використання віртуальних аватарів. Саме вони дозволяють оцінити відповідність виробу антропометричним параметрам людини та перевірити якість посадки моделі. Сучасні системи підтримують широкий спектр налаштувань, що дає можливість змінювати зріст, обхвати, пропорції тіла та інші характеристики. Такий підхід забезпечує більш точне проєктування виробів та дозволяє враховувати індивідуальні особливості фігури ще на етапі цифрового моделювання [45].

Однією з ключових переваг сучасних програм є можливість фізичної симуляції тканини. Після створення конструкції система виконує математичний розрахунок поведінки матеріалу під впливом сили тяжіння, інерції та руху аватара. Для кожного матеріалу можуть задаватися окремі параметри, що визначають його зовнішній вигляд та поведінку. Завдяки цьому цифровий шовк поводить інакше, ніж цифровий денім або трикотаж. Така деталізація дозволяє

досягати високого рівня достовірності та створювати віртуальні образи, які максимально наближені до реальних виробів [27].

Не менш важливим елементом є текстурування поверхні цифрового виробу. Реалістичність цифрового одягу залежить не лише від правильної конструкції, а й від якості візуального оформлення. Для цього використовуються високодеталізовані текстури тканин, які відтворюють фактуру матеріалу, переплетення волокон, блиск поверхні та інші особливості. Сучасні технології дозволяють застосовувати фотографічні зразки реальних матеріалів, що забезпечує максимальну відповідність між цифровою та фізичною тканиною [28; 30].

Особливу роль у цифровій моді відіграє освітлення. Саме взаємодія світла з матеріалом формує візуальне сприйняття виробу. Налаштування джерел освітлення дозволяє підкреслити фактуру тканини, виявити особливості драпірування та акцентувати увагу на окремих елементах конструкції. У процесі візуалізації дизайнери використовують різні сценарії освітлення, що дозволяє створювати як реалістичні студійні сцени, так і художні композиції з вираженим емоційним характером [29].

Суттєвим етапом роботи є анімація цифрового одягу. Якщо статичне зображення дозволяє оцінити лише форму виробу, то анімація демонструє його поведінку у русі. Саме під час руху стають помітними особливості матеріалу, характер складок та пластика силуету. З цієї причини анімація сьогодні є одним із найважливіших інструментів презентації цифрового одягу. Віртуальні покази дедалі частіше використовуються брендами як альтернатива традиційним подіумним заходам, дозволяючи демонструвати колекції міжнародній аудиторії без організації масштабних офлайн-подій [18; 21].

Створення анімації передбачає використання цифрового персонажа, який виконує певні рухи або демонструє виріб під час подіумної ходи. Рух аватара супроводжується фізичною взаємодією тканини з тілом, що дозволяє оцінити поведінку виробу в динаміці. Завдяки цьому глядач отримує значно більше

інформації про форму та конструктивні особливості моделі, ніж під час перегляду окремих статичних зображень [41].

В останні роки цифрова мода активно інтегрується з технологіями віртуальної та доповненої реальності. Такі рішення дозволяють користувачам взаємодіяти з цифровими виробами у режимі реального часу, приміряти віртуальний одяг або брати участь у цифрових показах. Подібні технології поступово стають невід'ємною частиною сучасного мультимедійного середовища та відкривають нові можливості для комунікації між дизайнером і споживачем [22].

Окремої уваги заслуговує використання штучного інтелекту в процесі створення цифрового одягу. Сучасні алгоритми здатні аналізувати великі масиви даних, прогнозувати тенденції моди, генерувати варіанти дизайну та допомагати у створенні концептуальних рішень. Штучний інтелект поступово стає допоміжним інструментом дизайнера, який дозволяє оптимізувати робочий процес та скоротити час виконання рутинних операцій [11; 24].

Таким чином, сучасний інструментарій цифрової моди являє собою складну екосистему програмних і технологічних рішень, що забезпечують повний цикл створення віртуального одягу – від початкової концепції до фінальної анімованої презентації. Поєднання тривимірного моделювання, фізичної симуляції, анімації та мультимедійної візуалізації формує нові можливості для розвитку дизайну та відкриває перспективи подальшої цифровізації модної індустрії.

2.3. Роль штучного інтелекту та плагінів у симуляції динаміки тканин

Питання застосування штучного інтелекту в процесі створення цифрового одягу ще декілька років тому розглядалося переважно як перспективний напрям розвитку технологій. Більшість операцій, пов'язаних із проєктуванням цифрових виробів, виконувалися вручну та вимагали значних часових витрат з боку дизайнера. Проте стрімкий розвиток алгоритмів машинного навчання та нейронних мереж суттєво змінив ситуацію. Сьогодні технології штучного інтелекту активно інтегруються у сферу цифрової моди та використовуються на

різних етапах створення віртуального одягу – від генерації концептуальних ідей до фінальної візуалізації та анімації готового виробу [8].

Розвиток цифрової моди безпосередньо пов'язаний зі зростанням складності цифрових проєктів. Сучасні віртуальні образи повинні не лише мати привабливий зовнішній вигляд, а й демонструвати реалістичну поведінку матеріалів, взаємодіяти з цифровим середовищем та забезпечувати високий рівень візуальної достовірності. Саме тому використання штучного інтелекту поступово стає невід'ємною частиною сучасного процесу цифрового проєктування. Його основною перевагою є здатність автоматизувати значну частину рутинних операцій, залишаючи дизайнеру більше часу для творчого пошуку та розробки художньої концепції виробу [11].

Одним із перших напрямів використання штучного інтелекту у сфері цифрової моди стала генерація візуальних концепцій. На ранніх етапах проєктування дизайнер традиційно створює серію ескізів та референсів, що допомагають визначити загальний напрям майбутнього виробу. Сучасні генеративні системи на основі штучного інтелекту дозволяють значно прискорити цей процес. На основі текстового опису або набору ключових слів алгоритм здатний створити десятки варіантів концептуальних зображень, які можуть використовуватися як джерело натхнення для подальшої роботи. Подібні інструменти не замінюють творчість дизайнера, проте допомагають швидше знаходити цікаві композиційні та стилістичні рішення [11; 24].

Особливого значення штучний інтелект набуває під час створення цифрових текстур. У традиційному підході для отримання реалістичної поверхні тканини необхідно було або фотографувати матеріал із подальшою обробкою зображення, або створювати текстури вручну у графічних редакторах. Такий процес вимагав значних витрат часу та високого рівня професійної підготовки. Сучасні нейронні мережі дозволяють автоматично генерувати текстури на основі опису матеріалу або прикладу зображення. Алгоритми здатні відтворювати структуру переплетення волокон, особливості блиску, складність поверхні та інші

характеристики тканини, необхідні для реалістичної візуалізації цифрового виробу [16].

Важливою перевагою таких систем є можливість швидкого створення великої кількості варіантів одного й того самого матеріалу. Наприклад, дизайнер може за декілька хвилин отримати серію текстур шовку з різним рівнем блиску, ступенем прозорості або кольоровими відтінками. Подібна гнучкість суттєво прискорює процес художнього пошуку та дозволяє експериментувати з різними варіантами оформлення виробу без необхідності створення кожного матеріалу вручну [28].

Окремий напрям використання штучного інтелекту пов'язаний із симуляцією поведінки тканини. Реальний текстиль є надзвичайно складною фізичною системою, характеристики якої залежать від великої кількості параметрів. На поведінку тканини впливають її маса, товщина, жорсткість, коефіцієнт тертя, пружність, щільність переплетення волокон та багато інших факторів. Класичні фізичні рушії виконують складні математичні обчислення для кожного кадру анімації, що потребує значних обчислювальних ресурсів [14].

Нейронні мережі пропонують альтернативний підхід до розв'язання цієї проблеми. Замість багаторазового виконання складних фізичних розрахунків алгоритм навчається на великій кількості попередньо змодельованих ситуацій та формує узагальнену модель поведінки матеріалу. Завдяки цьому система здатна прогнозувати реакцію тканини практично миттєво, що значно скорочує час прорахунку анімації [31]. Особливо важливим це є під час створення віртуальних показів, де необхідно забезпечити плавний рух великої кількості складок та драпірувань у режимі реального часу.

Ще однією сферою застосування штучного інтелекту є оптимізація процесу конструювання одягу. Сучасні алгоритми здатні аналізувати форму лекал, оцінювати пропорції виробу та виявляти потенційні конструктивні помилки ще до початку симуляції. Такий підхід дозволяє скоротити кількість тестових ітерацій та прискорити процес створення цифрової моделі. У деяких випадках система може

автоматично запропонувати коригування форми окремих деталей або рекомендувати зміни для покращення посадки виробу на фігурі [44].

Значні перспективи відкриває використання штучного інтелекту під час створення анімації цифрових персонажів. Традиційно анімація людини вимагала складної роботи з ригінгом, налаштуванням скелета та ручним створенням рухів. Сучасні алгоритми дозволяють автоматично генерувати природну ходу, змінювати поставу персонажа та створювати реалістичну міміку. Це особливо актуально для сфери цифрової моди, де основним завданням є демонстрація одягу під час руху моделі [41].

Останніми роками активно розвивається напрям створення 3D-аватарів. Такі цифрові персонажі можуть генеруватися автоматично на основі текстового опису або набору візуальних параметрів. Дизайнер отримує можливість створити унікальну модель без проведення фотосесій або залучення професійних моделей. Після створення аватар може використовуватися для демонстрації цифрового одягу, участі у віртуальних показах або рекламних кампаніях [4; 24].

Важливою складовою сучасного виробничого процесу є використання інструментів штучного інтелекту для оптимізації рендерингу. Фінальна візуалізація цифрових сцен часто потребує значних обчислювальних ресурсів через складність освітлення, відображень та напівпрозорих матеріалів. Алгоритми 3D дозволяють усувати цифровий шум на зображеннях та отримувати якісний результат навіть при меншій кількості прорахованих кадрів. Це суттєво скорочує час створення анімацій та підвищує ефективність роботи дизайнера [29].

Разом із численними перевагами використання штучного інтелекту має певні обмеження. Незважаючи на високу швидкість роботи, сучасні алгоритми ще не здатні повністю замінити фізичне моделювання тканини у складних сценах. У випадках, де необхідна максимальна точність відтворення взаємодії матеріалу з тілом або навколишнім середовищем, класичні фізичні симуляції все ще демонструють кращі результати [6]. Крім того, штучний інтелект не може повністю замінити творчий підхід дизайнера, оскільки художня концепція,

композиційне мислення та емоційна складова проекту залишаються результатом людської творчості.

Сучасні тенденції свідчать про подальше поглиблення інтеграції штучного інтелекту у сферу цифрової моди. Очікується, що найближчими роками алгоритми машинного навчання братимуть участь у більшості етапів створення цифрового одягу: від формування концепції до автоматичного створення анімованих презентацій. Це дозволить суттєво скоротити виробничий цикл, підвищити якість цифрових моделей та зробити технології цифрової моди ще доступнішими для широкого кола користувачів [8; 15].

Таким чином, штучний інтелект поступово перетворюється на один із ключових інструментів сучасної цифрової моди. Його використання сприяє автоматизації рутинних процесів, прискорює створення текстур, анімацій та візуалізацій, а також відкриває нові можливості для реалізації творчих задумів у цифровому середовищі. При цьому найбільш ефективною залишається модель співпраці людини та штучного інтелекту, у якій технологія виступає інструментом підтримки творчого процесу, а ключові художні рішення залишаються за дизайнером.

Висновок до другого розділу

У другому розділі було розглянуто технологічні аспекти проектування віртуальних моделей одягу від вибору інструментів до застосування штучного інтелекту в моделюванні динаміки тканини.

Порівняльний аналіз 2D- та 3D-технологій показав, що жоден із підходів не є універсальним і кожен має свою сферу застосування. Двовірна графіка забезпечує швидкість на етапі ескізування та точність при роботі з технічною документацією, тоді як тривимірне моделювання відкриває можливості для реалістичного моделювання тканини, аналізу посадки виробу та повноцінної мультимедійної демонстрації. Найбільш ефективним є поєднання обох підходів у рамках єдиного робочого процесу.

Центральне місце серед програмних рішень займає *CLO 3D* – платформа, яка фактично стала галузевим стандартом цифрового моделювання одягу. Її особливість полягає в поєднанні логіки традиційного кравецького процесу з можливостями тривимірної візуалізації та фізичної симуляції, що робить її зрозумілою для дизайнерів із класичною освітою та водночас достатньо потужною для вирішення складних технічних завдань.

Штучний інтелект і спеціалізовані плагіни перетворилися на невід'ємну частину сучасного робочого процесу. Автоматизація генерації текстур, прискорення симуляції та розвиток ШІ-аватарів суттєво знижують часові та фінансові витрати на розробку, зберігаючи при цьому високу якість результату. Водночас творчий контроль залишається за дизайнером ШІ є інструментом прискорення, а не замінює фахове мислення.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА 3D АНІМАЦІЇ ВІРТУАЛЬНОГО ПОКАЗУ ЦИФРОВОЇ СУКНІ

Створення віртуального показу мод є складним багатокомпонентним процесом, який поєднує художнє проектування, цифрове моделювання та сучасні мультимедійні технології. На відміну від традиційного дизайну одягу, де результатом є фізичний виріб, у цифровій моді кінцевим продуктом виступає віртуальний образ, здатний існувати та функціонувати у цифровому середовищі. Саме тому процес розробки цифрового одягу потребує комплексного підходу, що охоплює як творчі, так і технічні аспекти створення проєкту.

За кожною анімованою моделлю одягу стоїть ціла система взаємопов'язаних рішень. Необхідно не лише розробити художню концепцію виробу та визначити його стилістичні особливості, а й правильно побудувати конструкцію, налаштувати фізичні властивості матеріалів, створити цифрового персонажа для демонстрації виробу та забезпечити реалістичне відтворення руху тканини під час анімації. Усі ці елементи мають працювати як єдина система, формуючи завершений мультимедійний продукт.

Третій розділ кваліфікаційної роботи присвячено практичній реалізації розробленої концепції та висвітлює повний цикл створення тривимірної анімації цифрової сукні для мультимедійної платформи. У межах цього етапу виконувалося цифрове конструювання виробу, налаштування властивостей матеріалів, створення анімації руху моделі та підготовка фінальної візуалізації проєкту.

Вибір формату віртуального показу як кінцевого результату роботи обумовлений сучасними тенденціями розвитку цифрової моди. Сьогодні віртуальні покази поступово стають альтернативою традиційним подіумним презентаціям, дозволяючи демонструвати дизайнерські розробки без необхідності організації фізичних заходів. Крім того, цифровий формат відкриває ширші можливості для творчих експериментів, оскільки дизайнер не обмежений технічними або виробничими особливостями реального середовища.

Створення віртуального показу передбачає поєднання декількох технологічних процесів. Насамперед формується цифровий аватар, який виступає основою для подальшого проектування одягу. Від правильності вибору параметрів аватара залежить достовірність посадки виробу та реалістичність його демонстрації. Після цього здійснюється побудова конструкції сукні у двовимірному середовищі, створюються окремі деталі виробу та виконується їх подальше поєднання у тривимірну модель.

Наступним етапом є налаштування цифрових матеріалів. Саме на цьому етапі визначаються фізичні характеристики тканини, зокрема її щільність, жорсткість, пружність, товщина та особливості взаємодії зі світлом. Від правильності налаштування цих параметрів залежить реалістичність поведінки виробу під час руху та загальне візуальне сприйняття цифрового образу.

Після завершення моделювання виконується симуляція тканини та перевірка посадки виробу на аватарі. Даний процес дозволяє оцінити форму сукні, характер утворення складок, особливості драпірування та поведінку матеріалу в різних положеннях тіла. За необхідності на цьому етапі здійснюється коригування конструкції або параметрів тканини для досягнення бажаного результату.

Особливе значення у створенні цифрового одягу має анімація, оскільки саме в русі найбільш повно розкриваються форма виробу, характер драпірування та поведінка матеріалу. На відміну від статичної візуалізації, анімована демонстрація дозволяє спостерігати за взаємодією тканини з фігурою та оцінити пластичні властивості цифрового одягу. У межах проєкту було створено анімацію, що забезпечує огляд сукні з різних ракурсів та демонструє особливості її силуету. Такий підхід дозволяє більш повно представити дизайн виробу, звернути увагу на деталі конструкції та підкреслити художню концепцію образу.

Завершальним етапом роботи стала підготовка цифрової моделі до фінальної візуалізації та створення анімації презентації виробу. На цьому етапі було виконано налаштування освітлення, вибір оптимальних ракурсів камери та формування послідовності кадрів для демонстрації сукні. Особливу увагу

приділено передачі форми виробу, особливостей драпірування та взаємодії матеріалу зі світлом.

Після завершення налаштувань було створено фінальну анімацію, яка дозволяє розглянути сукню з різних ракурсів і оцінити її художньо-конструктивні особливості. Отриманий результат являє собою цифрову презентацію віртуального образу, що поєднує розроблену дизайнерську концепцію, можливості тривимірного моделювання та засоби комп'ютерної анімації.

У межах даного розділу розглядаються практичні аспекти створення цифрової сукні та її анімованої презентації. Послідовне виконання етапів моделювання, налаштування матеріалів, симуляції тканини та створення анімації дозволило реалізувати віртуальний образ відповідно до розробленої концепції. Особливу увагу приділено відтворенню форми виробу, характеру драпірування та поведінці матеріалу під час руху, що є важливими складовими сучасного цифрового модного проєктування.

3.1. Концепція та художнє рішення дизайну віртуального образу

Будь-який творчий проєкт починається з ідеї – того внутрішнього імпульсу, який стає відправною точкою для всіх подальших рішень: формування силуету, вибору кольорової гами, підбору матеріалів, створення атмосфери та способу презентації майбутнього виробу. Саме концепція визначає художню цілісність проєкту та об'єднує всі його складові в єдину систему образів і смислів. У сучасному дизайні одягу особливого значення набуває не лише зовнішній вигляд виробу, а й емоція, яку він викликає у глядача, тому процес створення колекції починається з пошуку художньої ідеї, здатної передати певний настрій та сформувати унікальну візуальну мову.

В основі даного проєкту лежить концепція «невагомої елегантності» – образу, що поєднує витонченість, легкість та плавність руху. Центральною ідеєю стало прагнення створити одяг, який ніби втрачає свою фізичну вагу та перетворюється на світло, повітря і рух. У такому баченні сукня перестає бути лише матеріальним об'єктом і стає художнім образом, який існує на межі

реальності та уяви. Вона не обмежується властивостями тканини чи конструкції, а сприймається як жива форма, що постійно змінюється під впливом освітлення, перспективи та руху.

Джерелом натхнення для створення концепції стали природні явища, пов'язані з водою та світлом. Краплі роси на пелюстках квітів, морська піна, що утворюється на гребнях хвиль, перламутрове сяйво внутрішньої поверхні мушлі, віддзеркалення місячного світла на воді – усі ці образи поєднує особлива ефемерність та тендітність. Вони існують лише коротку мить, але саме в цій миті досягають абсолютної досконалості. Така швидкоплинна краса стала одним із головних художніх орієнтирів проєкту.

Назва сукні «Сльоза Афродити» (рис. В.1.) безпосередньо пов'язана із загальною концепцією та розкриває її змістовне наповнення. Афродита у давньогрецькій міфології є богинею краси, любові та гармонії, а її народження з морської піни стало одним із найвідоміших символів жіночності в історії мистецтва. Звернення до цього образу дозволяє поєднати античну естетику із сучасними цифровими технологіями. Сльоза, своєю чергою, є символом чистоти, щирих почуттів та крихкості. Вона має ідеальну природну форму, відбиває світло та водночас залишається надзвичайно нестійкою. Поєднання цих двох образів, Афродити та слюзи – створює складну художню метафору, яка стала основою всього проєкту.

Важливу роль у формуванні концепції відіграло використання цифрового середовища як основного інструмента реалізації творчого задуму. На відміну від традиційного дизайну одягу, цифрова мода не обмежується фізичними властивостями матеріалів, технологічними особливостями виробництва чи економічними факторами. У віртуальному просторі дизайнер отримує можливість експериментувати з формою, масштабом, освітленням та фактурами без обмежень реального світу. Це відкриває нові можливості для створення образів, які складно або навіть неможливо реалізувати у фізичному середовищі.

Саме тому концепція «невагомої елегантності» найповніше розкривається у цифровому форматі. Тут тканина може поводитися як вода, плавно огортаючи

фігуру та змінюючи свою форму під впливом руху. Поверхня матеріалу здатна відбивати світло таким чином, щоб створювати ефект внутрішнього сяяння, а сам виріб може існувати у просторі без звичних конструктивних обмежень. Цифрове середовище дозволяє акцентувати увагу на художній ідеї та підсилювати емоційний вплив образу за допомогою сучасних технологій візуалізації.

У процесі розробки проєкту особлива увага приділялася пошуку гармонії між пластикою форми та її емоційним наповненням. Силует сукні будується на плавних, безперервних лініях, що нагадують природний рух води. Високий драпірований комір асоціюється з хвилею або морською піною, а відкрита спина створює відчуття легкості та витонченості. М'які переходи між об'ємами та відсутність різких конструктивних акцентів сприяють формуванню цілісного та гармонійного образу.

Мудборд є одним із перших і найважливіших інструментів у роботі над будь-яким творчим проєктом. Він не просто об'єднує в одному просторі візуально привабливі зображення, а формує цілісну систему образів, асоціацій та настроїв, яка визначає подальший напрямок дизайнерського пошуку. Мудборд можна розглядати як своєрідну візуальну карту проєкту, що допомагає структурувати ідеї та перетворити абстрактний задум на конкретні художні рішення. Саме на цьому етапі формується єдиний емоційний та візуальний словник, який супроводжує весь процес проєктування та стає основою для прийняття композиційних, колористичних і стилістичних рішень.

Для проєкту «Сльоза Афродити» мудборд став відправною точкою, яка визначала всі подальші етапи розробки цифрової сукні. Його основним завданням було візуалізувати концепцію «невагомої елегантності» та знайти художні засоби для її реалізації. Зібрані референси дозволили визначити характер майбутнього виробу, особливості його форми, кольорової палітри, текстур і загальної атмосфери. Завдяки мудборду стало можливим створити цілісний образ, у якому кожен елемент працює на розкриття основної ідеї проєкту.

Візуальна концепція мудборду будується навколо кількох смислових блоків, кожен із яких відповідає за окремий аспект художнього образу. Такий підхід

дозволяє систематизувати джерела натхнення та простежити взаємозв'язок між окремими елементами майбутнього дизайну.

Перший блок – образний (рис. В.2.). Тут зосереджені видимі асоціації з самою назвою та ідеєю проєкту: антична скульптура з її досконалим драпіруванням, що застигло в камені; морська піна у момент розбивання хвилі; крупні краплі води на гладкій поверхні; перламутрові мушлі та їхній внутрішній блиск. Усі ці образи об'єднані спільною якістю вони ефемерні, мають лише мить, але в цю мить абсолютно досконали.

Другий блок – кольоровий. Палітра проєкту побудована на градації від холодного льодяного білого до теплого кремового та перламутрового. Це не просто набір нейтральних відтінків ці кольори, які живуть через світлу, змінюються залежно від кута погляду та створюють відчуття внутрішнього сяяння. Саме така палітра найточніше передає образ сльози прозорості, але не порожньої.

Основу палітри складають: перламутрово-білий, молочний білий, колір слонової кістки, світло-кремовий, холодний сріблясто-білий, відтінок шампанського (рис.3.1.1).

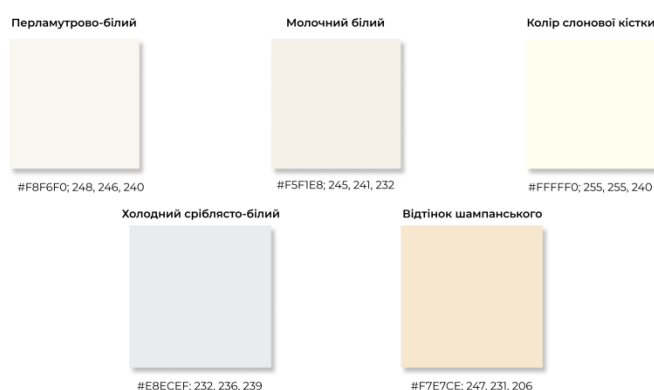


Рис. 3.1.1. Кольоровий блок

Така палітра є свідомим художнім рішенням: вона максимально виявляє гру світла на поверхні цифрової тканини, підкреслює нюанси драпірування та дозволяє глядачеві зосередитися на формі та русі, а не на кольоровому акценті. У віртуальному середовищі саме світло стає головним інструментом виразності, і нейтральна перламутрова база дає йому повний простір для роботи.

Третій блок – текстурний. Тут зібрані референси матеріалів, які надихали на вибір цифрових тканин для сукні: мокрого шовку, атласу, шовкового сатину, рідкого металу, перламутру, водної поверхні, гладкого полірованого мармуру.

Ці текстури надають фізичний характер майбутнього цифрового матеріалу його вагу, рухливість, реакцію на освіту.



Рис. 3.1.2. Текстури

Четвертий блок – силуетний. Референси форм і драпірувань античного одягу, сучасної високої моди з вираженою роботою з тканиною, скульптурні рішення, де матеріал стає основним художнім засобом. Цей блок відповідає питанню: як має виглядати сукня в просторі, як розподіляється об'єм, де відображається тіні від складу.



Рис. 3.1.3. Силуети

П'ятий блок – атмосферний (рис. В.3.). Загальний настрій проекту: туман над поверхнею води на світанку, рання роса на пелюстках, м'яке розсіяне світло крізь тонку тканину, тиша та спокійно грецьких храмів. Цей блок найважливіше описати словами, він скоріше відчувається, ніж читається, і саме це робить його найціннішою частиною мудборду.

3.2. Технічний процес створення 3D моделі та анімації сукні

Після розробки художньої концепції, створення ескізних пропозицій та визначення конструктивних особливостей виробу було розпочато етап цифрового моделювання сукні та її підготовки до подальшої анімації. Саме цей етап став основною ланкою між творчим задумом і його практичним втіленням у цифровому середовищі. Використання сучасних технологій тривимірного моделювання дозволило не лише відтворити зовнішній вигляд майбутнього виробу, а й дослідити його поведінку в умовах, максимально наближених до реальних.

У сучасній індустрії моди цифрові технології дедалі активніше використовуються на всіх стадіях проєктування одягу – від формування концепції до фінальної презентації готового виробу. Застосування тривимірного моделювання дає можливість створювати віртуальні прототипи без необхідності виготовлення фізичних зразків, що сприяє скороченню витрат часу, матеріалів та виробничих ресурсів. Крім того, цифрове середовище відкриває нові можливості для творчого експериментування з формою, пропорціями, фактурою та світловими ефектами, які складно реалізувати в межах традиційного процесу проєктування.

У межах даного проєкту для створення цифрового образу було використано спеціалізовані засоби тривимірного моделювання одягу, що дозволяють поєднати конструювання виробу, налаштування матеріалів та анімацію в єдиному робочому середовищі. Завдяки цьому стало можливим створити цифрову модель сукні на основі реальних принципів конструювання одягу та забезпечити її коректну взаємодію з віртуальним аватаром.

Особливістю проєкту «Сльоза Афродити» стало прагнення не лише відтворити зовнішній вигляд виробу, а й передати його художню ідею через рух і взаємодію зі світлом. Концепція «невагомої елегантності» вимагала особливої уваги до пластики матеріалу, характеру драпірування та поведінки тканини в динаміці. Саме тому під час створення цифрової моделі значна увага приділялася реалістичності складок, плавності ліній силуету та здатності матеріалу природно реагувати на рухи фігури.

Процес створення цифрового образу складався з декількох взаємопов'язаних етапів. На першому етапі виконувалося моделювання конструкції сукні на основі попередньо розроблених ескізів. Було створено окремі деталі виробу, визначено їхні пропорції, розміри та взаємне розташування. Кожна конструктивна частина моделювалася окремо у двовимірному просторі, після чого здійснювалося її розміщення відносно цифрового аватара.

Після завершення побудови лекал виконувалося їхнє віртуальне з'єднання, що дозволило сформувати цілісну тривимірну модель виробу. На відміну від традиційних методів полігонального моделювання, такий підхід базується на принципах реального конструювання одягу, завдяки чому забезпечується більш достовірне відтворення форми та посадки виробу на фігурі. У процесі роботи здійснювався постійний контроль геометрії деталей, коригування контурів та уточнення пропорцій силуету відповідно до авторського задуму.

Наступним етапом стало налаштування фізичних властивостей цифрового матеріалу. Незважаючи на те, що створена сукня існує виключно у віртуальному просторі, її реалістичність значною мірою залежить від правильного відтворення характеристик тканини. Для цього було визначено параметри щільності матеріалу, його ваги, жорсткості, еластичності та здатності до утворення складок. Від коректності цих налаштувань залежить те, наскільки природно поводитиметься тканина під впливом сили тяжіння та під час руху.

Особливу увагу було приділено візуальним характеристикам матеріалу. Відповідно до концепції проєкту використовувалася світла перламутрова палітра, яка підкреслювала асоціації з морською піною, краплинами води та внутрішнім

сяанням перлин. Для досягнення необхідного художнього ефекту було налаштовано відбивні властивості поверхні, рівень блиску та характер взаємодії матеріалу зі світлом. Завдяки цьому тканина набула м'якого переливчастого ефекту, який змінюється залежно від кута огляду та інтенсивності освітлення.

Після завершення роботи над конструкцією та матеріалом було виконано симуляцію виробу на цифровому аватарі. Цей процес дозволив оцінити правильність посадки, характер драпірування та загальне сприйняття форми. Під час симуляції тканина автоматично реагувала на геометрію тіла аватара, утворюючи природні складки та плавні переходи між окремими елементами конструкції. За потреби проводилося додаткове коригування лекал і параметрів матеріалу для досягнення бажаного результату.

Важливим етапом роботи стала підготовка моделі до анімації. Оскільки цифровий образ мав демонструватися в русі, необхідно було забезпечити коректну взаємодію тканини з рухами аватара. Для цього виконувалася перевірка поведінки матеріалу під час зміни положення тіла, поворотів та переміщення моделі у просторі. Реалістичність динаміки є одним із ключових факторів сприйняття цифрового одягу, адже саме під час руху найбільш повно розкриваються його пластичні та естетичні властивості.

У процесі анімації система автоматично розраховувала поведінку тканини відповідно до заданих фізичних параметрів. Завдяки цьому складки та драпірування формувалися природним чином, реагуючи на рухи аватара та силу тяжіння. Отримані результати дозволили оцінити виріб не лише у статичному вигляді, але й у динаміці, що значно підвищило виразність цифрової презентації.

Після завершення моделювання та анімації було виконано фінальну підготовку цифрового образу до візуалізації. На цьому етапі здійснювалося налаштування освітлення, вибір оптимальних ракурсів спостереження та параметрів рендерингу. Правильно організоване освітлення дозволило підкреслити фактуру матеріалу, об'ємність складок і плавність силуету, а також посилити загальний художній образ виробу.

У результаті проведеної роботи було створено повноцінну цифрову модель сукні, яка поєднує конструктивну точність, реалістичну симуляцію тканини та художню виразність. Отриманий цифровий образ став основою для створення анімованої презентації виробу та дозволив реалізувати концепцію «Сльоза Афродити» у віртуальному просторі, демонструючи можливості сучасних технологій цифрової моди та тривимірної візуалізації.

Моделювання суконь за лекалами

Для створення цифрової моделі сукні колекції «Сльоза Афродити» було використано спеціалізоване програмне забезпечення *CLO 3D*, яке на сьогодні є одним із найбільш поширених інструментів у сфері цифрового проєктування одягу. Особливістю даного програмного середовища є те, що процес створення виробу максимально наближений до реальної технології конструювання одягу. На відміну від традиційних програм тривимірного моделювання, де об'єкти створюються шляхом редагування полігональної геометрії, у *CLO 3D* основою побудови виробу є система лекал. Такий підхід дозволяє працювати з цифровим одягом аналогічно до процесу створення реального виробу на швейному виробництві.

Використання лекального методу має низку переваг. Насамперед дизайнер отримує можливість контролювати не лише зовнішній вигляд майбутнього виробу, але й особливості його конструкції, посадки та поведінки на фігурі. Це особливо важливо під час створення складних дизайнерських моделей, у яких значну роль відіграють драпірування, асиметричні лінії, декоративні елементи та пластика форми. У цифровому середовищі кожна конструктивна зміна миттєво відображається на тривимірній моделі, що значно спрощує процес проєктування та дозволяє оперативно оцінювати отриманий результат.

Робота над моделлю сукні розпочиналася з аналізу розроблених ескізів та визначення конструктивної схеми кожного виробу. На основі художніх рішень було встановлено основні конструктивні лінії, визначено пропорції окремих деталей та сформовано загальну структуру майбутньої моделі. Особлива увага приділялася відповідності конструкції авторській концепції проєкту, оскільки

саме лекала визначають характер силуету та загальне візуальне сприйняття виробу.

Побудова конструкції виконувалася у двовимірному робочому просторі програми *CLO 3D*. На цьому етапі створювалися окремі елементи майбутньої сукні: передня частина виробу, спинка, бокові деталі, окремі частини спідниці та декоративні конструктивні вставки. Кожна деталь створювалася окремо за допомогою інструментів побудови контурів та редагування кривих ліній.

Особливе значення мало формування силуету виробу. Відповідно до концепції сукні було створено конструкцію, яка поєднує прилягаючу верхню частину із розширенням нижньої частини сукні. Така побудова дозволила підкреслити витонченість фігури та водночас забезпечити необхідну свободу руху тканини під час подальшої симуляції. Для створення плавних контурів використовувалися криволінійні сегменти, що забезпечували природні переходи між окремими зонами конструкції.

Під час розробки лекал враховувалися антропометричні характеристики цифрового аватара, на якому в подальшому виконувалася примірка виробу. Точна відповідність параметрів конструкції розмірам аватара є необхідною умовою отримання реалістичної посадки виробу. На цьому етапі визначалися ширина окремих деталей, довжина конструктивних ліній, розташування виточок та особливості формування силуету.

Після завершення побудови двовимірної конструкції було виконано підготовку лекал до тривимірної симуляції. Для цього всі створені елементи розташовувалися навколо цифрового аватара за допомогою спеціалізованих інструментів *Arrangement Point* та *Arrangement Bounding Volume*. Ці інструменти дозволяють автоматизувати процес позиціонування деталей та забезпечують їх правильне розміщення відносно анатомічних зон тіла.

Процес побудовання лекала та його початкове розташування у робочому середовищі *CLO 3D* наведено на рисунку 3.2.1.

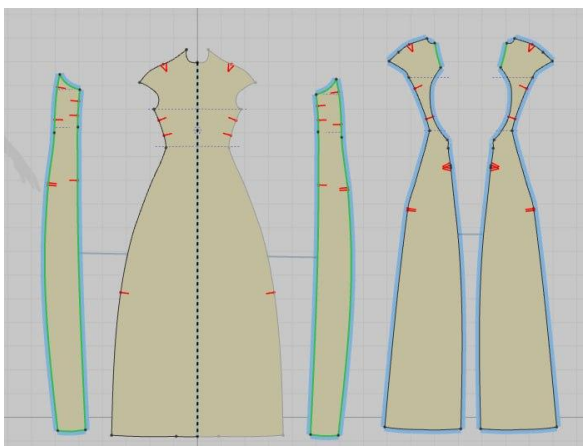


Рис. 3.2.1. Процес побудовання лекала сукні у середовищі *CLO 3D*

Інструмент *Arrangement Point* використовувався для точного розміщення окремих деталей конструкції на відповідних ділянках аватара. Завдяки цьому передня та задня частини виробу автоматично орієнтувалися відносно тулуба, а додаткові конструктивні елементи займали правильне положення ще до початку симуляції. Це значно спрощувало подальшу роботу та зменшувало ризик виникнення помилок під час зшивання деталей.

Для розміщення складніших конструктивних елементів застосовувався інструмент *Arrangement Bounding Volume*. Його використання дозволяє позиціонувати лекала відносно об'ємних зон тіла та автоматично враховувати просторову форму аватара. Завдяки цьому тканина отримує правильний початковий напрямок розташування, що позитивно впливає на результати подальшої симуляції.

Після завершення позиціонування деталей було виконано їх віртуальне зшивання. Для цього використовувалися інструменти *Segment Sewing* та *Free Sewing*, які дозволяють створювати цифрові шви між окремими деталями конструкції. На цьому етапі визначалися всі необхідні з'єднання між зрізами виробу, що забезпечувало формування єдиної конструктивної системи.

Процес зшивання є одним із найважливіших етапів цифрового моделювання, оскільки саме він визначає правильність подальшого формування виробу. Будь-які неточності у розташуванні швів можуть призвести до деформації конструкції або виникнення дефектів посадки. Тому після завершення зшивання

виконувалася додаткова перевірка всіх з'єднань та їх відповідності розробленій конструктивній схемі.

Наступним етапом стала первинна фізична симуляція виробу на цифровому аватарі. Після запуску фізичного рушія програми двовимірні лекала починали взаємодіяти між собою та поступово формували повноцінний тривимірний об'єм сукні. У процесі симуляції система автоматично розраховувала взаємодію між деталями конструкції, силу тяжіння, натяг матеріалу та контакт тканини з поверхнею тіла.

Результат початкової симуляції та процес примірки виробу на цифровому аватарі представлено на рисунку 3.2.2.



Рис. 3.2.2. Процес симуляції та примірки сукні на цифровому аватарі

На цьому етапі здійснювалася оцінка правильності посадки виробу, рівномірності розподілу складок, натягу матеріалу та відповідності отриманої форми початковому дизайнерському задуму. Особлива увага приділялася зонам прилягання тканини до тіла, лініям плечей, талії та нижньої частини виробу.

У разі виявлення недоліків конструкція коригувалася шляхом редагування лекал. Змінювалися контури окремих деталей, положення виточок, конфігурація швів та пропорції конструктивних елементів. Завдяки інтерактивним можливостям *CLO 3D* усі внесені зміни миттєво відображалися на тривимірній

моделі, що дозволяло оперативно оцінювати їхній вплив на зовнішній вигляд виробу.

Процес удосконалення моделі здійснювався циклічно: після кожного коригування запускалася повторна симуляція, результати якої аналізувалися та порівнювалися з поставленими дизайнерськими завданнями. Такий підхід забезпечив високу точність моделювання та дозволив досягти необхідного рівня реалістичності цифрової конструкції.

У результаті виконаних робіт було створено повноцінну тривимірну модель сукні, яка відповідала розробленій художній концепції та конструктивним вимогам проєкту. Отримана модель стала основою для наступного етапу роботи – налаштування фізичних властивостей матеріалів, симуляції поведінки тканини та підготовки виробу до подальшої візуалізації.

Налаштування фізичних властивостей матеріалів

Після завершення побудови конструкції та отримання готової тривимірної моделі сукні наступним етапом стало налаштування фізичних властивостей матеріалу. Саме цей процес є одним із найважливіших у створенні цифрового одягу, адже навіть ідеально побудована конструкція не буде виглядати реалістично без правильно підібраних характеристик тканини. У середовищі *CLO 3D* фізичні параметри визначають те, як матеріал реагує на силу тяжіння, рух аватара, взаємодію з іншими елементами виробу та зовнішніми об'єктами сцени.

На відміну від традиційної тривимірної графіки, де тканина часто створюється лише як візуальний об'єкт, у *CLO 3D* матеріал поводить себе відповідно до законів фізики. Саме тому налаштування параметрів тканини є не менш важливим етапом, ніж побудова лекал або моделювання конструкції виробу. Від правильності встановлених значень залежить характер драпірування, кількість і форма складок, ступінь прилягання до фігури та загальне враження від цифрової моделі.

Для реалізації концепції сукні «Сльоза Афродити» було обрано матеріал, що імітує легкий шовковий атлас із характерним перламутровим блиском. Такий вибір був обумовлений художньою ідеєю проєкту, яка базується на образах

морської піни, водної поверхні та природного саява перлин. Матеріал мав створювати враження легкості, пластичності та м'якого переливання світла, підкреслюючи жіночність силуету та загальну естетику образу.

Під час налаштування матеріалу в середовищі *CLO 3D* було визначено комплекс параметрів, які безпосередньо впливають на його фізичну поведінку. До них належали щільність тканини, жорсткість на згин, розтягнення по основі та утоку, опір деформації, коефіцієнт тертя, товщина матеріалу та параметри взаємодії зі світлом. Кожен із цих показників впливає на кінцевий результат симуляції та потребує індивідуального налаштування залежно від типу тканини, яку необхідно відтворити.

Особливу увагу було приділено параметру *Bending*, який визначає здатність тканини утворювати складки та плавно згинатися під власною вагою. Для створення ефекту м'якого шовкового матеріалу значення жорсткості було зменшено, що дозволило отримати природне драпірування та характерні плавні складки. Завдяки цьому тканина візуально наблизилася до реального атласу, який легко реагує на зміну положення тіла та формує м'які хвилеподібні лінії.

Важливим етапом також стало налаштування параметрів розтягнення матеріалу. Надмірна еластичність могла призвести до неприродного деформування виробу, тоді як занадто жорсткі значення створювали ефект важкої тканини. Тому параметри розтягнення по вертикалі та горизонталі підбиралися експериментальним шляхом до отримання найбільш реалістичного результату. Особливе значення це мало для зон із драпіруванням та складними конструктивними елементами, де тканина повинна була зберігати форму та водночас залишатися пластичною.

Окрім фізичних характеристик, значна увага приділялася налаштуванню візуальних властивостей матеріалу. Для передачі ефекту перламутрової поверхні використовувалися параметри блиску, шорсткості та відбиття світла. Також застосовувалися текстурні карти, які дозволяли деталізувати поверхню матеріалу та створити складну гру світлових відблисків. Завдяки цьому тканина набувала

характерного внутрішнього сяння та виглядала переконливо навіть при зміні кута освітлення.

Після завершення налаштування всіх параметрів було виконано серію тестових симуляцій, під час яких оцінювалася поведінка матеріалу на цифровому аватарі. Перевірялися особливості формування складок, взаємодія тканини з поверхнею тіла, стабільність конструкції та відповідність отриманого результату художньому задуму проєкту.



Рис. 3.2.3. Налаштування фізичних параметрів тканини

Під час тестування окремі параметри неодноразово коригувалися. Такий підхід дозволив поступово досягти оптимального балансу між реалістичністю поведінки тканини та візуальною привабливістю виробу. У результаті було створено матеріал, який не лише відповідав концепції колекції, а й забезпечував переконливу фізичну симуляцію під час подальшої роботи з моделлю.

3.3. Візуалізація та інтеграція 3D-показу у мультимедійне середовище

Після завершення моделювання конструкції виробу, налаштування фізичних властивостей матеріалів та створення анімації руху аватара було виконано заключний етап роботи – візуалізацію цифрового образу та підготовку його до демонстрації у мультимедійному форматі. Саме на цьому етапі окремі

елементи проєкту об'єднуються в єдину завершену композицію, яка дозволяє представити створену сукню в найбільш вигідному вигляді та максимально повно передати художній задум колекції.

Візуалізація є важливим етапом будь-якого цифрового проєкту, оскільки навіть якісно змодельований виріб може втратити свою виразність за умови неправильного налаштування освітлення, камер або параметрів рендерингу. Саме тому під час створення фінальної презентації особлива увага приділялася формуванню візуального середовища, яке підкреслює особливості форми виробу, властивості матеріалу та його взаємодію зі світлом.

Для демонстрації цифрової сукні було обрано нейтральне віртуальне середовище без надлишкових декоративних елементів. Таке рішення дозволило сконцентрувати увагу глядача безпосередньо на виробі та уникнути візуального перевантаження сцени. Враховуючи художню концепцію проєкту «Сльоза Афродити», основним завданням стало підкреслення плавності силуету, м'якості складок та перламутрового сяяння поверхні тканини.

Першим етапом візуалізації стало налаштування системи освітлення. У цифровому середовищі світло виконує не лише технічну функцію забезпечення видимості об'єкта, але й формує загальне емоційне сприйняття сцени. Правильно налаштоване освітлення дозволяє підкреслити об'єм виробу, виділити окремі конструктивні елементи та створити необхідну атмосферу презентації.

Для реалізації поставленого завдання використовувалося декілька джерел освітлення різної інтенсивності. Основне світло розташовувалося перед моделлю та забезпечувало рівномірне освітлення центральної частини виробу. Додаткові джерела світла використовувалися для формування контурного підсвічування, яке дозволяло відокремити силует сукні від фону та підкреслити її пластику.

Під час налаштування освітлення особлива увага приділялася відображенню властивостей матеріалу. Перламутрова поверхня тканини повинна була демонструвати характерні відблиски та плавні переходи між світлими й затемненими ділянками. Для цього виконувалося коригування інтенсивності світлових потоків та кута їхнього падіння на поверхню виробу.



Рис. 3.3.1. Налаштування освітлення сцени для демонстрації цифрової сукні

Після завершення роботи зі світлом було виконано налаштування віртуальних камер. Камера у цифровому середовищі виконує роль погляду глядача, тому від її положення залежить те, як саме буде сприйматися виріб.

Для демонстрації сукні використовувалося декілька ракурсів. Основна камера забезпечувала фронтальний огляд виробу та дозволяла оцінити його загальний силует. Додаткові ракурси використовувалися для демонстрації бокових і задніх частин моделі, що давало можливість детально розглянути особливості конструкції та драпірування тканини.

Окрему увагу було приділено вибору фокусної відстані камери. Використання занадто ширококутної перспективи може призводити до викривлення пропорцій фігури та виробу. Тому параметри камери налаштовувалися таким чином, щоб максимально наблизити візуальне сприйняття сцени до реальної професійної фотозйомки модного показу.

Наступним етапом стало створення фінальної анімації демонстрації виробу. На відміну від статичної візуалізації, анімація дозволяє показати взаємодію тканини з рухом тіла та більш повно розкрити художній потенціал цифрового одягу.

У межах проєкту було використано анімацію подіумної ходи цифрового аватара. Такий формат демонстрації дозволяє оцінити зовнішній вигляд виробу в динаміці та простежити особливості поведінки тканини під час руху. Під час

анімації система автоматично виконувала фізичний розрахунок взаємодії матеріалу з рухами моделі, забезпечуючи природне формування складок і драпірування.

Для більш повного представлення виробу було використано декілька віртуальних камер, які змінювали своє положення відносно моделі під час демонстрації. Завдяки цьому глядач отримував можливість розглянути сукню з різних ракурсів без необхідності зміни траєкторії руху аватара. Такий підхід дозволив акцентувати увагу на особливостях силуету, конструктивних лініях та декоративних елементах виробу.

Особливо важливим було відображення нижньої частини сукні, оскільки саме в цій зоні найбільш виразно проявляються фізичні властивості матеріалу. Під час руху моделі складки змінювали свою форму відповідно до законів гравітації та інерції, що забезпечувало реалістичне відтворення поведінки тканини у цифровому середовищі.

Для досягнення якісного результату було виконано серію тестових рендерів анімації. Це дозволило перевірити коректність роботи камер, оцінити плавність зміни ракурсів, скоригувати параметри освітлення та оптимізувати налаштування симуляції тканини. У результаті було отримано завершену анімацію, яка забезпечує детальну демонстрацію цифрової сукні та її художніх особливостей.



Рис. 3.3.2. Створення фінальної анімації демонстрації виробу

Після завершення роботи над анімацією було виконано фінальний рендеринг сцени. Рендеринг являє собою процес перетворення тривимірної сцени

у готовий відеоматеріал шляхом розрахунку освітлення, тіней, відображень та інших візуальних ефектів.

Для забезпечення високої якості зображення використовувалися підвищені параметри деталізації матеріалів та згладжування контурів. Особлива увага приділялася відображенню блиску тканини та м'яким переходам між освітленими й затемненими ділянками поверхні.

Отриманий результат дозволив максимально точно передати особливості дизайнерського задуму та створити переконливий цифровий образ виробу. Висока якість рендерингу забезпечила реалістичність презентації та сприяла кращому сприйняттю моделі глядачем.



Рис. 3.3.3. Фінальний рендер цифрової сукні

Після завершення рендерингу анімація була експортована у відеоформат для подальшого використання у мультимедійному середовищі. Експорт відеоматеріалу дозволяє демонструвати створений цифровий образ на різних платформах, включаючи вебресурси, презентації, мультимедійні виставки та цифрові покази мод.

Під час експорту було обрано параметри, які забезпечують баланс між якістю зображення та розміром файлу. Це дозволило отримати відеоматеріал, придатний для демонстрації на сучасних цифрових пристроях без втрати деталізації.

Завершальним етапом стала підготовка готового відеоролика до презентації. Було виконано перевірку якості анімації, плавності рухів та коректності

відображення матеріалів упродовж усього відео. Отриманий результат став завершеним цифровим продуктом, який демонструє можливості сучасних технологій тривимірного моделювання та анімації у сфері цифрової моди.

Результатом виконаної роботи стала анімована презентація цифрової сукні, у якій поєднано художню концепцію образу, можливості тривимірного моделювання та засоби комп'ютерної анімації. Створений відеоматеріал дозволяє повною мірою продемонструвати особливості форми виробу, властивості матеріалу та його поведінку під час руху, що робить цифрову презентацію ефективним інструментом демонстрації сучасних дизайнерських рішень у сфері цифрової моди.

Висновки до третього розділу

У третьому розділі було реалізовано практичну частину проєкту, що передбачала створення цифрової моделі сукні «Сльоза Афродити» та їх підготовку до подальшої мультимедійної презентації. Виконана робота дала можливість перевірити ефективність використання сучасних технологій тривимірного моделювання одягу для реалізації авторської дизайнерської концепції.

У процесі роботи було здійснено побудову конструкцій виробів у програмному середовищі *CLO 3D* на основі розроблених ескізів. Використання лекального методу моделювання дозволило максимально наблизити процес створення цифрового одягу до реальної технології конструювання швейних виробів та забезпечити високу точність формування силуету. На основі створених лекал було виконано тривимірну симуляцію виробів на цифровому аватарі, що дало змогу оцінити посадку моделей та своєчасно внести необхідні корективи до конструкції.

Важливим етапом стала робота з цифровими матеріалами. Було налаштовано фізичні характеристики тканин, зокрема параметри щільності, жорсткості, еластичності, товщини та взаємодії зі світлом. Це дозволило досягти реалістичної поведінки матеріалу під час симуляції та відтворити художній образ

колекції, побудований на асоціаціях із водою, перламутровим сяянням і плавністю природних форм.

Також було виконано підготовку анімації цифрового аватара та проведено серію симуляцій для перевірки поведінки виробів у динаміці. Застосування фізичного рушія *CLO 3D* забезпечило природне формування складок, драпірування та взаємодію тканини з рухами моделі. Додатково було здійснено оптимізацію параметрів симуляції, що дозволило підвищити якість візуалізації та стабільність роботи цифрових моделей.

Отримані результати підтвердили доцільність використання сучасних технологій 3D-моделювання в процесі проєктування одягу. Використання цифрових інструментів дозволяє скоротити час розробки виробів, підвищити точність конструктивних рішень, оперативно вносити зміни до моделей та отримувати якісну візуалізацію майбутнього виробу ще до його фізичного виготовлення. Створена цифрова модель стала практичним втіленням концепції проєкту та продемонстрували широкі можливості застосування мультимедійних технологій у сучасному дизайні одягу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було досліджено теоретичні, технологічні та практичні аспекти створення віртуальних моделей одягу в сучасному мультимедійному середовищі. Проведене дослідження підтвердило, що цифрова мода є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку індустрії дизайну одягу, який поєднує художню творчість, інформаційні технології та сучасні засоби візуалізації.

У ході роботи було проаналізовано еволюцію концепції віртуальних моделей – від перших двовимірних комп'ютерних ескізів і *CAD*-систем до сучасних тривимірних моделей та інтерактивних цифрових аватарів. Встановлено, що розвиток цифрових технологій поступово трансформував віртуальний одяг із допоміжного інструменту проєктування на самостійний продукт із власною художньою, культурною та комерційною цінністю. З'ясовано, що цифрова мода сьогодні виконує не лише функції візуалізації виробів, а й формує нові способи взаємодії між дизайнером, брендом та споживачем.

Досліджено роль цифрової моди як окремого мультимедійного напрямку. Визначено, що використання тривимірного моделювання, анімації, технологій доповненої та віртуальної реальності відкриває нові можливості для створення, демонстрації та просування дизайнерських проєктів. Цифрові моделі одягу дозволяють поєднувати художні образи та сучасні технології, створюючи принципово новий формат презентації модних колекцій.

У роботі було проаналізовано процес переходу від статичних тривимірних моделей до анімованих цифрових персонажів. Встановлено, що використання анімації значно підвищує реалістичність демонстрації виробів, оскільки дозволяє оцінювати поведінку тканини в русі, особливості драпірування та взаємодію матеріалу з тілом людини. Саме динамічне представлення сьогодні є одним із ключових напрямів розвитку цифрової моди.

Проведений аналіз сучасного стану цифрової моди в Україні показав, що незважаючи на відносно короткий період розвитку даного напрямку, українські дизайнери та спеціалісти активно інтегруються у світовий цифровий простір.

Вітчизняна індустрія поступово впроваджує сучасні програмні рішення та мультимедійні технології, що створює сприятливі умови для подальшого розвитку цифрового дизайну одягу.

У межах дослідження було здійснено порівняльний аналіз двовимірних та тривимірних технологій проєктування одягу. Встановлено, що найбільш ефективним є комплексне використання обох підходів, де 2D-графіка застосовується для ескізування та технічної документації, а 3D-моделювання забезпечує реалістичну візуалізацію, аналіз посадки виробу та підготовку мультимедійних презентацій.

Окрему увагу приділено вивченню програмного забезпечення для цифрового проєктування одягу. Дослідження показало, що *CLO 3D* є одним із найбільш ефективних інструментів для створення цифрових моделей завдяки поєднанню традиційних принципів конструювання одягу з можливостями тривимірної симуляції та фізичного моделювання тканин. Використання даної програми дозволяє суттєво скоротити час розробки виробів та підвищити якість проєктування.

Також було досліджено вплив штучного інтелекту та спеціалізованих програмних модулів на процес створення цифрового одягу. Встановлено, що сучасні ШІ-технології сприяють автоматизації генерації текстур, прискорюють процес рендерингу та дозволяють більш ефективно відтворювати поведінку тканин у цифровому середовищі. При цьому штучний інтелект виступає інструментом підтримки дизайнера, а ключові творчі рішення залишаються за людиною.

Практична частина роботи була присвячена реалізації авторського проєкту цифрової моделі сукні «Сльоза Афродити». Було розроблено художню концепцію, створено ескіз виробу та обґрунтовано її стилістичне рішення. Основою творчого задуму стали образи води, морської піни, перлин та пластичних природних форм, що знайшли відображення у силуетах, кольоровій гамі та фактурі матеріалів.

У процесі практичної реалізації проєкту було виконано побудову лекал виробів у середовищі *CLO 3D*, здійснено їх тривимірну симуляцію на цифровому аватарі та проведено коригування конструктивних параметрів для досягнення необхідної посадки. Також було налаштовано фізичні характеристики цифрових матеріалів, що дозволило отримати реалістичне драпірування тканини та забезпечити відповідність художньому задуму колекції.

Для демонстрації створеної моделі було використано анімацію цифрового аватара та налаштовано систему камер, що забезпечила огляд виробів з різних ракурсів. Проведення фізичної симуляції дозволило відтворити природну поведінку тканини під час руху та підтвердило ефективність використання сучасних технологій цифрового моделювання у процесі створення одягу.

Отримані результати підтвердили доцільність використання тривимірного моделювання та мультимедійних технологій у сучасній індустрії моди. Використання цифрових інструментів забезпечує підвищення ефективності проєктування, скорочення витрат часу та ресурсів, покращення якості візуалізації та розширення творчих можливостей дизайнера. Реалізований проєкт «Сльоза Афродити» продемонстрував практичні можливості застосування цифрових технологій для створення сучасних віртуальних моделей одягу та підтвердив перспективність подальшого розвитку цифрової моди як важливого напрямку мультимедійного дизайну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ажаман І. А. та ін. Світовий досвід розвитку системи енергетичного менеджменту та перспективи його впровадження в Україні. *Journal of strategic economic research*. 2023. № 1. С. 73–81. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2023.1.8>
2. Андрєєва О., Харькова Л. Вплив технологій 3D-моделювання на індустрію моди. *KyivTex&Fashion : Зб. тез доп. VII Міжнар. науково-практ. конф. текстил. та фешн-технологій*, м. Київ, 17 жовт. 2024 р. Київ, 2024. С. 325–327. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/31550>
3. Анімаційний 2d ролик | Edpit Agency ЙОЙ КАМОН КЛАЦАЙ. Edpit Agency. URL: <https://edpit.org/uk/blog-uk/animacziynij-2d-rolik/>
4. Бойко К. Цифрова держава - як симулякри, ШІ та аватари змінюють суспільство - reNews. Головні Новини України. URL: <https://renews.com.ua/tehnologiyi/cifrova-derjava-iak-simyliakri-shi-ta-avatari-zminuut-syspilstvo/>
5. Борщевська Н., Зіркєвич В. Віртуальна мода: одяг, створений цифровим способом. *Актуальні проблеми сучасного дизайну : зб. матеріалів III Міжнар. науково-практ. конф.*, м. Київ, 22 квіт. 2021 р. Київ, 2021. С. 227–230. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/17955>
6. Векліч А., Пашкевич К., Колосніченко О., Касс Б., Юхимчук А. Сучасний напрям в індустрії моди: віртуальний одяг. *Збірник наукових праць ЛОГОС*. 2020. С. 113–115. DOI: <https://doi.org/10.36074/30.10.2020.v3.35>
7. Віртуальна мода як інноваційний напрям розвитку сучасної індустрії. Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/virtualna-moda-yak-innovaciyniy-napryam-rozvitku-suchasno-industri-509777.html>
8. Гардабхадзе І. Цифрова сталість та стала цифровізація реально-віртуального світу індустрії моди. *Вісник КНУКіМ. Серія «Мистецтвознавство»*. 2024. № 50. С. 121–133. DOI: <https://doi.org/10.31866/2410-1176.50.2024.306801>
9. Закон України «Про авторське право і суміжні права». Відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, № 57, ст.166. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2811-20#Text>

10. Закон України «Про медіа». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2023, № 47-50, ст.120. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2849-20#Text>
11. Колесова О. А., Силенко Ю. В., Іванова М. С. Роль штучного інтелекту у розвитку проєктного мислення у студентів-дизайнерів. *Ukrainian Art Discourse*. 2025. № 5. С. 57–67. DOI: <https://doi.org/10.32782/uad.2025.5.7>
12. Корсуненко Г., Білоцька Л., Лозовенко С. Аналіз сучасних тенденцій розвитку технологій в індустрії моди. *KyivTex&Fashion : Зб. тез доп. VII Міжнар. науково-практ. конф. текстил. та фешн-технологій*, м. Київ, 19 жовт. 2023 р. Київ, 2023. С. 198–201. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/25438>
13. Лазарів Є. М. та ін. Розробка віртуальних моделей одягу в CLO 3D. *Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості : матеріали V Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених*. Київ, 2024. С. 305–312. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/29362>
14. Навольська Л.В. та ін. Дослідження актуальності візуалізації процесу проєктування одягу з використанням новітніх цифрових технологій. *Fashion industry*. 2025. № 2. С. 52–62. DOI: <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2025.2.3>
15. Ніколаєва Т. та ін. Цифрова мода як дизайн майбутнього. Актуальні проблеми сучасного дизайну : зб. матеріалів IV Міжнар. науково-практ. конф., м. Київ, 27 квіт. 2022 р. С. 108–110. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/20894>
16. Пашкевич К. Л., Єжова О. В., Струмінська Т. В. Сучасні інформаційні технології дизайну одягу. *Дизайн одягу в полікультурному просторі : монографія / ред.: М. В. Колосніченко та ін.* Київ, 2020. С. 254–264. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/16290>
17. Проценко А. Як цифровий одяг змінює обличчя моди. 2023. URL: <https://proit.com.ua/news/yak-tsyfrovyj-odyag-zminyuye-oblychchya/>
18. Складенко Н., Ременєва Т. В., Колосніченко М. В. Цифрова мода як засіб візуалізації взаємодій. *KyivTex&Fashion : Зб. тез доп. VII Міжнар. наук.-практ. конф. текстил. та фешн-технологій*. Київ, 2023. С. 276–277. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/25475>

- 19.Хворостяна Ю. Як 3D-проектування змінює економіку виробництва одягу? або Чому цифрові технології зменшують вартість помилки ще на етапі моделювання? URL: <https://mind.ua/openmind/20302479-yak-3d-proektuvannya-zminyue-ekonomiku-virobnictva-odyagu>
- 20.Хто розвиває віртуальну моду в Україні: головні гравці цифрового світу. URL: <https://elle.ua/moda/trendy/hto-rozviva-virtualnu-modu-v-ukran-golovn-gravc-cifrovogo-svtu/>
- 21.Черевач В. Цифрова мода: основні чинники виникнення та соціокультурне значення. *Питання культурології*. 2023. № 42. С. 307–315. DOI: <https://doi.org/10.31866/2410-1311.42.2023.293804>
- 22.Шустер О. VR у мистецтві та дизайні: експерименти в цифровому просторі. URL: <https://freshtech.global/ua/blog/vr-in-art-and-design-experiments-in-the-digital-space>
- 23.Як українка будує кар'єру в digital fashion: від 3D-одягу до світових колаборацій. URL: <https://uainfo.org/blognews/1760440949-yak-ukrayinka-budue-kar-eru-v-digital-fashion-vid-3d-odyagu-do-svitovih.html>
- 24.АІ аватар в рекламі: перспективи і можливості, як зробити і кейси відомих брендів. URL: <https://genius.space/lab/ai-avatar-v-reklami-perspektivi-i-mozhливosti-yak-zrobiti-i-kejsi-vidomih-brendiv/>
- 25.ArtaParsa3d. Floral lace backless dress tutorial | clo3d/marvelousdesigner, YouTube, 2023. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=shchJ-FjokM>
- 26.Audiovisual Media Services Directive (AVMSD). URL: <https://www.edf-feeph.org/audiovisual-media-services-directive/>
- 27.CLO. A guide to fabrics and physical properties, YouTube, 2018. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=zYV19dq6NR8>
- 28.CLO. Beginner's guide to CLO part 4 materials & presentation: materials (lesson 1), YouTube, 2020. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=LFtPds-QAWk>
- 29.CLO. Create/Edit V-Ray Lights, YouTube, 2020. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=RZw96hmGtiI>

- 30.CLO3D Members. CLO fabric kit 2.0, YouTube, 2018. URL: https://www.youtube.com/watch?v=HA7HoK6_4Fk
- 31.Derkach A. History of the development and current state of the 3D modelling. *Scientific bulletin of south ukrainian national pedagogical university named after K. D. ushynsky*. 2023. Vol. 2023, no. 4 (145). P. 7–14. DOI: <https://doi.org/10.24195/2617-6688-2023-4-1>
- 32.Digital Services Act, Regulation (EU) 2022/2065. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/2065/oj/eng>
- 33.Filipenko T. Clo3d для початківців. практичний приклад роботи у clo, YouTube, 2023. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=viP6ke0WUho>
- 34.Filipenko T. Початковий крок до супердизайнера: Відкриваємо інтерфейс CLO 3D!, YouTube, 2023. URL: https://www.youtube.com/watch?v=QWR7z_OOujQ
- 35.Filipenko T. Початковий крок до супердизайнера: Про навчання CLO 3D, YouTube, 2023. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=sqHPhBqeXLY>
- 36.Galushko N. 3D fashion and the design of the future. *Актуальні питання та перспективи проведення наукових досліджень : матеріали II міжнародної студентської наукової конференції*, м. Кременчук, 8 жовтня 2021 року. Т. 2. Вінниця, 2021. P. 117–118. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/18748>.
- 37.Lavrenyuk O. Digital fashion in historical and sociocultural discourses. *Humanities science current issues*. 2023. Vol. 1, no. 64. P. 168–175. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4863/64-1-23>
- 38.Maryam Shariati. Angel dress-make flower in: Marvelous &clo3D, YouTube, 2023. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XAw0pzYAONM>
- 39.My Dress Patterns. How to make elastic waistband in clo3d and marvelous designer, YouTube, 2023. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7rNP31TYjkQ>
- 40.My Dress Patterns. How to make realistic neck binding in clo3d\marvelous designer, YouTube, 2021. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=puYAUtZEX3Q>

41. Nazarenko Y. Цифрова мода майбутнього! Як створити 3D-одяг у CLO 3D | Костюм до Дня Святого Валентина, YouTube, 2025. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=0P0BE-wC6Hc>
42. Schauman S., Greene S., Korkman O. Sufficiency and the dematerialization of fashion: how digital substitutes are creating new market opportunities. *Business horizons*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2023.03.003>
43. Simiao W., Yezhova O. V. Semiotic approach to digital fashion: virtual clothing design based on chinese mythology. *Theory and practice of design*. 2025. No. 35. P. 405–412. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.35.43>
44. Van Herten Outerwear. CLO 3d--physical garment production--how to assess fit in 3D, YouTube, 2025. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=iISAwICZGLg>
45. Yezhova O., Pashkevich K. Constructing virtual mannequins with different postures for purposes of 3D design of the clothes. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 2021. Vol. 43, no. 2. P. 392–397. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/18199>
46. 2D і 3D графіка: в чому різниця та яку спеціальність обрати? URL: <https://cgischool.ua/2d-i-3d-grafika-riznytsya-ta-yaku-specialnist-obraty/>
47. 2D проти 3D анімації: ключові відмінності для творців 2025 року. URL: <https://www.meshy.ai/uk/blog/2d-vs-3d-animation>
48. 2D та 3D реклама, візуалізація та анімація. Реклама яка працює. URL: <https://go-media.com.ua/2d-3d/#:~:text=2D%20анімація%20–%20створення%20рекламних%20роликів,для%20ігор%20та%20розважального%20контенту>
49. 3D анімація що це таке і скільки вона коштує. URL: <https://edpit.org/uk/blog-uk/3d-animatsiya-shho-tse-skilki-koshtuye-3d-animatsiya/>
50. 3D-модельовання та візуалізація | TDS Agency. URL: <https://terentevdesignstudio.com/3d-modelyuvannya-ta-vizualizacziya/>

ДОДАТКИ

Додаток А


 МІНЕКОНОМІКИ
 НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
 ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
 «УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ»
 (УКРНОІВІ)
 вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ, 01601, тел.: +380 44 209-27-06, +380 67 501-05-95
 e-mail: office@nipo.gov.ua, http://www.nipo.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 44673629

Розписка про одержання заявки на авторське право на твір
 Дата одержання 01.05.2026 14:38:13

Номер заявки **с202604782** (в подальшому обов'язково посилається на цей номер)
 Заявник Карпенко Дар'я Валеріївна
 Назва авторського права на твір Твір дизайну "Сльоза Афродити"
 Адреса для листування Карпенко Дар'я Валеріївна, вул. Левка Лук'яненка, 4 А, кв. 161, м. Київ, 04207

Подані матеріали
 Вх-АПС/8405-26 Заява про реєстрацію авторського права на твір (арк. - 1, прим. - 1).
 Вх-АПС/8407-26 Платіжний документ, що підтверджує сплату збору за підготовку до державної реєстрації авторського права на твір (арк. - 1, прим. - 1).
 Вх-АПС/8406-26 Примірник твору (в електронній формі) (арк. - 1, прим. - 1).

Приймав(ла) _____ Єрмоленко Н.І.

«УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
 ТА ІННОВАЦІЙ»
 01 МА 2026

Рис. А.1. Оформлення авторського права



Рис. А.2. Сертифікат про участь у X Міжнародна науково-практична конференція «Dynamics of development of science and education: integration and innovation»

Продовження Додатку А



DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF SCIENCE AND EDUCATION: INTEGRATION AND INNOVATION

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURE		
1.	Кононенко Ю.М., Джем М.А. ГЕНЕТИЧНО-ХІМІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ УКРАЇНИ	9
ARCHITECTURE, CONSTRUCTION		
2.	Бістуріє С., Гросул Д. ВИКОРИСТАННЯ 3D-ДРУКУ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ	12
ART		
3.	Куценко С.В. ОСВІТНІЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЯК СКЛАДОВА ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ КЕРІВНИКА ХОРЕОГРАФІЧНОГО КОЛЕКТИВУ	15
4.	Лобода Б.О. ОПЕРНА РЕЖИСУРА ЯК ПРОЯВ ЖАНРОВОЇ ПОЕТИКИ	23
5.	Хиневич Р.В., Пляка А.М. ВИКОРИСТАННЯ 2D-АНИМАЦІЇ У СТВОРЕННІ РЕКЛАМНОГО ВІДЕОКОНТЕНТУ	27
6.	Хиневич Р.В., Карпенко Д.В. ТРАНСФОРМАЦІЯ ВІЗУАЛЬНИХ ОБРАЗІВ У ПРОСТОРІ ЦИФРОВОЇ МОДИ: ВІД ГРАФІЧНОГО ЕСКІЗУ ДО МУЛЬТИМЕДІЙНОЇ АНИМАЦІЇ	29
COMPUTER SCIENCE		
7.	Bishchak D. ARCHITECTURE OF A PLATFORM FOR MULTIMODAL ANALYSIS OF COGNITIVE-MOTOR SIGNALS	31
8.	Sutiahin O. DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR DECISION SUPPORT BASED ON COLLABORATIVE BUSINESS INTELLIGENCE	38

ART
DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF SCIENCE AND EDUCATION: INTEGRATION AND INNOVATIONТРАНСФОРМАЦІЯ ВІЗУАЛЬНИХ ОБРАЗІВ У
ПРОСТОРІ ЦИФРОВОЇ МОДИ: ВІД ГРАФІЧНОГО
ЕСКІЗУ ДО МУЛЬТИМЕДІЙНОЇ АНИМАЦІЇХиневич Руслана Вікторівна
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри мультимедійного дизайну
Київський національний університет технологій та дизайнуКарпенко Дар'я Валеріївна
здобувачка вищої освіти
Київський національний університет технологій та дизайну

Сучасна індустрія моди переживає масштабну трансформацію, де цифрові об'єкти стають окремим активом на перетні дизайну, інформаційних технологій та мультимедіа. Зростання цифрової моди як окремої галузі дозволяє нам переосмислити традиційний одяг, перетворюючи його зі статичного елемента на складне візуальне представлення, інтегроване в метасвіт [1].

Історичний аналіз концепції цифрового одягу показує, що його розвиток був надзвичайно швидким, еволюціонує від початкових плоских комп'ютерних ескізів до зрілих віртуальних предметів одягу. Ключовим фактором цього розвитку став розвиток графічних редакторів, які дозволили перейти від двовимірних ілюстрацій до складних тривимірних структур. Ігрова індустрія зробила значний внесок у цей процес, заклавши основу для формування ринку цифрової моди та визначивши його основні візуальні стандарти як засобу візуальної взаємодії [4].

Одним із технологічних проривів у галузі є перехід від статичних 3D-моделей до динамічних віртуальних зображень. Впровадження алгоритмів моделювання фізики тканин дозволяє цифровим об'єктам реалістично реагувати на рухи тіла, гравітацію та потік повітря, що визначає майбутній напрямок дизайну [2]. Використання антропометричних віртуальних аватарів стало не лише основою для віртуальної примірки, але й основою для створення повноцінного мультимедійного контенту. Технологія анімації зробила цифровий одяг інструментом, який може замінити реальні покази мод, забезпечуючи аудиторію необхідним реалізмом та емоційним зв'язком.

Сьогодні Україна високо інтегрована у світовий цифровий простір. Зусилля місцевих стартапів та дизайнерів-періопрохідців у створенні цифрового ринку одягу демонструють конкурентоспроможність української продукції. Використання віртуальних зображень на мультимедійних платформах безпосередньо сприяє стратегії сталого розвитку (сталого моди), усуваючи потребу у фізичних зразках та мінімізуючи вплив виробництва на навколишнє середовище за рахунок зменшення викидів та споживання ресурсів [3].

29

ART
DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF SCIENCE AND EDUCATION: INTEGRATION AND INNOVATION

Впровадження технології доповненої реальності (AR) відкрило нові напрямки для розвитку галузі, вивісивши на новий рівень інтерактивного досвіду роботи з цифровими лініями продукції.

Список літератури:

1. Chipambwa W., Hahlani O. S. Digital fashion and the metaverse: perspectives from the emerging fashion designers in Zimbabwe. *Fashion and Textiles Review*, 2025. Vol.6. P. 84-101 <https://doi.org/10.35738/ft.r.v6.2025.06>
2. Galushko N. 3D fashion and the design of the future / N. Galushko ; scientific advisor N. Gudkova. Актуальні питання та перспективи проведення наукових досліджень : матеріали II Міжнародної студентської наукової конференції, м. Кременчук, 8 жовтня 2021 року. Т. 2. Вінниця : Європейська наукова платформа, 2021. С. 117-118. URL: <https://er.knmt.edu.ua/handle/123456789/18748>
3. DressX Sustainability Report (2020-2023). Digital Fashion vs Physical Fashion: Environmental Impact Analysis. URL: <https://dressx.com/pages/sustainability>
4. Складенко Н., Ременева Т., Колосніченко М. Цифрова мода як засіб візуалізації взаємодії. Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн-технологій KyivTex&Fashion, м. Київ, 19 жовтня 2023 року. Київ : КНУТД, 2023. С. 276-277. URL: <https://er.knmt.edu.ua/handle/123456789/25475>

30

Рис. А.3. Збірник матеріалів X Міжнародна науково-практична конференція «Dynamics of development of science and education: integration and innovation» – 2026

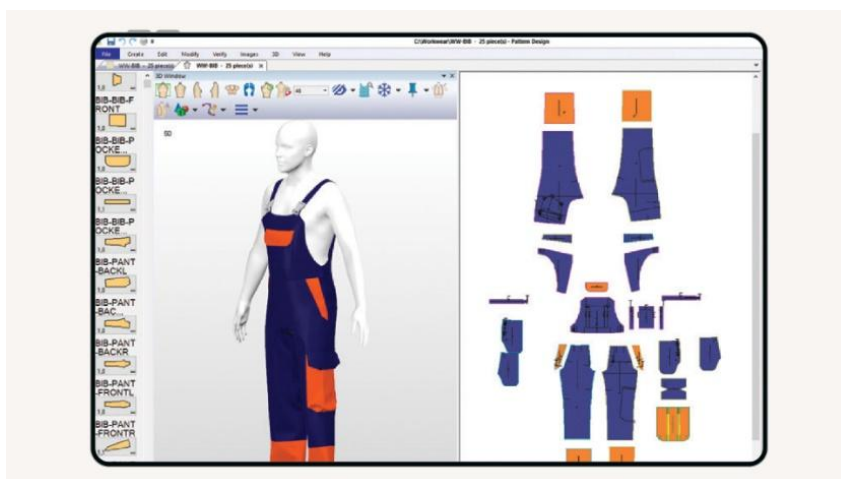


Рис. Б.1. Інтерфейс ранньої CAD-системи для проектування одягу

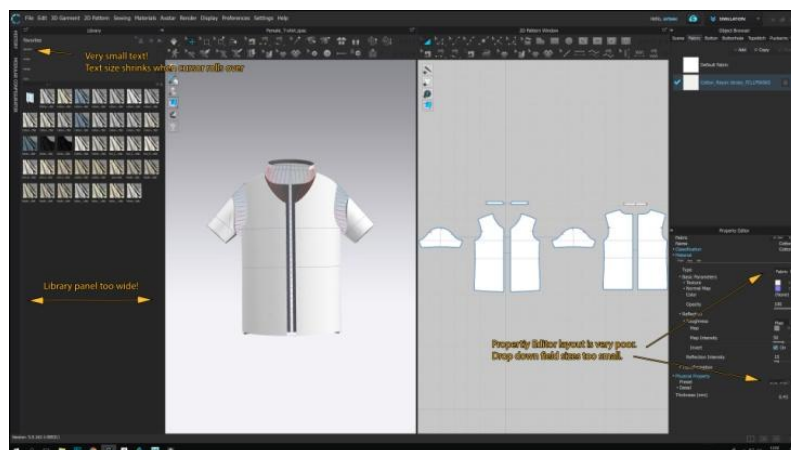


Рис. Б.2. Інтерфейс програми CLO 3D для віртуального проектування одягу



Рис. Б.3. Кадр із цифрового фешн-шоу з використанням віртуальних моделей

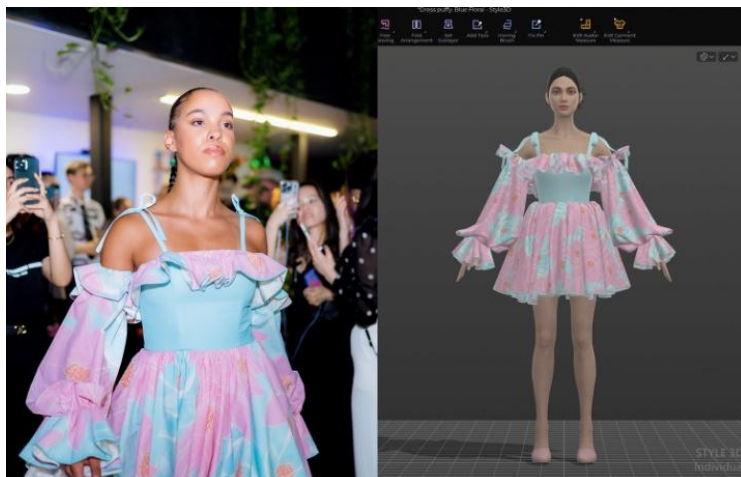


Рис. Б.4. Створення цифрової моделі [22]



Рис. Б.5. Симуляція поведінки тканини різної щільності у програмному середовищі *CLO 3D*



Рис. Б.6. Віртуальний манекен із симуляцією одягу



Рис. Б.7. Робочий інтерфейс *CLO 3D*: паралельна робота з викрійкою та 3D-моделлю



Рис.Б.8. Приклад використання *AI*-аватара у рекламній кампанії бренду



Рис.Б.9. Приклад роботи української дизайнерки Ірини Задорожної у сфері цифрової моди



Рис. В.1. Попередній вигляд сукні «Сльоза Афродити»



Рис. В.2. Образний блок



Рис. В.3. Атмосферний блок