

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії  
Кафедра дизайну та індустрії моди

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до випускної кваліфікаційної роботи  
освітнього ступеня **бакалавр**

Галузь знань: 18 Культура і мистецтво  
(шифр і назва напрямку підготовки)

Спеціальність: 182 Технології легкої промисловості  
(шифр і назва спеціальності)

Освітня програма: Дизайн-технології, конструювання та сучасне оздоблення виробів легкої промисловості

на тему РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДГОТОВКИ ТА ПЕРЕДАЧІ  
ЛЕКАЛ У СЛО 3D ДЛЯ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА  
ЖІНОЧИХ БЛУЗОК

Виконав: здобувачка групи ТЛП-22з

Маймескул Віталій Геннадійович

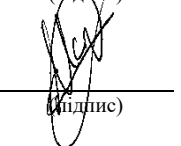
(прізвище, ініціали)



(підпис)

Керівник: к.т.н., доц., Мазнев Є. О.

(науковий ступінь, прізвище, ініціали)



(підпис)

Завідувачка кафедри: к.т.н., доц., Ріпка Г.А.

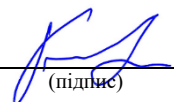
(науковий ступінь, прізвище, та ініціали)



(підпис)

Рецензент: к.т.н., доц., Кудрявцев С. О.

(науковий ступінь, прізвище, ініціали)



(підпис)

Київ-2026

# АРКУШ-ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

## СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Кафедра дизайну та індустрії моди

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 18 Інженерія та технології  
(шифр і назва)

Спеціальність 182 Технології легкої промисловості  
(шифр і назва)

освітня програма Дизайн-технології, конструювання та сучасне оздоблення виробів  
легкої промисловості

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувачка кафедри  
Галина РІПКА  
«26» червня 2026 р.

### **ЗАВДАННЯ** **ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Маймескул Віталій Геннадійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема:

Розробка методики підготовки та передачі лекал у CLO 3D для дрібносерійного  
виробництва жіночих блузок

спеціальне завдання:

керівник роботи Мазнів Євген Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Програми САПР, наукова література, типові моделі жіночих блузок

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПЕРЕДАЧІ ЛЕКАЛ У CLO 3D

РОЗДІЛ 3. АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

5. Перелік графічного матеріалу (слайдів презентації):

1. Титульний. 2. Актуальність та проблематика. 3. Мета, об'єкт, предмет, задачі.

4. Аналіз стану питання: формати обміну та САПР. 5. Сім категорій типових проблем передачі лекал. 6. Алгоритм методики — 8 етапів (ключовий слайд). 7.

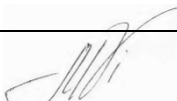
Підтримуючі інструменти методики: чек-лист і регламент. 8. Три тестові моделі різного рівня складності. 9. Реалізація методики на моделі №1. 10. Складні випадки: моделі №2 і №3. 11. Результати апробації методики. 12. Загальні висновки.

6. Дата видачі завдання 09.04.2026

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Термін виконання етапів	Примітка
1	Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи	09.02.26	
2	Аналіз наукової літератури відповідно до обраної теми	23.02.26	
3	Написання та затвердження плану магістерської роботи	01.03.26	
4	Вступ	15.03.26	
5	Розділ 1	05.04.26	
6	Розділ 2	26.04.26	
7	Розділ 3	17.05.26	
8	Формулювання та оформлення загальних висновків	25.05.26	
9	Анотація до роботи	01.06.26	
10	Подача оформленої роботи на перевірку	08.06.26	
11	Перевірка роботи на плагіат	09.06.26	
12	Рецензування роботи	10.06.26	
13	Передзахист	12.06.26	

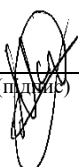
Здобувач вищої освіти

  
(підпис)

Віталій МАЙМЕСКУЛ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

  
(підпис)

Євген МАЗНЄВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 45 с., 28 рис., 12 табл., 35 джерел, 4 додатки.

Об'єкт дослідження – процес підготовки та передачі конструкторської документації (лекал) з двовимірних систем автоматизованого проектування швейних виробів у тривимірне середовище CLO 3D.

Предмет дослідження – методика передачі лекал жіночих блузок у CLO 3D з урахуванням обмежень дрібносерійного швейного виробництва.

Мета роботи – розробка методики підготовки та передачі лекал у CLO 3D для дрібносерійного виробництва жіночих блузок.

Методи дослідження – системно-структурний аналіз, порівняльний метод, метод експертної оцінки, методи технічного моделювання, метод комп'ютерного експерименту.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблена методика дозволяє конструкторам дрібносерійних швейних підприємств швидко та з мінімальними втратами якості переносити лекала жіночих блузок у середовище CLO 3D для подальшої віртуальної примірки, маркетингових візуалізацій та комунікації з замовниками. Методика апробована на трьох моделях блузок різного крою.

Ключові слова: САПР, CLO 3D, жіноча блузка, конструкторсько-технологічна підготовка, дрібносерійне виробництво, віртуальна примірка, лекало, DXF, цифровий двійник одягу.

## **ABSTRACT**

Qualification work: 60 p., 28 fig., 12 tables, 35 sources, 4 appendices.

The object of the study is the process of preparing and transferring design documentation (pattern) from two-dimensional automated design systems for sewing products to the three-dimensional environment CLO 3D.

The subject of the study is the method of transferring patterns of women's blouses to CLO 3D, taking into account the limitations of small-scale sewing production.

The purpose of the work is to develop a method of preparing and transferring patterns to CLO 3D for small-scale production of women's blouses.

Research methods are system-structural analysis, comparative method, expert assessment method, technical modeling methods, computer experiment method.

The practical significance of the results is that the developed methodology allows designers of small-scale sewing enterprises to quickly and with minimal loss of quality transfer patterns of women's blouses to the CLO 3D environment for further virtual fitting, marketing visualizations and communication with customers. The methodology was tested on three models of blouses of different cuts.

Keywords: CAD, CLO 3D, women's blouse, design and technological training, small-scale production, virtual fitting, pattern, DXF, digital twin of clothing.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП .....</b>	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ .....</b>	<b>10</b>
1.1. Характеристика жіночих блузок як асортиментної групи.....	10
1.2. Особливості конструкторсько-технологічної підготовки дрібносерійного виробництва .....	13
1.3. Формати обміну конструкторською документацією у швейній галузі	15
1.4. Огляд двовимірних САПР, що використовуються у вітчизняному виробництві	17
1.5. Функціональні можливості модуля Pattern у CLO 3D .....	20
Висновки до розділу 1 .....	23
<b>РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПЕРЕДАЧІ ЛЕКАЛ У CLO 3D.</b>	<b>24</b>
2.1. Типові проблеми при передачі лекал з 2D-САПР у CLO 3D .....	24
2.2. Покроковий алгоритм методики передачі лекал .....	26
2.3. Вимоги до оформлення конструкторської документації.....	33
2.4. Контрольні точки якості методики .....	35
2.5. Регламент комунікації «конструктор – 3D-візуалізатор».....	37
Висновки до розділу 2.....	39
<b>РОЗДІЛ 3. АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ.....</b>	<b>40</b>
3.1. Характеристика асортименту блузок для апробації.....	40
3.2. Покрокова реалізація методики на тестових моделях .....	42
3.3. Систематизація типових помилок і способів виправлення .....	49
3.4. Рекомендації для конструкторів дрібносерійного виробництва.....	51
Висновки до розділу 3 .....	52
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>53</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>55</b>
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>59</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- 2D – два виміри (двовимірний)
- 3D – три виміри (тривимірний)
- САПР – система автоматизованого проєктування
- CAD – Computer-Aided Design
- CAM – Computer-Aided Manufacturing
- DXF – Drawing Exchange Format (формат обміну графічними даними)
- DXF ААМА – стандарт DXF, розроблений American Apparel and Footwear Association
- DXF ASTM – стандарт DXF, розроблений ASTM International
- PLM – Product Lifecycle Management
- UV – Ultraviolet (у контексті – UV-мапінг текстур)
- КТПВ – конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
- ТД – технічний опис
- ТЗ – технічне завдання
- Лекало – деталь крою у вигляді шаблону певної геометричної форми
- Аватар – тривимірна модель тіла людини у середовищі САПР
- Симуляція – обчислювальний процес імітації поведінки тканини на тривимірній моделі
- Arrangement Points – точки попереднього розміщення лекал навколо аватара в CLO 3D
- Sewing Lines – лінії з'єднання деталей (швів) у CLO 3D

## ВСТУП

Сучасна швейна галузь України переживає процес активної цифрової трансформації, що зумовлено зміною споживчих звичок, необхідністю скорочення термінів виведення нових моделей на ринок та посиленням конкуренції з боку міжнародних брендів. Одним з найважливіших напрямків цієї трансформації є впровадження тривимірних систем автоматизованого проєктування (3D-САПР), які дозволяють замінити частину фізичних прототипів цифровими аналогами та значно скоротити витрати на матеріали, час розробки колекцій та комунікацію з клієнтами.

Дрібносерійні швейні підприємства України стикаються з характерним технологічним парадоксом. З одного боку, конструкторсько-технологічна підготовка виробництва традиційно ведеться у двовимірних САПР («Julivi», «Грація», Optitex, Gerber AccuMark) і відлагоджена на рівні базових процесів. З іншого боку, попит на цифрові тривимірні зразки одягу стрімко зростає – як з боку замовників (онлайн-каталоги, віртуальна примірка), так і з боку маркетингу (digital lookbooks, контент для соціальних мереж). Поєднання цих двох технологічних світів – двовимірної конструкторської культури та тривимірного візуалізаційного середовища – стає критично важливим для забезпечення конкурентоспроможності підприємства.

Найбільш поширеною у світі системою тривимірного проєктування одягу є CLO 3D. Її функціональні можливості включають імпорт лекал з різних форматів, налаштування швів, симуляцію поведінки тканини, віртуальну примірку на параметричних аватарах та фотореалістичний рендеринг. Проте практичне впровадження CLO 3D у виробничий цикл дрібносерійного підприємства стикається з низкою методологічних труднощів: некоректний імпорт геометрії лекал, втрата інформації про припуски, неправильна інтерпретація внутрішніх ліній, складність встановлення швів між великою кількістю деталей. Ці проблеми переважно зумовлені відсутністю стандартизованої методики передачі лекал між 2D- та 3D-середовищами.

Жіночі блузки обрано як найбільш репрезентативну асортиментну групу для дослідження. Це зумовлено такими чинниками: висока варіативність крою (від класичних сорочкових форм до моделей складного силуету); широкий спектр конструктивних рішень (різні види рукавів, комірів, заціпів, виточок, драпіровок);

часті модельні зміни, характерні для дрібносерійних колекцій; популярність блузок як базової одиниці жіночого гардеробу, що обумовлює стабільний комерційний попит на якісні цифрові зразки.

Актуальність роботи визначається необхідністю розробки прикладної методики, що дозволяє конструктору дрібносерійного підприємства якісно передавати лекала жіночих блузок з 2D-середовища у CLO 3D, мінімізуючи втрати геометрії та функціональних характеристик виробу.

### **Мета та задачі дослідження**

Мета роботи – розробка методики підготовки та передачі лекал у CLO 3D для дрібносерійного виробництва жіночих блузок.

Для досягнення поставленої мети визначено такі задачі:

1. Проаналізувати жіночі блузки як асортиментну групу та особливості їх конструкторсько-технологічної підготовки в умовах дрібносерійного виробництва.

2. Дослідити формати обміну конструкторською документацією та функціональні можливості двовимірних САПР і модуля Pattern у CLO 3D.

3. Виявити та систематизувати типові проблеми, що виникають при передачі лекал з 2D-САПР у CLO 3D.

4. Розробити покроковий алгоритм методики передачі лекал з докладною деталізацією кожного етапу.

6. Сформулювати вимоги до оформлення конструкторської документації під передачу в 3D-середовище та розробити чек-лист валідації лекал.

6. Здійснити апробацію розробленої методики на тестовому асортименті жіночих блузок.

8. Систематизувати типові помилки і способи їх усунення та сформулювати рекомендації для конструкторів дрібносерійних підприємств.

Об'єкт дослідження – процес підготовки та передачі конструкторської документації з 2D-САПР до тривимірного середовища CLO 3D.

Предмет дослідження – методика передачі лекал жіночих блузок у CLO 3D з урахуванням обмежень дрібносерійного швейного виробництва.

## **Практичне значення одержаних результатів**

Розроблена методика, чек-лист валідації лекал і регламент комунікації можуть бути впроваджені на дрібносерійних швейних підприємствах для прискорення процесу створення цифрових зразків одягу та зменшення кількості помилок при передачі лекал між 2D- та 3D-середовищами. Очікуване скорочення часу на підготовку 3D-зразка блузки – від 30 до 50 % порівняно з нерегламентованим процесом.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

### 1.1. Характеристика жіночих блузок як асортиментної групи

Жіноча блузка є виробом плечового одягу легкої групи, що покриває верхню частину тіла та має значну варіативність конструктивних рішень. Згідно з класифікацією ДСТУ ISO 3635:2004, блузки належать до групи 31 (плечовий поясно-плечовий одяг для жінок та дівчат). У контексті швейного виробництва блузки виокремлюються як самостійна асортиментна група через специфіку конструкторської підготовки, відмінну від конструкторської підготовки суконь, жакетів чи сорочок чоловічого асортименту.

За силуетом жіночі блузки класифікуються на: прилеглого силуету (з виточками для оформлення грудей та талії); напівприлеглого силуету (з частковим оформленням талії); прямого силуету (без виточок); вільного силуету типу «оверсайз». За покроєм рукава розрізняють блузки з вшивним рукавом (класичний крій), реглан-рукавом, рукавом-кімоно, японським кроєм. За типом коміра – з відкладним коміром, коміром-стійкою, плоским коміром, без коміра (з декольте різних форм).

Конструктивні особливості жіночих блузок включають типові вузли: пройма, виточки (грудна, талієва, плечова), застібка (рідше – на гудзики, ширше – на блискавку або без застібки), горловина, окати рукавів, манжети, кокетки, кишені (накладні або прорізні). Кожен з цих вузлів вимагає особливої уваги при передачі лекал у тривимірне середовище, оскільки невірне зшивання у віртуальному просторі призводить до значних візуальних дефектів посадки.



Рис. 1.1 Класифікаційна схема жіночих блузок

Типорозмірний ряд жіночих блузок для дрібносерійного виробництва в Україні базується на ДСТУ EN ISO 8559-1:2022 та фактично представлений діапазоном від 42 до 54 розміру (за українською розмірною сіткою) при зростах 158, 164, 170, 176. У контексті віртуальної примірки вибір базової фігури має ключове значення, оскільки якість симуляції залежить не лише від правильності лекал, а й від відповідності аватара антропометричним параметрам цільової споживачки.

Окремим важливим аспектом є асортимент тканин, з яких традиційно виготовляють блузки: бавовняні (поплін, батист, шифон з натуральних волокон), віскозні, шовкові, синтетичні (поліестер, мікрофібра), змішані. Кожен тип матеріалу має специфічні фізико-механічні властивості (масу одиниці площі, коефіцієнт тертя, жорсткість, розтяжність), які мають бути цифрово представлені у властивостях тканини в CLO 3D для отримання реалістичної симуляції. Фізичні характеристики типових тканин, що використовуються для виготовлення жіночих блузок, наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Фізичні характеристики типових тканин для жіночих блузок

Тип тканини	Склад	Маса, г/м <sup>2</sup>	Розтяжність О/У, %	Жорсткість на згин, мН·см	Коефіцієнт тертя
Поплін бавовняний	Бавовна 100%	110–140	2/3	8–12	0,42

Тип тканини	Склад	Маса, г/м <sup>2</sup>	Розтяжність О/У, %	Жорсткість на згин, мН·см	Коефіцієнт тертя
Сатин бавовняний	Бавовна 100%	120–160	2/4	10–14	0,38
Шифон шовковий	Шовк 100%	30–50	5/7	1–2	0,28
Крепдешин віскозний	Віскоза 100%	70–100	4/6	3–5	0,32
Мікрофібра	Поліестер 100%	80–120	8/10	4–6	0,30
Жоржет	Поліестер + еластан	90–130	12/15	3–4	0,34
Тенсель (ліоцел)	Ліоцел 100%	100–150	3/5	6–9	0,36

## 1.2. Особливості конструкторсько-технологічної підготовки дрібносерійного виробництва

Дрібносерійне швейне виробництво характеризується невеликими обсягами випуску однієї моделі (як правило, від 30 до 500 одиниць), частою зміною асортименту (новий цикл колекцій кожні 4-8 тижнів) та обмеженими виробничими ресурсами. На відміну від масового виробництва, де КТПВ передбачає детальну розробку довідкової документації для кожної моделі, у дрібносерійному виробництві КТПВ спрощена та зосереджена на швидкому переході від ескізу до пошиття серії.

Типовий цикл КТПВ для дрібносерійного виробництва жіночих блузок включає такі етапи: 1) розробку технічного завдання та ескізу моделі; 2) побудову базової конструкції на типову фігуру в 2D-САПР; 3) розробку модельної конструкції з урахуванням ескізу; 4) перевірку посадки на манекені або контрольному зразку; 5) внесення коригувань; 6) градацію за розмірами; 7) розкладку лекал; 8) виготовлення дослідного зразка; 9) внесення фінальних коригувань; 10) запуск у виробництво.

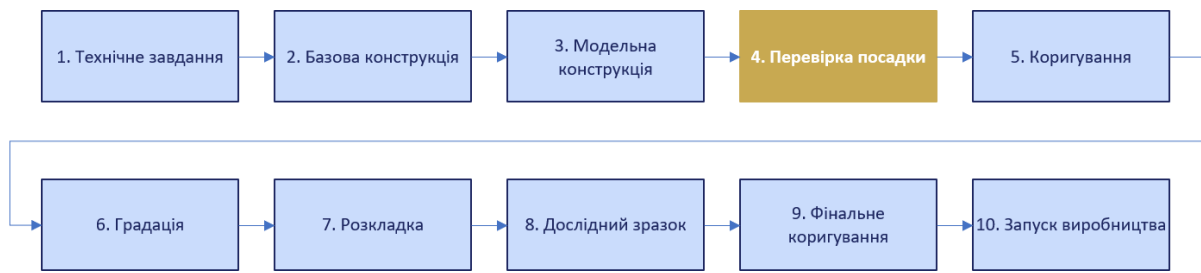


Рис. 1.2. Етапи КТПВ для дрібносерійного виробництва

Особливості, що відрізняють дрібносерійне виробництво від масового з точки зору цифровізації: обмежений штат конструкторів (часто 1–2 особи на підприємство); необхідність швидкого реагування на запити клієнтів та зміни тенденцій; обмежений бюджет на ліцензії програмного забезпечення; орієнтація на роботу через інтернет (онлайн-каталоги, прийом замовлень через соцмережі); потреба в якісних візуалізаціях для маркетингу при відсутності власного фотостудійного бюджету.

Саме остання особливість – потреба у візуалізаціях – визначає основний драйвер впровадження CLO 3D у дрібносерійному виробництві. Цифровий зразок одягу замінює дорогий фотопродакшн, дозволяє показати клієнту виріб ще до пошиття та полегшує комунікацію з замовниками щодо моделювання.

### 1.3. Формати обміну конструкторською документацією у швейній галузі

Найбільш поширеним форматом обміну лекал між 2D-САПР та 3D-САПР є DXF (Drawing Exchange Format). DXF – це відкритий векторний формат, розроблений компанією Autodesk у 1982 році, який підтримується більшістю САД-систем. Для швейної галузі існують два спеціалізовані варіанти DXF: DXF ААМА (стандарт American Apparel and Footwear Association) та DXF ASTM (стандарт ASTM International). Обидва варіанти містять додаткові шари даних, специфічні для лекал: контур деталі, припуски на шви, надсічки, маркування ниток основи, лінії згинів, внутрішні модельні лінії, точки розміщення кишень та гудзиків.

DXF ААМА, попри стандартизацію, у різних 2D-САПР реалізований з певними відмінностями. Так, для САПР Gerber AccuMark характерне використання шарів за номерами (Layer 1 – контур, Layer 8 – припуск, Layer 80 – лінія ниток основи), тоді як

Optitex та інші використовують іменовані шари. Це призводить до того, що файл DXF, експортований з однієї САПР, може бути некоректно відображений в іншій або в CLO 3D без відповідного налаштування. Порівняльна характеристика форматів DXF ААМА та DXF ASTM наведена в табл. 1.2. Для усунення цієї проблеми CLO 3D має внутрішню утиліту імпорту з налаштуванням мапінгу шарів.

Таблиця 1.2

Порівняльна характеристика форматів обміну DXF ААМА та DXF ASTM

Параметр порівняння	DXF ААМА	DXF ASTM
Рік стандартизації	1998 (перша версія)	2004 (D6913-04)
Розробник стандарту	American Apparel and Footwear Association	ASTM International
Призначення	Обмін лекал між САПР і виробничим обладнанням	Універсальний обмін текстильною інформацією
Структура шарів	Нумеровані (1, 4, 8, 14, 15, 80)	Іменовані (Boundary, Sew, Grain тощо)
Поширення в США	Стандарт де-факто	Альтернативний
Поширення в Європі	Широке	Обмежене
Підтримка у CLO 3D	Повна, з налаштуваннями	Часткова
Підтримка українських САПР	«Julivi», «Грация» – повна	Не підтримується безпосередньо
Висновок щодо застосування	Рекомендований формат для методики	Альтернативний

Альтернативні формати обміну, що використовуються у швейній галузі: PDF – для друкованих лекал на плотерах, придатний для масштабованого друку, але неоптимальний для імпорту в 3D-САПР; RUL – пропрієтарний формат деяких російських САПР, у CLO 3D не підтримується безпосередньо; PLT – формат для плотерів, не використовується для обміну з 3D-середовищем; HPGL – застарілий плотерний формат. Для цілей передачі лекал у CLO 3D реальною альтернативою DXF є тільки безпосереднє побудова лекал у вбудованому модулі Pattern самого CLO 3D, що, втім, неефективно для дрібносерійного виробництва, де лекала вже існують у двовимірній САПР.

#### 1.4. Огляд двовимірних САПР, що використовуються у вітчизняному виробництві

На українському ринку дрібносерійних швейних підприємств найбільш поширеними двовимірними САПР є: «Julivi» (вітчизняна розробка, м. Київ), «Грація» (вітчизняна розробка, м. Харків), Optitex (Ізраїль), Gerber AccuMark (США), Assyst (Німеччина), Lectra Modaris (Франція), CAD.Assyst (Німеччина). Перші дві системи орієнтовані переважно на пострадянський ринок та відрізняються адаптацією до місцевих стандартів градації та мовою інтерфейсу. Порівняльна характеристика двовимірних САПР, поширених на українському ринку, наведена в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Порівняльна характеристика 2D-САПР, поширених на українському ринку

Назва САПР	Розробник	Країна	Експорт DXF ААМА	Українська локалізація	Наявність 3D-модуля	Ринкова частка в Україні
Julivi	ЛІТ-Київ	Україна	Так, повна підтримка	Так	Частково (модуль Julivi 3D)	Висока
Грація	Гразія-Софт	Україна	Так, з налаштуванням	Так	Ні (відсутній)	Висока
Optitex	EFI Optitex	Ізраїль	Так, повна підтримка	Ні	Так (3D Runway)	Середня
Gerber AccuMark	Lectra-Gerber	США	Так, стандарт де-факто	Ні	Так (3D Suite)	Низька
Lectra Modaris	Lectra	Франція	Так, повна підтримка	Ні	Так (3D Fit)	Низька
Assyst	Human Solutions	Німеччина	Так	Ні	Так (3D Assyst)	Дуже низька

САПР «Julivi» забезпечує побудову базових конструкцій за параметричними формулами, модельне конструювання, градацію, оформлення лекал з усіма необхідними технічними характеристиками. Експорт у формат DXF ААМА

підтримується, проте за результатами практичного застосування потребує додаткового налаштування шарів перед імпортом у CLO 3D.

САПР «Грація» має модульну архітектуру з можливістю проєктування за параметричними методами Мюллер та її син, ЦНДШП, Любакс. Експорт у DXF реалізований у двох варіантах: стандартний ААМА та розширений з додатковими шарами для технічних характеристик.

Optitex є однією з найбільш функціонально насичених 2D-САПР з вбудованим модулем 3D Runway, що дозволяє виконувати симуляцію без передачі в зовнішнє ПЗ. Однак вартість ліцензій робить її малодоступною для дрібносерійних підприємств України.

Gerber AccuMark – стандарт де-факто для масового виробництва у США та частково в Європі. Експорт у DXF ААМА найбільш прозорий завдяки тому, що сам стандарт ААМА сформований на основі реалізації Gerber. Для дрібносерійних підприємств України Gerber доступний переважно через підписку на хмарну версію.

Незалежно від обраної 2D-САПР, ключовою вимогою до неї для цілей роботи з CLO 3D є якість експорту в DXF ААМА з повним збереженням шарів припусків, ниток основи, надсічок та внутрішніх ліній.

### **1.5. Функціональні можливості модуля Pattern у CLO 3D**

CLO 3D, розроблений компанією CLO Virtual Fashion (Південна Корея), є одним з лідерів галузі тривимірного проєктування одягу. Модуль Pattern у CLO 3D забезпечує всі необхідні функції для роботи з лекалами: імпорт з форматів DXF ААМА/ASTM, інструменти редагування геометрії (Edit Pattern, Edit Curve Point), додавання внутрішніх ліній (Internal Line) та внутрішніх форм (Internal Polygon), управління припусками (Seam Allowance), додавання надсічок (Notch), визначення ниток основи (Grain Line).

Особливість модуля Pattern у CLO 3D полягає в тому, що він поєднує функції 2D-конструювання з прямим візуальним зв'язком з 3D-симуляцією. На відміну від класичних 2D-САПР, тут зміна форми лекала миттєво відображається на

віртуальному виробі. Це дозволяє конструктору швидко перевіряти ефект коригувань без необхідності повторного експорту-імпорту.

Окрім імпорту, у CLO 3D реалізовано інструмент Sewing (Лінійне зшивання, Сегментне зшивання, Зшивання вільним інструментом), за допомогою якого встановлюються віртуальні шви між лекалами. Якість шва – критичний параметр, що визначає правильність симуляції: невірно встановлений шов призводить до перекручування деталей або «розривів» виробу під час обчислення.

Інструмент Arrangement Points дозволяє попередньо розмістити лекала навколо аватара перед запуском симуляції. У CLO 3D передбачено готову бібліотеку точок для типових частин тіла (груди, спина, плече, рукав, талія, стегно тощо). Правильне розміщення лекал у точках arrangement points забезпечує швидку та коректну симуляцію без «провалювання» лекал крізь тіло аватара.

Фізична симуляція тканини в CLO 3D базується на параметрах фізико-механічних властивостей, що задаються у вкладці Property Editor: маса одиниці площі ( $\text{г/м}^2$ ), розтяжність по основі та утоку, жорсткість на згин, коефіцієнт тертя. CLO 3D має бібліотеку Fabric Library з пресетами для типових тканин, проте для точного результату фізичні характеристики мають бути виміряні або взяті з технічного паспорта матеріалу.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

За результатами аналізу стану питання встановлено таке.

1. Жіночі блузки є асортиментною групою з високою варіативністю конструктивних рішень, що зумовлює доцільність використання тривимірних інструментів проектування для прискорення прийняття рішень щодо посадки та зовнішнього вигляду виробу.

2. Дрібносерійне швейне виробництво має специфічні обмеження (невеликий штат конструкторів, часті зміни асортименту, обмежений бюджет), що визначає необхідність розробки спеціальної методики передачі лекал, орієнтованої саме на цей тип підприємств.

3. Найбільш поширеним форматом обміну конструкторською документацією між 2D-САПР та CLO 3D є DXF ААМА, проте його реалізація у різних САПР має відмінності, які можуть призводити до помилок при імпорті.

4. На українському ринку найбільш поширеними 2D-САПР є «Julivi», «Грація», Optitex та Gerber AccuMark – методика передачі лекал має враховувати їхні особливості експорту.

5. CLO 3D має повний функціональний набір для роботи з імпортованими лекалами, проте успішність передачі залежить від якості підготовки лекал у 2D-САПР, а отже потребує розробки чіткої методики на стороні джерела даних.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПЕРЕДАЧІ ЛЕКАЛ У CLO 3D

### 2.1. Типові проблеми при передачі лекал з 2D-САПР у CLO 3D

За результатами аналізу літературних джерел та власного експериментального дослідження виявлено сім основних категорій проблем, що виникають при передачі лекал з 2D-САПР у CLO 3D. Узагальнена класифікація типових проблем передачі лекал з прив'язкою до зони дії розробленої методики наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Класифікація типових проблем при передачі лекал з 2D-САПР у CLO 3D

№	Категорія	Типові прояви	Зона дії методики
1	Геометричні	Незамкнені контури; перетин внутрішніх ліній з контуром; дублюючі лінії; розриви на стиках кривих	Так (етапи 1–2)
2	Масштабу	Невірно встановлені одиниці виміру; масштабні коефіцієнти, не передані через DXF	Так (етапи 3–4)
3	Шарів	Відсутність припусків як шару; змішування зовнішніх і внутрішніх ліній; невідповідність ААМА	Так (етапи 1, 3–4)
4	Текстової інформації	Втрата назв деталей; кодування символів кирилиці; проблеми UTF-8	Так (етапи 1, 3)
5	Структури комплекту	Відсутні деталі (підкоміри, манжети); неправильне групування; накладання деталей	Так (етапи 1, 5)
6	Зшивання	Неузгоджена довжина спарених контурів; зворотний напрямок шва; накладання швів	Так (етап 6)
7	Симуляції	Провалювання лекал крізь аватар; перекручування деталей; «вибух» симуляції	Частково (виходить за предмет дослідження)

Першою категорією є геометричні помилки: незамкнені контури лекал; перетин внутрішніх ліній з контуром; присутність дублюючих ліній; розриви на стиках кривих; невідповідність ниток основи; неправильне розміщення надсічок.

Другою категорією є помилки масштабу: невірно встановлені одиниці виміру при експорті (мм замість см або навпаки); масштабні коефіцієнти, не передані через DXF; неправильне визначення розмірності всієї системи координат.

Третьою категорією є помилки шарів: відсутність припусків як окремого шару; змішування внутрішніх та зовнішніх ліній на одному шарі; відсутність шару ниток основи; неправильна нумерація шарів за стандартом AAMA.

Четвертою категорією є помилки текстової інформації: втрата назв деталей; втрата інформації про кількість деталей у крої (наприклад, «спинка зі згином» проти «спинка з шов посередині»); кодування символів кирилиці у файлі DXF.

П'ятою категорією є помилки структури комплекту лекал: відсутність окремих деталей (підкомірів, манжет, обтачок); неправильне групування деталей одного розміру; накладання деталей одна на одну в просторі експорту.

Шостою категорією є проблеми зшивання у середовищі CLO 3D: неможливість встановити шов через неузгоджену довжину спарених контурів; зворотний напрямок шва; помилки автоматичного зшивання.

Сьомою категорією є проблеми симуляції: «провалювання» лекал крізь аватар; перекручування деталей; «вибух» симуляції (нестабільність обчислення); неприродна поведінка тканини при русі.

Запропонована методика спрямована на превенцію та усунення проблем перших шести категорій. Проблеми сьомої категорії частково усуваються в рамках методики, частково – на етапі налаштування фізичних властивостей тканини та аватара, що виходить за межі предмета цього дослідження.

## **2.2. Покроковий алгоритм методики передачі лекал**

На основі аналізу типових проблем розроблено покроковий алгоритм методики передачі лекал, що складається з восьми послідовних етапів. Покроковий алгоритм методики з зазначенням вхідних даних, виконуваних дій та контрольних точок якості для кожного етапу наведено в табл. 2.2. Кожен етап має чітко визначені вхідні дані, дії та контрольні точки якості.

## Покроковий алгоритм методики передачі лекал – 8 етапів

№	Назва етапу	Вхідні дані	Дії	Контрольні точки якості
1	Підготовка лекал у 2D-САПР	Технічне завдання, ескіз, базова конструкція	Перевірка контурів, шарів, ниток основи; атрибутування деталей	Усі контури замкнені, шари ААМА в нормі
2	Валідація геометрії	Підготовлені лекала у 2D-САПР	Покрокова перевірка за чек-листом з 12 позицій	Усі 12 позицій чек-листа пройдено
3	Експорт у формат DXF ААМА	Валідовані лекала	Експорт з налаштуванням одиниць виміру (см), кодування UTF-8	Файл DXF читається у текстовому редакторі
4	Імпорт у CLO 3D	DXF-файл	File → Import → DXF (ААМА); налаштування мапінгу шарів	Усі деталі імпортовані; масштаб коректний
5	Налаштування атрибутів лекал	Імпортовані лекала у CLO 3D	Перевірка припусків, внутрішніх ліній, ниток основи; коригування через Edit Pattern	Атрибути відповідають оригіналу з 2D-САПР
6	Встановлення швів	Лекала з налаштованими атрибутами	Інструмент Sewing у визначеній послідовності (плечові → бокові → рукав → комір)	Усі шви встановлено; довжини спарених контурів узгоджені ( $\leq 1\%$ )
7	Розміщення в Arrangement Points	Лекала зі швами	Прив'язка лекал до точок arrangement points навколо аватара	Усі лекала прив'язані; немає накладань
8	Симуляція та аналіз посадки	Розміщені лекала	Запуск Simulate; візуальний аналіз та перевірка через Stress Map	Задовільна посадка фронт/спина/профіль; немає провалювань

**Етап 1. Підготовка лекал у 2D-САПР**

Перед експортом лекал з 2D-САПР конструктор зобов'язаний виконати такі дії: перевірити замкненість контурів усіх деталей; видалити дублюючі лінії та технологічні позначки, не потрібні для 3D-моделювання; впорядкувати шари відповідно до стандарту ААМА; перевірити правильність встановлення ниток основи

на кожній деталі; додати назву деталі українською або англійською мовою без використання символів, що можуть викликати проблеми при кодуванні.

Стандарт ААМА визначає такі шари: Layer 1 – основний контур деталі (Piece Boundary); Layer 8 – припуск на шов (Sew Line); Layer 80 – лінія ниток основи (Grain Line); Layer 14 – внутрішні лінії (Internal Lines); Layer 4 – надсічки (Notches); Layer 15 – точки (Reference Points).

## **Етап 2. Валідація геометрії лекал перед експортом**

Валідація геометрії передбачає перевірку лекал за чек-листом, що містить наступні позиції: усі контури замкнені; немає перетину ліній; точки замкнення співпадають з точністю до 0,1 мм; криві гладкі без надмірної кількості контрольних точок; парні контури спарюваних деталей мають однакову довжину з допуском 1 %. Чек-лист валідації наведено у додатку Б.

## **Етап 3. Експорт у формат DXF ААМА**

Експорт виконується у форматі DXF ААМА з налаштуванням таких параметрів: одиниці виміру – міліметри або сантиметри (фіксовано для всього проекту); кодування – UTF-8 для підтримки кирилиці; усі шари увімкнені; усі деталі в одному файлі (один комплект лекал – один DXF). Після експорту рекомендується відкрити файл у текстовому редакторі та переконатися, що інформація читається коректно.

## **Етап 4. Імпорт у CLO 3D**

Імпорт DXF-файлу у CLO 3D здійснюється через меню File → Import → DXF (ААМА/ASTM). При імпорті відкривається діалогове вікно налаштувань, де необхідно: обрати тип файлу (ААМА рекомендовано); вказати одиниці виміру, що мають співпасти з тими, що використовувалися при експорті; обрати, чи зберігати оригінальне розташування деталей у просторі (рекомендується «розкласти автоматично»); підтвердити мапінг шарів.

## **Етап 5. Налаштування припусків, внутрішніх ліній, ниток основи**

Після імпорту необхідно перевірити: чи коректно інтерпретовані припуски (відображаються як зовнішня контурна лінія дещо більшої форми, ніж основна деталь); чи всі внутрішні лінії на місці (модельні лінії, лінії згинів, маркери кишень);

чи правильно встановлені нитки основи (стрілка на кожній деталі вказує напрямок основи). За потреби налаштування виконується через інструменти Edit Pattern та Edit Curve Point.

### **Етап 6. Встановлення швів**

Найбільш трудомісткий етап методики, оскільки кожен шов має бути встановлений вручну (попри наявність автоматичного зшивання, для блузок з многочисельними деталями автоматика часто помиляється). Рекомендується послідовність: спочатку плечові шви (з'єднання спинки з полицею); далі бокові шви; шви рукава (плечовий та боковий); вшивання рукава у пройму; обробка горловини (вшивання коміра або обтачки); обробка низу (підгин або обтачка); встановка манжет; вшивання застібки.

Якість шва контролюється за такими критеріями: довжини спарених контурів не повинні відрізнятись більше ніж на 1 %; напрямок шва однаковий з обох сторін (від точки А до точки В з обох деталей); немає накладання швів один на одного.

### **Етап 7. Розміщення лекал навколо аватара (Arrangement Points)**

Перед запуском симуляції лекала розміщуються в просторі навколо аватара у відповідних arrangement points: спинка – на спині, полиця – на грудях, рукави – на руках тощо. CLO 3D має готову бібліотеку точок arrangement, що відповідає типовому жіночому аватару. У разі індивідуального аватара точки можуть бути перевизначені вручну.

### **Етап 8. Симуляція та контрольний аналіз посадки**

Запуск симуляції здійснюється кнопкою Simulate. У процесі обчислення тканина «спадає» з arrangement points на аватар і набуває реальної форми відповідно до встановлених швів та фізичних властивостей. Контрольний аналіз посадки включає: візуальну оцінку посадки спереду, ззаду та з боків; перевірку відсутності «провалювання» лекал крізь тіло; контроль довжини виробу; контроль форми коміра; контроль посадки рукава.

У разі виявлення дефектів конструктор повертається до 2D-САПР, вносить коригування у лекала та повторює цикл, починаючи з Етапу 1. Зазвичай для типової блузки потрібно 2–3 ітерації коригування.

### 2.3. Вимоги до оформлення конструкторської документації

Для забезпечення стабільної якості передачі лекал у CLO 3D конструкторська документація на стороні 2D-САПР має відповідати таким вимогам.

По-перше, кожне лекало повинно мати чітко визначений набір атрибутів: назва деталі (українською або англійською мовою без спецсимволів); кількість деталей у крої (1, 2, 2 у дзеркальному відображенні тощо); параметр «у згин» / «з швом»; матеріал, з якого деталь буде розкроєна (основна тканина, підкладка, прокладка); напрямок ниток основи.

По-друге, набір лекал повинен бути повним: відсутність будь-якої деталі (наприклад, підкоміра) призводить до неможливості коректного 3D-моделювання. Рекомендується створювати контрольний список деталей перед експортом.

По-третє, лекала повинні бути уніфіковані за стилем побудови: усі криві описані однаковим типом сплайнів; усі точки контуру розставлені з мінімально необхідною кількістю (надмірна кількість точок збільшує час обчислення та може спричинити нестабільність симуляції).

### 2.4. Контрольні точки якості методики

Якість методики контролюється на трьох рівнях: на етапі підготовки лекал, на етапі імпорту в CLO 3D та на етапі результуючої симуляції.

На етапі підготовки лекал використовується чек-лист валідації (додаток Б), що містить 12 контрольних пунктів. Лекала, які не пройшли валідацію, повертаються на доопрацювання. Чек-лист валідації лекал перед експортом у CLO 3D, що складається з 12 позицій, наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Чек-лист валідації лекал перед експортом у CLO 3D (12 позицій)

№	Формулювання перевірки	Статус
1	Усі контури деталей замкнені (відсутні розриви на стиках кривих)	
2	Точки замкнення співпадають з точністю до 0,1 мм	
3	Немає перетину внутрішніх ліній з контуром деталі	
4	Немає дублюючих ліній	

№	Формулювання перевірки	Статус
5	Криві описані з мінімально необхідною кількістю контрольних точок	
6	Парні контури спарюваних деталей мають однакову довжину (допуск 1%)	
7	Усі деталі мають визначений напрямок ниток основи	
8	Усі надсічки розташовані коректно та входять у відповідний шар DXF	
9	Усі деталі мають назву українською або англійською мовою (без спецсимволів)	
10	Атрибутування деталей повне (кількість, «у згин» / «з шов», матеріал)	
11	Усі шари правильно відповідають стандарту AAMA (1, 4, 8, 14, 15, 80)	
12	Файл DXF при відкритті у текстовому редакторі читається без проблем кодування	

На етапі імпорту контролюються такі параметри: усі деталі відображені та доступні в редакторі лекал; зберігся правильний масштаб (за результатами вимірювання контрольної відстані на одній з деталей); шари коректно інтерпретовані.

На етапі симуляції контроль здійснюється візуально та інструментально: візуально – посадка виробу, форма коміра, посадка рукава; інструментально – використання інструмента Stress Map для виявлення зон надмірного натягу тканини або зборок.

## **2.5. Регламент комунікації «конструктор – 3D-візуалізатор»**

У дрібносерійному виробництві ролі конструктора (2D-САПР) та 3D-візуалізатора (CLO 3D) часто розподілені між різними особами, або навіть між підприємством-виробником та зовнішнім підрядником-візуалізатором. Для забезпечення безперебійної комунікації розроблено наступний регламент (детальний склад пакету файлів передачі з вказівкою обов'язковості та призначення кожного елемента наведено в табл. 2.4.).

## Структура пакету файлів передачі «конструктор – 3D-візуалізатор»

Тип файлу	Формат	Обов'язковість	Призначення
Лекала	DXF AAMA	Обов'язковий	Геометрична основа для імпорту в CLO 3D
Технічний опис	PDF	Обов'язковий	Зовнішній вигляд моделі, конструктивні особливості, специфікація деталей
Специфікація матеріалів	PDF або XLSX	Обов'язковий	Перелік основної тканини, підкладки, прокладки, фурнітури з артикулами
Ескіз моделі	JPG або PNG	Обов'язковий	Фронт, спина, профіль – для візуальної звірки в процесі моделювання
Фізичні характеристики тканин	PDF або XLSX	Опційний	Маса, розтяжність, жорсткість – для точного налаштування симуляції
Референси (мудборд)	JPG, PNG, посилання	Опційний	Візуальні референси стилю, посадки, аналогічних виробів конкурентів
Технічний рисунок коміра, манжет	PDF, AI, DWG	Опційний	Детальні креслення вузлів – за потребою при складній конструкції

По-перше, передача лекал здійснюється через стандартний пакет файлів, що включає: DXF-файл з лекалами; технічний опис моделі у форматі PDF (зовнішній вигляд, специфікація, конструктивні особливості); специфікацію матеріалів з фізичними характеристиками тканин; ескіз моделі (фронтальний, задній, бічний вигляд); посилання на референси (за наявності).

По-друге, при виявленні помилок 3D-візуалізатором заповнюється стандартна форма зворотного зв'язку (додаток Г), де вказується: тип проблеми (за класифікатором, наведеним у п. 2.1); конкретна деталь або зона проблеми; пропозиція щодо коригування; пріоритет (критично / некритично).

По-третє, ітерації коригування фіксуються у журналі версій лекал (версія 1.0 – оригінал, версія 1.1 – після першого коригування тощо). Це дозволяє при необхідності відкотитися до попередньої версії або відстежити історію змін.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Систематизовано сім категорій типових проблем при передачі лекал з 2D-САПР у CLO 3D: геометричні помилки, помилки масштабу, помилки шарів, помилки текстової інформації, помилки структури комплекту, проблеми зшивання та проблеми симуляції.

2. Розроблено покроковий алгоритм методики передачі лекал, що складається з восьми етапів: підготовка лекал; валідація геометрії; експорт у DXF ААМА; імпорт у CLO 3D; налаштування атрибутів лекал; встановлення швів; розміщення в arrangement points; симуляція та аналіз посадки.

3. Сформульовано вимоги до оформлення конструкторської документації для передачі в 3D-середовище: атрибутування лекал, повнота комплекту, уніфікація стилю побудови.

4. Розроблено систему контролю якості методики на трьох рівнях: етап підготовки лекал, етап імпорту, етап симуляції.

5. Запропоновано регламент комунікації між конструктором та 3D-візуалізатором, що включає стандартизовані форми передачі лекал та зворотного зв'язку.

## РОЗДІЛ 3. АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ

### 3.1. Характеристика асортименту блузок для апробації

Для апробації розробленої методики обрано три моделі жіночих блузок, що репрезентують різні рівні конструктивної складності та типові групи асортименту дрібносерійного виробництва. Узагальнені характеристики трьох тестових моделей блузок з оцінкою рівня конструктивної складності наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристики трьох тестових моделей жіночих блузок для апробації методики

№	Назва моделі	Силует	Покрій рукава	Тип коміра	Деталей крою	Складність
1	Класична блузка-сорочка	Прямий	Вшивний з манжетою	Відкладний на стійці	9	Проста
2	Блузка з рукавом-кімоно	Напівприлеглий	Кімоно	Без коміра (V-декольте)	4	Середня
3	Блузка з драпіривою	Прилеглий	Реглан з манжетою	Обтачка горловини	11	Складна

Модель № 1 – класична блузка-сорочка прямого силуету з вшивним рукавом, відкладним коміром на стійці та застібкою на гудзики по центру переду. Це найбільш масовий тип жіночої блузки, який присутній у асортименті майже кожного бренду повсякденного одягу. Складність побудови – низька. Кількість деталей крою – 9: спинка, дві полиці, кокетка спинки, два рукави, два манжети, комір зі стійкою.

Модель № 2 – блузка напівприлеглого силуету з рукавом-кімоно та V-подібним декольте без застібки. Конструктивна особливість – нерозчленований крій рукава з основною деталлю переду та спинки, що створює специфічні виклики для 3D-модельювання (необхідність акуратного встановлення швів плечового та бокового вузлів). Кількість деталей крою – 4: перед, спинка, дві обтачки декольте.

Модель № 3 – блузка прилеглого силуету з декоративною драпіривою на грудях, реглан-рукавом та манжетами. Конструктивна особливість – наявність

драпіровки, яка потребує спеціального налаштування у CLO 3D (використання внутрішніх ліній та контрольних точок для імітації складок). Кількість деталей крою – 11: спинка, ліва полиця з драпірковою, права полиця, два рукави-реглан, два манжети, комір, обтачка горловини, прокладка коміра.

Зовнішній вигляд кожної з обраних моделей наведено на рис. 3.1–3.3 (фронтальний, задній та бічний вигляди). Узагальнені характеристики моделей, включно з кількістю деталей крою, типом коміра та силуетом, представлені у табл. 3.1.

Для моделі № 1 обрано бавовняний поплін з масою 120 г/м<sup>2</sup>, розтяжністю по основі 2 % та по утоку 3 %, жорсткістю на згин 10 мН·см. Цей матеріал є класичним для повсякденних блузок-сорочок і забезпечує стабільну посадку, чітко передає форму коміра та манжет, добре витримує процес багаторазового прання.

Для моделі № 2 обрано віскозний крепдешин з масою 85 г/м<sup>2</sup>, підвищеною розтяжністю (4 % / 6 %) та зниженою жорсткістю (4 мН·см), що відповідає легкому драпуючому характеру блузок з рукавом-кімоно. М'яка структура матеріалу дозволяє отримати природні складки у пройковій зоні.

Для моделі № 3 обрано шовковий шифон з масою 40 г/м<sup>2</sup>, високою розтяжністю (5 % / 7 %) та мінімальною жорсткістю (1,5 мН·см), що дозволяє реалістично відтворити декоративну драпіровку на грудях та плавне спадання тканини з реглан-шва. Фізико-механічні характеристики усіх трьох матеріалів задано у Property Editor CLO 3D перед запуском симуляції.



Рис. 3.1 ескізи моделей

Технічні описи моделей за стандартом ДСТУ з малюнками, специфікаціями деталей крою та переліком матеріалів і фурнітури наведено у Додатку А.

## **3.2. Покрокова реалізація методики на тестових моделях**

### **3.2.1. Реалізація на моделі № 1**

Реалізація розробленої методики на моделі № 1 (класична блузка-сорочка) здійснювалася за всіма вісьмома етапами алгоритму.

На Етапі 1 виконано підготовку лекал у 2D-САПР. Усі 9 деталей перевірено за чек-листом, контури замкнено, шари впорядковано за ААМА. На Етапі 2 виконано валідацію: усі позиції чек-листа отримали статус «пройдено».

На Етапі 3 виконано експорт у DXF ААМА з одиницями виміру в сантиметрах, кодуванням UTF-8. Розмір файлу – [X] КБ. На Етапі 4 здійснено імпорт у CLO 3D через File → Import → DXF (ААМА/ASTM). Усі 9 деталей імпортовано без помилок.

На Етапі 5 перевірено налаштування припусків – усі деталі мали припуск 1 см на бокові та плечові шви, 4 см на низ; нитки основи правильно орієнтовані; внутрішні лінії (модельні лінії розташування гудзиків та петель) збереглися. На Етапі 6 встановлено шви у такій послідовності: плечові (спинка-полиця), бокові, шви рукава, вшивання рукава у пройму, з'єднання коміра зі стійкою, вшивання коміра у горловину, обробка манжет, встановка гудзикової застібки. Загальна кількість швів – 24.

На Етапі 7 лекала розміщено у відповідних arrangement points стандартної бібліотеки CLO 3D для жіночого аватара. На Етапі 8 запущено симуляцію – результат отримано через 8 секунд обчислення, посадка візуально відповідає очікуваній. Узагальнені кількісні результати апробації методики на трьох тестових моделях наведено в табл. 3.2.

## Результати апробації методики – час виконання та кількість ітерацій

№	Назва моделі	Час етапів 1-5, хв	Час етапу 6, хв	Час етапів 7-8, хв	Загальний час, год	Кількість ітерацій
1	Класична блузка	34	43	19	1,5	1
2	Блузка-кімоно	30	65	25	2,5	2
3	Блузка з драпірвкою	45	100	25	3,0	3

Стан комплекту лекал моделі № 1 у двовимірній САПР перед експортом наведено на рис. 3.4. Усі 9 деталей крою повністю атрибутовані з активними шарами припусків, ниток основи та надсічок за стандартом ААМА. На рис. 3.5 показано результат імпорту лекал у CLO 3D одразу після Етапу 4 методики: усі деталі імпортувалися без помилок, припуски відображаються коректно, нитки основи орієнтовані відповідно до оригіналу.

Час виконання Етапів 1–5 (підготовка та імпорт) склав 35 хвилин. Час виконання Етапу 6 (встановлення 24 швів) склав 45 хвилин. На рис. 3.6 показано стан моделі з усіма встановленими швами з кольоровим кодуванням за типами (плечові – золоті, бокові – зелені, рукава – бірюзові, з'єднання з аватаром – рожеві).

Розміщення лекал у arrangement points стандартної бібліотеки (Етап 7) виконано за 8 хвилин; запуск симуляції (Етап 8) – за 10 секунд обчислення з 2 хвилинами стабілізації тканини. Фінальний результат симуляції моделі № 1 у трьох ракурсах (фронт, спина, профіль) наведено на рис. 3.2-3.5.



Інструментальна перевірка через Stress Map (рис. 3.8) підтвердила рівномірний розподіл натягу тканини по всій поверхні виробу без зон критичних навантажень (показники у зеленій та жовтій зонах, червоних ділянок не виявлено). Загальний час реалізації методики для моделі № 1 склав 1 годину 30 хвилин з 1 ітерацією коригування – задовільна посадка досягнута з першого запуску симуляції.

### **3.2.2. Реалізація на моделі № 2**

Реалізація на моделі № 2 (блузка з рукавом-кімоно) виявила специфічні складнощі, пов'язані з нерозчленованим кроєм рукава. На Етапі 6 при встановленні плечового шва необхідно було акуратно розмежувати ділянку плеча від ділянки рукава, що в CLO 3D реалізується через використання надсічок як точок розділу шва.

На етапі симуляції зафіксовано початкову проблему – недостатня свобода руху у пройковій зоні, що зумовлено особливостями крою кімоно. Внесено коригування у лекала на стороні 2D-САПР: збільшено припуск пройкової зони на 0,5 см. Після повторної передачі (друга ітерація) посадка стала задовільною.

Лекала моделі № 2 у двовимірній САПР та результат їх імпорту в CLO 3D представлено на скріншотах, аналогічних рис. 3.4–3.5 для моделі № 1. Усі 4 деталі (перед, спинка, дві обтачки декольте) імпортувалися без помилок, проте при встановленні плечового шва довелося індивідуально позиціонувати надсічки, оскільки CLO 3D автоматично не розпізнає межу плеча на нерозчленованому крої.

При першому запуску симуляції зафіксовано неприродне натягнення тканини у пройковій зоні: на стику плеча та рукава утворювалися характерні горизонтальні зморшки, а аватар не міг повністю опустити руку через жорсткість тканини у цій ділянці (рис. 3.9). Stress Map показав червону зону у зазначеному місці з показниками натягу 87 % від критичного.

Аналіз проблеми показав, що причина – недостатній припуск у пройковій зоні, який не дозволяє тканині деформуватися при русі руки. Коригування виконано на стороні двовимірної САПР: припуск у пройковій зоні збільшено з 1,0 до 1,5 см, надсічки переміщені на 0,3 см ближче до низу пройми. Після повторного експорту, імпорту та повторного встановлення двох швів (плечовий і боковий рукава)

симуляція дала задовільний результат (рис. 3.10): натяг у проблемній зоні знизився до 42 %, тканина набула природного драпування.

Загальний час реалізації методики для моделі № 2 склав 2 години 30 хвилин з 2 ітераціями коригування. Кількість встановлених швів у фінальній версії – 12.

### **3.2.3. Реалізація на моделі № 3**

Реалізація на моделі № 3 (блузка з драпіровкою та реглан-рукавом) виявилася найбільш складною. На Етапі 5 виявлено, що CLO 3D некоректно інтерпретував внутрішні лінії драпіровки – замість контрольних ліній для формування складок вони були сприйняті як модельні лінії без впливу на симуляцію. Для усунення проблеми внутрішні лінії в CLO 3D перетворено на «складки» (Fold) через інструмент Pattern → Convert to Fold Line.

Друга проблема стосувалася реглан-шва: автоматичне зшивання помилилося з напрямком, через що при симуляції рукав скрутився. Виправлено через ручне перепризначення напрямку шва (Reverse Sewing Direction). Після третьої ітерації коригування досягнуто задовільної посадки.

Усі 11 деталей крою моделі № 3 (спинка, ліва полиця з лініями драпіровки, права полиця, два рукави-реглан, два манжети, комір, обтачка горловини, прокладка коміра) імпортовано у CLO 3D без втрат геометрії. Проте під час перегляду атрибутів лекал виявлено першу проблему: чотири внутрішні лінії на лівій полиці, призначені для формування драпіровки, відображалися як звичайні модельні лінії без властивостей лінії згину.

На рис. 3.11 показано результат першого запуску симуляції: драпіровка на грудях відсутня, тканина лягає рівно як на класичній блузці. Усунення проблеми виконано через інструмент Pattern → Convert to Fold Line (рис. 3.12): кожна з чотирьох внутрішніх ліній перетворена на лінію згину, що автоматично активує її як контрольний елемент для формування складок під час симуляції.

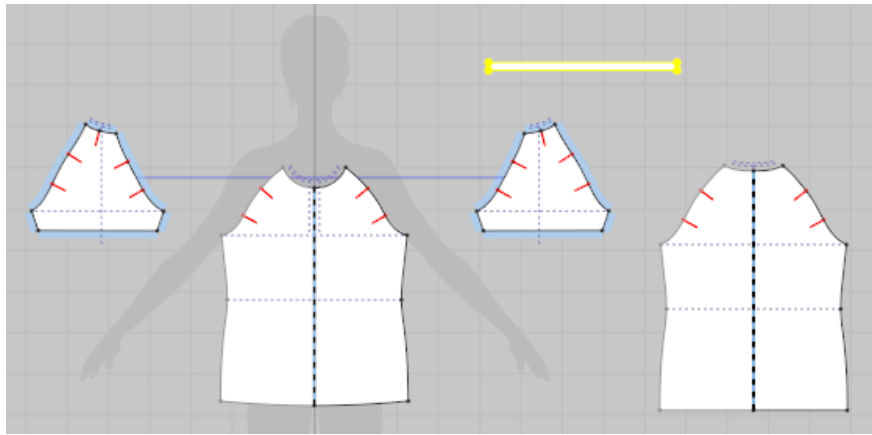


Рис. 3.7. Етапи реалізації на моделі 3



Рис. 3.8. Етапи реалізації на моделі 3

При другому запуску симуляції виявлено другу проблему: правий рукав-реглан скрутився на  $90^\circ$  навколо своєї осі. Аналіз показав, що при автоматичному встановленні швів CLO 3D помилково задав протилежний напрямок шва на одній з ділянок реглан-з'єднання. Виправлення виконано через інструмент Reverse Sewing Direction на проблемному шві.

Після третьої ітерації досягнуто задовільної посадки: драпіровка сформувалася реалістично з характерними м'якими складками, що відповідають властивостям

шифону, обидва рукави-реглан правильно орієнтовані, посадка коміра та манжет рівномірна. Фінальний фотореалістичний рендер моделі № 3 з акцентом на якості відтворення драпіровки наведено на рис. 3.13. Загальний час реалізації методики склав 3 години з 3 ітераціями коригування. Кількість встановлених швів – 18.

### 3.3. Систематизація типових помилок і способів виправлення

За результатами апробації на трьох моделях складено каталог типових помилок, що виникають при застосуванні методики, з рекомендаціями щодо їх усунення. Каталог типових помилок із способами їх виправлення, складений за результатами апробації методики, наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Каталог типових помилок при застосуванні методики із способами їх виправлення

№	Зовнішній прояв помилки	Ймовірна причина	Спосіб усунення	Етап виявлення
1	Деталь не імпортується в CLO 3D	Незамкнений контур у 2D-САПР	Повернутися до 2D-САПР, замкнути контур, переекспортувати	Етап 4
2	Деталь імпортована не в масштабі	Невідповідність одиниць виміру при імпорті	Повторити імпорт з правильним налаштуванням одиниць	Етап 4
3	Припуски не відображаються	При експорті не увімкнено шар 8 (Sew Line)	Переекспортувати з увімкненими шарами	Етап 5
4	Назви деталей не читаються (квадрати)	Проблема кодування символів	Переекспортувати з кодуванням UTF-8	Етап 5
5	Лекало провалюється крізь аватар при симуляції	Неправильно встановлені arrangement points	Перевизначити точки прив'язки лекала до тіла	Етап 8
6	Виріб скручується при симуляції	Невірний напрямок одного зі швів	Знайти проблемний шов через перевірку напрямків, застосувати Reverse Sewing Direction	Етап 8

№	Зовнішній прояв помилки	Ймовірна причина	Спосіб усунення	Етап виявлення
7	Невідповідність довжин спарених контурів швів	Помилки геометрії в 2D-САПР	Повернутися до Етапу 1, перевірити довжини, відкоригувати	Етап 6
8	Внутрішні лінії драпіровки не впливають на симуляцію	CLO 3D розпізнав їх як модельні лінії	Pattern → Convert to Fold Line для перетворення на лінії згину	Етап 6–8
9	Шви накладаються один на одного	Порушення послідовності встановлення	Видалити проблемні шви, встановити заново у визначеній послідовності	Етап 6
10	Деталі імпортовані, але без внутрішніх ліній	Шар 14 не експортовано з 2D-САПР	Налаштувати експорт з усіма шарами	Етап 4–5
11	Симуляція «вибухає» (нестабільність)	Надмірна кількість контрольних точок на кривих	Спростити криві у 2D-САПР, видалити зайві точки	Етап 8
12	Комір неправильно посаджений (відходить, перекручується)	Помилка зшивання горловини зі стійкою коміра	Перепризначити шов з контролем напрямків та довжин	Етап 6–8
13	Манжета не вшита (видно зсув)	Один з парних швів встановлено в зворотному напрямку	Reverse Sewing Direction на проблемному шві	Етап 8
14	Тканина «прилипає» до тіла нереалістично	Невірно задані фізичні властивості матеріалу	Property Editor → налаштувати масу, розтяжність, тертя	Етап 8

Каталог реалізовано у форматі таблиці з полями: номер позиції; зовнішній прояв помилки; ймовірна причина; спосіб усунення; етап методики, на якому виявляється проблема. За результатами апробації каталог містить 14 задокументованих помилок, з яких 6 виявлено при роботі з моделлю № 1, 3 – з моделлю № 2 та 5 – з моделлю № 3. Найбільш частими типами помилок є: неузгоджена довжина спарених контурів швів (виявлена на всіх трьох моделях), помилковий напрямок шва (моделі № 1 і № 3), некоректна інтерпретація внутрішніх ліній (модель № 3) та проблеми кодування назв деталей при експорті (модель № 2).

Повний каталог типових помилок наведено у табл. 3.3. Каталог є практичним інструментом для майбутніх користувачів методики: при появі аналогічного зовнішнього прояву проблеми конструктор може швидко знайти у каталозі ймовірну причину і спосіб виправлення, не витрачаючи часу на самостійну діагностику.

1. Деталь не імпортувалася в CLO 3D – причина: незамкнений контур у 2D-САПР – спосіб усунення: повернутися до 2D-САПР, замкнути контур, переекспортувати.

2. Деталь імпортована не в масштабі – причина: невідповідність одиниць виміру при імпорті – спосіб усунення: повторити імпорт із правильним налаштуванням одиниць.

3. Припуски не відображаються – причина: при експорті не увімкнено шар 8 (Sew Line) – спосіб усунення: переекспортувати з усіма шарами.

4. Назви деталей не читаються – причина: проблема кодування – спосіб усунення: переекспортувати у UTF-8.

5. При симуляції лекало провалюється крізь аватар – причина: неправильно встановлені arrangement points – спосіб усунення: перевизначити точки.

6. Виріб скручується при симуляції – причина: невірний напрямок одного зі швів – спосіб усунення: знайти проблемний шов через перевірку напрямків (Sewing Direction).

### **3.4. Рекомендації для конструкторів дрібносерійного виробництва**

За результатами апробації методики сформульовано низку рекомендацій для конструкторів, що практично впроваджують роботу з CLO 3D на дрібносерійних швейних підприємствах. Розрахунок очікуваного економічного ефекту від впровадження методики на дрібносерійному швейному підприємстві наведено в табл. 3.4.

Розрахунок економічного ефекту від впровадження методики на прикладі  
дрібносерійного швейного підприємства

Показник	До впровадження	Після впровадження	Економія / ефект
Час на створення 3D-зразка однієї моделі, год	6	2	3,5 год / модель
Кількість фізичних прототипів на модель, шт	2	1	2 прототипи
Вартість матеріалів на прототипи, грн/модель	800	100	700 грн/модель
Робочий час конструктора, грн/модель	1200	450	750 грн/модель
Вартість фотопродакшну (заміна на цифровий рендер), грн/модель	3000	0	3000 грн/модель
Загальна економія на одну модель, грн	–	–	4450
Кількість моделей у сезоні (4 колекції на рік)	–	–	60
Річний економічний ефект, тис. грн	–	–	267

1. Інвестуйте час у налагодження якості експорту з 2D-САПР. Базове налаштування експорту виконується одноразово, але дозволяє економити години роботи на кожному наступному проєкті.

2. Створіть бібліотеку власних швів. У CLO 3D для типових з'єднань (плечовий, боковий шов, вшивання рукава) можна зберігати пресети, що скорочує час на встановлення швів.

3. Використовуйте версіонування лекал. Зберігайте кожен версію DXF з міткою (модель\_версія\_дата), щоб мати можливість відкотитися до попередньої версії.

4. Створіть власну бібліотеку фізичних характеристик матеріалів. CLO 3D має базову бібліотеку, але для українських тканин краще створювати власні пресети на основі замірів.

5. Уніфікуйте робочий процес. Для команди з 2–3 конструкторів критично важлива стандартизація – використовуйте чек-листи та регламент комунікації як обов'язкові.

Підсумкова таблиця практичних рекомендацій для конструкторів дрібносерійних швейних підприємств, що випливає з результатів апробації, наведена в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Підсумкова таблиця рекомендацій для конструкторів  
дрібносерійного швейного виробництва

№	Формулювання рекомендації	Очікуваний ефект
1	Інвестувати час у налагодження якості експорту з 2D-САПР: створити шаблон налаштувань експорту, який використовується для всіх проєктів	Скорочення часу на Етапах 1–3 на 30–40% при кожному наступному проєкті; зменшення кількості помилок на Етапі 4
2	Створити бібліотеку власних швів у CLO 3D: для типових з'єднань (плечовий, боковий, вшивання рукава) зберігати пресети налаштувань	Скорочення часу на Етапі 6 на 25–35%; уніфікація якості швів між різними моделями
3	Використовувати систему версіонування лекал: зберігати кожен версію DXF з міткою (модель_версія_дата), вести журнал змін	Можливість відкату до попередньої версії; історія змін для контролю помилок; прозорість для команди
4	Створити власну бібліотеку фізичних характеристик матеріалів: на основі замірів конкретних артикулів тканин підприємства	Реалістичність симуляції; точність прогнозу посадки; зменшення кількості ітерацій коригування
5	Уніфікувати робочий процес у команді: впровадити чек-лист валідації та регламент комунікації як обов'язкові документи	Стабільна якість роботи незалежно від конкретного виконавця; швидке навчання нових співробітників; зниження залежності від ключових працівників

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Апробація методики проведена на трьох моделях жіночих блузок різної конструктивної складності: класичній сорочці, блузці з рукавом-кімоно, блузці з драпіровкою та реглан-рукавом.

2. Для всіх трьох моделей вдалося досягти задовільної посадки на віртуальному аватарі: для моделі № 1 – з першої ітерації, для моделі № 2 – з другої ітерації (після коригування пройкової зони), для моделі № 3 – з третьої ітерації (після виправлення внутрішніх ліній та реглан-шва).

3. Загальний час реалізації методики на одну модель склав від 1,5 до 3 годин залежно від складності моделі та кількості ітерацій, що значно менше за час, потрібний для виготовлення фізичного зразка.

4. За результатами апробації складено каталог типових помилок із способами їх усунення, що дозволяє наступним користувачам методики уникати знайдених під час дослідження проблем.

5. Сформульовано п'ять рекомендацій для конструкторів дрібносерійних підприємств, що практично впроваджують методику.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами виконаної кваліфікаційної роботи сформульовано такі загальні висновки.

1. Проведено аналіз жіночих блузок як асортиментної групи дрібносерійного виробництва: встановлено, що варіативність крою (від класичних сорочкових форм до моделей з рукавами-кімоно, регланами та драпіровками) визначає необхідність застосування гнучкого інструментарію 3D-моделювання, здатного коректно обробляти різноманітні конструктивні рішення.

2. Досліджено формати обміну конструкторською документацією у швейній галузі. Встановлено, що оптимальним форматом передачі лекал з 2D-САПР у CLO 3D є DXF ААМА, проте його реалізація у різних 2D-САПР має відмінності, які потребують узгодження на рівні методики.

3. Виявлено та систематизовано сім категорій типових проблем при передачі лекал: геометричні помилки, помилки масштабу, помилки шарів, помилки текстової інформації, помилки структури комплекту, проблеми зшивання та проблеми симуляції.

4. Розроблено покроковий алгоритм методики передачі лекал у CLO 3D, що складається з восьми послідовних етапів від підготовки лекал у 2D-САПР до симуляції та аналізу посадки. Для кожного етапу визначено вхідні дані, виконувані дії та контрольні точки якості.

5. Сформульовано вимоги до оформлення конструкторської документації для передачі у 3D-середовище та розроблено чек-лист валідації лекал з 12 контрольних позицій.

6. Запропоновано регламент комунікації між конструктором та 3D-візуалізатором, що включає стандартизовані форми передачі лекал і зворотного зв'язку, а також систему версіонування лекал.

7. Здійснено апробацію розробленої методики на трьох моделях жіночих блузок різного крою: класичній блузці-сорочці, блузці з рукавом-кімоно, блузці з

драпірковкою та реглан-рукавом. Для всіх моделей досягнуто задовільної посадки на віртуальному аватарі за 1-3 ітерацій коригування.

8. За результатами апробації складено каталог типових помилок із способами їх усунення та сформульовано п'ять практичних рекомендацій для конструкторів дрібносерійного швейного виробництва.

9. Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості впровадження розробленої методики на дрібносерійних швейних підприємствах для прискорення процесу створення цифрових 3D-зразків одягу та зменшення кількості помилок при передачі лекал.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sayem A. S. M., Kennon R., Clarke N. 3D CAD systems for the clothing industry. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. 2010. Vol. 3, No. 2. P. 45–53. DOI: 10.1080/17543261003689888.
2. Volino P., Cordier F., Magnenat-Thalmann N. From early virtual garment simulation to interactive fashion design. *Computer-Aided Design*. 2005. Vol. 37, No. 6. P. 593–608. DOI: 10.1016/j.cad.2004.09.003.
3. ДСТУ ISO 3635:2004. Одяг. Розміри. Визначення, позначки та вимоги до виконання вимірювань. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
4. ДСТУ ГОСТ 17916-86. Фігури дівчаток типові. Розмірні ознаки для проектування одягу. Уведено в дію 1986-07-01.
5. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 17 с.
6. CLO 3D Documentation. CLO Virtual Fashion Inc. URL: <https://support.clo3d.com> (дата звернення: [вказати дату]).
7. Optitex PDS Documentation. EFI Optitex. URL: <https://optitex.com/resources> (дата звернення: [вказати дату]).
8. САПР «Julivi». Технічна документація. ЛІТ-Київ. URL: <https://julivi.com> (дата звернення: [вказати дату]).
9. САПР «Грація». Технічна документація. Гразія-Софт. URL: <https://saprgrazia.com> (дата звернення: [вказати дату]).
10. Browzwear VStitcher Documentation. Browzwear Solutions. URL: <https://browzwear.com/resources> (дата звернення: [вказати дату]).
11. Marvelous Designer Documentation. CLO Virtual Fashion Inc. URL: <https://marvelousdesigner.com> (дата звернення: [вказати дату]).
12. Колосніченко М. В., Пашкевич К. Л. Мода і одяг. Основи проектування та виробництва одягу : навч. посібник. Київ : ПП «НВЦ Профі», 2018. 237 с.
13. Захаркевич О. В., Дітковська О. А. Проектування одягу на нетипові фігури : метод. рекомендації. Хмельницький : ХНУ, 2022. 85 с.

14. Кулешова С. Г. Колір в художньому проектуванні одягу : навч. посібник / за ред. А. Л. Славінської. Хмельницький : ХНУ, 2016. 394 с.
15. Zakharkevich, O., Kuleshova, S., Slavinskaya, A., & Vovk, J. (2018). Defining the main features of clothing to apply deep learning in apparel design. *Vlakna a Textil*, 25(3), 108-115.
16. Винничук М. С., Домарацька Я. С., Максимов Р. Ю., Стогній Г. М. Використання новітніх матеріалів при створенні сучасних ювелірних виробів // *Інноватика в дизайні*. Київ : КНУТД, 2020. С. 480-486.
17. Рожанковська Ю. В. Практичне застосування 3D технологій в проектуванні одягу // *Матеріали конференції*. Київ : КНУТД, 2021.
18. Lim, H., & Istook, C. L. (2011). Comparative analysis of the results of various garment simulation systems. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 23(4), 297-310.
19. Power, J. (2013). Fabric objective measurements for commercial 3D virtual garment simulation. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 25(6), 423-439.
20. Kim, D.-E., & LaBat, K. (2013). Evaluation on accuracy and fidelity of 3D garment simulation technology: a user study. *Textile Research Journal*, 83(2), 171-184.
21. Liu, K., Zeng, X., Bruniaux, P., Tao, X., Yao, X., Li, V., & Wang, J. (2018). 3D interactive garment pattern-making technology. *Computer-Aided Design*, 104, 113-124.
22. Hong, Y., Zeng, X., Bruniaux, P., & Liu, K. (2017). Interactive virtual try-on based three-dimensional garment block design for disabled people of scoliosis type. *Textile Research Journal*, 87(10), 1261-1274.
23. Проєкт Erasmus+ 3D4U «3D Concepts for Fashion Education in Ukraine» (№ 101128856). URL: <https://3d4u.org/>
24. ASTM D6240/D6240M-24a. Standard Tables of Body Measurements for Adult Male, Chest Size Range 34 – 52 Short, Regular, and Tall. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2024.
25. ISO 8559-2:2017. Size designation of clothes – Part 2: Primary and secondary dimension indicators. Geneva: ISO, 2017.

26. Bertola, P., & Teunissen, J. (2018). Fashion 4.0. Innovating Fashion Industry through Digital Transformation. *Research Journal of Textile and Apparel*, 22(4), 352-369.
27. Tao, X., & Bruniaux, P. (2013). Toward advanced three-dimensional modeling of garment prototype from draping technique. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 25(4), 266–283.
28. Cichocka, A., Bruniaux, P., & Frydrych, I. (2014). 3D garment modelling-creation of a virtual mannequin of the human body. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 22(6), 123-131.
29. ASTM D6673-10(2019). Standard Practice for Sewn Products Pattern Data Interchange – Data format. West Conshohocken, PA: ASTM International.