

**Проектування  
типологічних рядів одягу  
із застосуванням експертних систем**

**Монографія**

УДК: 687.01  
ББК: 37.24  
П79

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Хмельницького національного університету  
протокол № 8 від 28.02.2019*

**Авторський колектив:**

*Славінська А. Л.*, д-р техн. наук, проф. (п. 1.1, 1.5, 4.1.3, 5.3; розд. 3);  
*Захаркевич О. В.*, д-р техн. наук, доц. (п. 1.4, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 5.6; розд. 2);  
*Кошево Ю. В.*, канд. техн. наук, доц. (п. 1.3, 2.4, 3.5.2, 4.4, 4.5, 5.4);  
*Кулешова С. Г.*, канд. техн. наук, доц. (п. 1.2, 3.5.3, 4.1.1, 4.1.3, 5.6)

**Рецензенти:**

*Березненко С. М.* – д-р техн. наук, проф. кафедри технології та конструювання  
Київського національного університету технологій та дизайну;  
*Пелик Л. В.* – д-р техн. наук, проф., зав. кафедри товарознавства  
та технології непродовольчих товарів  
Львівського торговельно-економічного університету;  
*Домбровський А. Б.* – канд. техн. наук, проф. каф. технології та конструювання  
виробів із шкіри, Хмельницького національного університету.

*Матеріали подані в авторській редакції.  
Жодна частина цього видання не може бути відтворена  
чи передана у будь-якій формі без письмової згоди  
авторського колективу.*

П79

**Проектування** типологічних рядів одягу із застосуванням експертних систем : монографія / **А. Л. Славінська, О. В. Захаркевич, Ю. В. Кошево, С. Г. Кулешова.** – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 193 с.  
ISBN 978-966-330-347-5

Подані узагальнені результати багаторічних досліджень у галузі забезпечення гнучкості конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Системно викладені наукові основи проектування типологічних рядів одягу із застосуванням експертних систем, що дає можливість підвищення конкурентоздатності продукції.  
Для науковців, аспірантів і студентів спеціальності «Технології легкої промисловості».

**УДК: 687.01**  
**ББК: 37.24**

ISBN 978-966-330-347-5

© Авт. колектив, 2019  
© ХНУ, оригінал-макет, 2019

## ВСТУП

---

Одним з пріоритетних завдань швейної галузі України є забезпечення конкурентоздатності виробів на внутрішньому і зовнішньому ринках при суттєвих зниженнях трудовитрат на етапі конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

Відсутність науково-обґрунтованих принципів інтелектуальної підтримки творчого процесу евристичного проектування одягу, недостатність методологічного забезпечення типізації поліваріантних конструктивно-технологічних різновидів одягу не дозволяють забезпечити гнучкість конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. При цьому проблема цілеспрямованого формування асортиментних груп одягу спорідненого призначення, адекватних відповідному спектру потреб споживачів і сучасним технологіям перерієнтації виробництва, набула особливої гостроти. Концепція типового проектування для підвищення мобільності асортименту в умовах підприємства потребує нових підходів до встановлення структурно-інформаційних зв'язків перетворення ознак функціонального призначення виробу на рівні конструкції, пакета матеріалів, технології оброблення.

В умовах тотальної глобалізації модні тренди мають тенденцію до переміщення від континенту до континенту протягом невеликого проміжку часу. Відповідно автоматизація і інтелектуалізація процесів розробки нових моделей одягу дозволить задавати тон на світовому модному ринку.

Аналіз сучасного стану організаційно-технічного рівня швейного виробництва свідчить про розширення застосування новітніх інформаційних технологій. Сьогодні формалізовані практично всі етапи проектування одягу. Будь-яке навіть найменше підприємство використовує результати наукових розробок, що забезпечують автоматизацію праці фахівця швейної галузі. Тому область передових наукових інтересів давно перемістилась за межі звичайної формалізації та автоматизації не лише виробничих процесів, але й сфери проектування та виготовлення швейних виробів.

Механізм гнучкого регулювання асортиментної політики підприємства із застосуванням можливостей експертних систем передбачає типологічний підхід до формалізації об'єктів проектування з використанням принципів трансформації.

Останні десятиліття людство працює у напрямі розробки штучного інтелекту, який у швейній галузі реалізується через функціонування експертних систем на різних етапах проектування. Розвитку наукових досліджень в цьому напрямі присвячені роботи виконані науковцями Південної Кореї, Росії та інших країн світу.

Експертна система – це вузькоспеціалізований складний програмний комплекс, що дозволяє або дуже швидко приймати стандартні рішення, або на основі тривалого діалогу з користувачем допомагати у виборі рішення.

Експертна система перевищує можливості людини при роботі з інформацією, що містить символічні змінні; забезпечує коректну роботу з інформацією, яка містить помилки, за рахунок використання ймовірнісних методів досліджень; дозволяє проводити одночасну обробку альтернативних версій; за вимогою пояснює хід кроків реалізації програми, тобто забезпечує можливість обґрунтування рішення та відтворення шляху його прийняття.

В основі будь-якої ЕС лежить наближена модель прийняття рішення людиною-експертом, що базується на досвіді фахівця, у заданій проектній ситуації. Проектні ситуації у швейному виробництві задаються видом одягу, який виготовляється на підприємстві в певний проміжок часу. Відповідно для формування експертної системи доцільно розглянути особливості асортиментної політики підприємств та умови її зміни.

Безпосередньо принципи побудови та функціонування експертних систем розроблені і працюють вже досить давно. Будь-яка експертна система є набором сталих знань (базою даних), взаємозв'язків між ними, і певних евристик (прийомів вирішення творчих, складних задач), які в сукупності становлять базу знань. Особливо успішно такі бази реалізовані в галузях, які підпорядковуються чіткій математичній логіці і легко формалізуються. Проте швейна продукція підпорядковується неформальним алгоритмам більш творчого характеру.

Особливостям трансформації в галузі проектування та експлуатації одягу присвячені роботи А.Л. Славінської, Л.Ш. Шамухитдінової, Н.В. Остапенко, К.Л. Пашкевич, Н. Коо та ін. Проблеми розробки об'ємних форм виробів різного асортименту розглянуті у працях В.С. Кузьмічова, М.М. Раздомахіна та ін. Проектування гнучких потоків відображено Т.А. Гордєєвою, Н.С. Мокєєвою, В.С. Муригіним. Особливості роботи експертних систем у процесах конструкторської підготовки виробництва відображені у роботах Е.С. Колосової, М. Santos, К.Р. Chang. Однак, більшість робіт ґрунтуються на дослідженнях конкретних видів асортименту.

У виданні, з метою компактності тексту, часто вживані словосполучення та терміни подані у вигляді скорочень, система яких наступна:

БД – база даних;

БЗ – база знань;

БК – базова конструкція;

ВМК – вихідна модельна конструкція;

ЕС – експертна система;

ЄМКО РЕВ – єдина методика конструювання одягу країн Ради економічної взаємодопомоги;

ЗТ – засіб трансформації;

КДЕ – конструктивно-декоративні елементи;

КТО – коефіцієнт тангенціонального опору;

КТР – конструктивно-технологічне рішення;

ЛПМР – ланцюг перетворення модельних рішень;

МДУТД – Московський державний університет технологій і дизайну;

ОККР – окреме конструктивно-композиційне рішення;

САПР – система автоматизованого проектування;

ТЕ – трансформуючі елементи;

ЦНДШП – Центральний науково-дослідний інститут швейної промисловості;

ЯПФ – ярусно-паралельна форма.

## *Розділ 1.*

# **КОНЦЕПЦІЯ ГНУЧКОЇ ПЕРЕОРІЄНТАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА НА ЗАСАДАХ ТИПІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ**

---

Процес проектування одягу на швейних підприємствах здійснюється відповідно до типового процесу проектування, що має на меті скорочення часових і трудових витрат на проектування і виготовлення виробів із задоволенням потреб якомога більшої кількості споживачів. Результатом цього стали розробки різноманітних систем моделей одягу, основною метою проектування яких є забезпечення асортиментної різноманітності виробів системи за рахунок моделей-модифікацій, які характеризуються значними композиційними і конструктивними відмінностями з позиції споживача і мінімальними змінами з позиції проектувальника.

З переходом України на ринкові відносини до організації виробництва висуваються нові вимоги: гнучкість, тобто здатність у будь-яку мить перейти на випуск нових видів продукції; оптимальність – здатність функціонувати з найменшими витратами; випуск продукції високої якості і точно у строк.

Вимоги гнучкості виробництва сприяють створенню потоків з гнучкою організаційно-технологічною структурою, в яких задіяні працівники з полікваліфікацією, що має на увазі суміщення одним виконавцем різних функцій і операцій трудового процесу. Гнучкі технологічні потоки можуть проектуватись різними методами, в основі яких лежить або модульний, або технологічний принцип організації робочих місць. Спільною ознакою гнучких технологічних потоків є використання технологічно однорідних моделей, які характеризуються спільністю технологічних методів їх обробки і монтажу, а технологічна подібність моделей базується на спільності конструктивних ознак.

Для швейного виробництва випуск продукції повинен характеризуватись оптимальним різноманіттям асортименту з розрахунком на конкретні групи споживачів і з урахуванням необхідності і перспективи моделей. Формування асортименту – проблема життєвого циклу продукції, що починається з моменту зародження задуму про її створення та закінчуючи вилученням з виробничої програми. Для подовження життєвого циклу виробу необхідно інтенсифікувати виведення товару на ринок, стабілізувати збут і своєчасно переключитись на нові вироби. Перших три позиції відносяться до галузі маркетингових досліджень, а своєчасний перехід на нові вироби прямо пов'язаний із мобільністю виробництва та його здатністю до скорочення тривалості етапів проектування в умовах змінності моделей.

### **1.1. Історичний аспект формування базових виробів сучасного асортименту верхнього одягу**

Сучасні вимоги до швейного виробництва диктують необхідність інтенсивного оновлення асортименту і збільшення випуску продукції. Насичення споживчого ринку швейними виробами вимагає для розробки асортиментної концепції застосування ринкової орієнтації на засадах гнучкого поєднання можливостей основного виробництва з інтенси-

фікацією конструкторсько-технологічної підготовки. Виконання цих вимог забезпечує розробка цілеспрямованої промислової колекції моделей, яка сформована з моделей, що містять типові деталі та вузли. Технологічна однорідність моделей, деталі яких відрізняються оздобленням і пристосовані до певної групи устаткування ґрунтується на адресному моделюванні і конструюванні [1], що є актуальним для інтенсифікації виробництва.

Світовий досвід свідчить, що впровадження новітніх інформаційних технологій в процеси конструкторської і технологічної підготовки виробництва дозволяє більш чітко управляти асортиментною політикою у сфері конкурентоспроможної швейної продукції. Конкурентоспроможність значною мірою визначається стильовою новизною конкретного виду одягу за умови високого рівня технічного виконання в умовах підприємства. Нова мода – це нові силуетні форми, нові пропорції одягу. Перерозподіл деталей, зміна їхньої форми відіграє важливу роль в оновленні асортиментної одиниці на основі використання принципу морфологічної трансформації. У гардеробі сучасної жінки завжди присутній жакет, різновид якого сформувався історично [2]. Систематизація основних типів жіночого жакета в історичному аспекті наведена на рис. 1.1 [3].

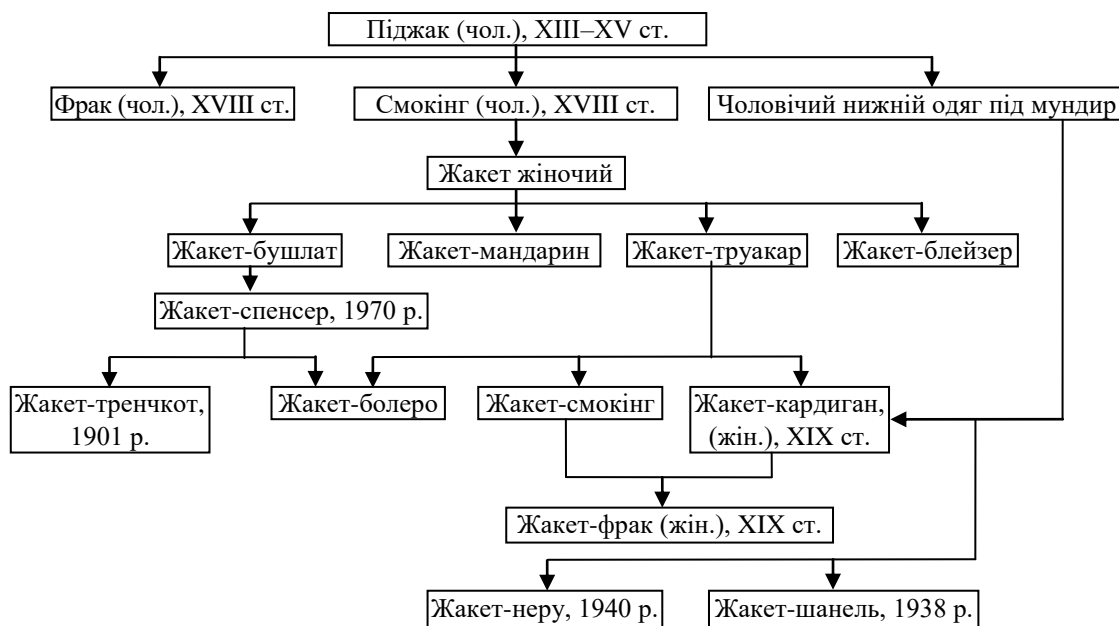


Рис. 1.1. Схема історичного утворення асортиментного комплексу жіночих жакетів

Назви типів жакетів і опис зовнішнього вигляду свідчать про походження від чоловічого піджака. Перелік історичних типів жакета свідчить про належність до однієї типологічної групи. Застосування принципу перетворення графа понять у ярусно-паралельну форму [4] дозволяє створити типологічний ряд морфологічної трансформації в процесі модифікування конструкції базового типу жакета. Для побудови графа сформовано множини основних типів жіночого жакета, які підлягають морфологічній трансформації за ознаками силуету і пропорцій (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

**Номенклатура асортиментного комплексу жіночого жакета**

Тип жакета	Тип жакета	Тип жакета	Тип жакета	Тип жакета
1. Жакет класичний	3. Мандарин	5. Шанель	7. Кардиган	9. Тренчкот
2. Неру	4. Блейзер	6. Угорка	8. Спенсер	10. Болеро

Вихідний граф із системою взаємозв'язків між типами жакетів наведений на рис. 1.2.

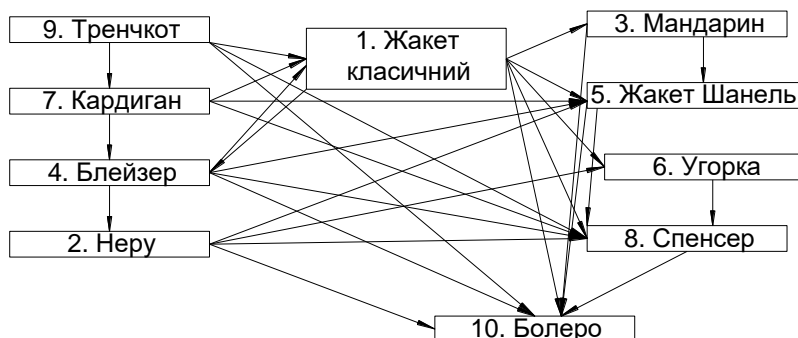


Рис. 1.2. Вихідний граф асортименту жіночого жакета з урахуванням морфологічної трансформації модифікування

Типологічна систематизація дозволила розділити множину виробів на чотири шари за ознаками оптимальних зв'язків для розгляду життєвого циклу асортиментного комплексу за принципом кругообігу в межах оновлення геометричної структури (рис. 1.3) [3].

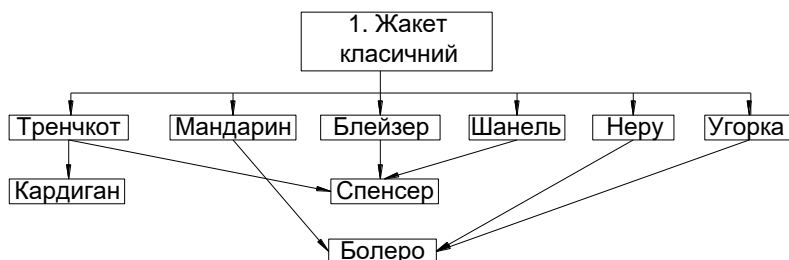


Рис. 1.3. Структурно-смысловая модель асортименту жіночого плечового одягу для вектора стильового модифікування

Асортиментна стратегія є обов'язковим елементом концепції розвитку підприємства. Вона передбачає комплексну підготовку виробництва для продовження життєвого циклу продукції. Розгляд жакета як об'єкта проектування доцільно виконувати з двох позицій суспільно-цілісної (аксіологічної) і морфологічної. Історичний розвиток типів жакета базується на використанні аксіологічного поля, тобто даних про призначення, функцію, користь, цінність тих або інших морфологічних комбінацій в описах досліджуваних ситуацій.

Еволюційний розвиток різновидів жіночого плечового верхнього одягу та фактори, що впливають на виникнення нових різновидів, представлено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

**Еволюційний розвиток асортименту жіночого плечового верхнього одягу**

Період виникнення	Походження	Сучасна назва	Етимологія назви
<i>Військові дії</i>			
Початок XX ст.	Формений верхній одяг військових моряків	Бушлат	нім. Brust – груди, latte – лати, захист грудей
XVIII ст.	Формений військовий одяг	Кітель	нім. Kittel – блуза
XIX–XX ст.	Сухопутні війська	Шинель	фр. chenille (гуси́нь, вид позументу)
Початок XX ст.	Військова форма часів Першої світової війни	Тренчкот	англ. trench coat – буквально «траншейні пальта»

Продовження таблиці 1.2

Період виникнення	Походження	Сучасна назва	Етимологія назви
<b>Поява нових матеріалів</b>			
1860 – кінець XIX ст.	Назва вовняного сукна	Ольстер	англ. Ulster, ірл. Cúige Uladh
1850	Щільна вовняна тканина	Дафлкот	англ. duffel coat
<b>Вплив відомих особистостей</b>			
Кінець XVIII ст.	Лорд Спенсер	Спенсер	англ. spencer
Середина XIX ст.	Шотландець Чарльз Макінтош	Макінтош	англ. mackintosh
Перша світова війна (1914–1918 рр.)	Британський фельдмаршал Джон Дентон Френч	Френч	–
Початок XIX ст. (Кримська війна)	Лорд Кардиган	Кардиган	–
1721–1764 рр.	Маркіза Помпадур	Пальто помпадур	–
XX ст.	Шанель	Жакет-шанель	–
<b>Трансформація речей</b>			
Кінець XX ст.	Сорочка	Жакет-сорочка	–
	Сукня	Сукня-пальто, сукня-смокінг	–
<b>Запозичення з інших асортиментних груп</b>			
Кінець XX ст.	Бушлат	Жакет-бушлат	–
	Шинель	Жакет-шинель	–
	Штормівка	Куртка-штормівка	–
	Шинель	Пальто-шинель	–
XVIII ст. – початок XIX ст.	Для верхової їзди	Редингот	англ. riding coat
XIX ст.	Фрак для верхової їзди	Фрак (парадний одяг)	–
<b>Вплив національних костюмів і лінгвокультур різних країн світу</b>			
Початок XX ст.	Маньчжурський національний одяг	Жакет мао	Мао Цзедун
40-ві роки XX ст.	Національний одяг чоловіків (Індія)	Жакет неру	Джавахарлала Неру
50-ті роки XX ст.	Національний одяг народів Крайньої Півночі	Анорак, аляска	Інуктітут anorak

Віртуальна множина різновидів жіночого плечового верхнього одягу (табл. 1.3) сформована в результаті аналізу еволюційного розвитку, а також з урахуванням даних спеціальної літератури з конструювання і моделювання швейних виробів, стандартів, енциклопедичних, технічних та інших словників, а також спеціальних довідників. Оскільки за ДСТУ 2027–1992 наведені в ньому визначення допускається змінювати, вводячи до них похідні ознаки, розкриваючи значення використаних термінів, вказуючи на об'єкти, які входять в обсяг визначеного поняття, то кожен різновид представлений узагальненим визначенням, що поєднує у собі всі можливі значення ознак [5].

Таблиця 1.3

## Номенклатура асортименту жіночого плечового верхнього одягу

Код	Різнovid виробу	Визначення	Джерело
1	2	3	4
<b>Пальто</b>			
1	Анорак	Плащ-півпальто на утепленій підкладці з застібкою (зазвичай подвійною), з поясом і кокетками	[1, 7–12]
2	Дафлкот	Півпальто прямого силуету з капюшоном, застібка на нависні петлі із шнурка чи шкіри і дерев'яні гудзики у вигляді паличок. Характерно низькі кокетки спереду і ззаду або додаткові плечові накладки, великі накладні кишені. За традицією використовують однотонні вовняні тканини з начосом	[8–13]

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4
3	Макінтош	Легке пальто прямого силуету з відкладним коміром, шлицею на спинці, потайною застібною, рукавами-реглан, з навскісними прорізними кишеньками з листочкою, також характерно пояс і пати на рукавах. Класична форма верхнього одягу	[1, 8–12, 14]
		Пальто або плащ із прорезиненої тканини, що не промокає	[8–12]
4	«Міське» пальто	Пальто з рукавами реглан, навскісними кишеньками; подовжений піджак	[10, 11]
5	Ольстер	Довге вільне двобортне пальто з грубововняного сукна, з поясом і капюшоном	[1, 8–12, 14]
6	Пальто	Плечовий верхній одяг з різних видів матеріалів і сировини з рукавами та розрізом або застібною згори донизу, який вдягають на костюмно-сукняний одяг і яким укривають тулуб і частково або цілком ноги; призначений для створення теплового захисту в різних кліматичних умовах	[10, 15]
		Верхній вуличний розпашний одяг з рукавами (довгий або довжиною 3/4), із застібною спереду, зверху донизу, частіше з кишеньками і коміром. Зазвичай пальта шиють на підкладці. Вони можуть бути різних силуетів: прямого, трапецієподібного, прилягаючого, напівприлягаючого з різною формою коміра і рукавів	[1, 7–9, 11–15]
7	Пальто реглан	Розширене до низу, з невеликим коміром. Особливість – рукав реглан	[1, 11, 13]
8	Пальто-халат	Прямого або розширеного силуету з поясом на зав'язку. Рукав вільний, подовжена лінія плеча. Застібка відсутня (розпашне)	[11, 13]
9	Пильник	Вільне літнє пальто без підкладки. Силует – прямий або розширений	[11, 14]
10	Півпальто	Різновид пальта	[10, 15]
		Коротке пальто, що не доходить до колін	[1, 7–9, 11–15]
13	Редингот	Пальто прилягаючого/напівприлягаючого силуету, двобортне, з відкладним коміром, прямими довгими рукавами, що закінчуються манжетами. Характерно: оздоблення коміра і клапанів кишень оксамитом, довга шлиця на спинці, іноді присутня пелерина. Жінки носять редингот розширений від лінії талії	[1, 8, 9, 11–14]
14	Сак	Мішкувате жіноче пальто прямого силуету	[1, 11]
15	Свінгер	Коротке пальто (довжиною до колін) із шерстяної тканини або хутра, спинка розкльошена	[10, 11, 13]
16	Тренчкот	Пальто або плащ напівприлягаючого силуету, з глухою застібною, з відкладним коміром і лацканами, що застібаються, накладними кишеньками, погонами, хлястиками, поясом, хомутиками, зі шлицею на спинці, а також відлітними кокетками. Класична форма верхнього одягу	[1, 8, 9, 11–14]
<b>Плащ</b>			
1	Анорак	Плащ-півпальто на утепленій підкладці з застібною (зазвичай подвійною), з поясом і кокетками	[1, 8, 14]
3	Макінтош	Пальто або плащ із прорезиненої тканини, що не промокає	[8, 9, 11, 12]
11	Плащ	Плечовий верхній одяг із рукавами та розрізом або застібною згори донизу, яким укривають тулуб і частково або цілком ноги; призначений для захисту від опадів	[10, 15]
		Верхній широкий одяг без рукавів	[1, 7–9, 11–15]
12	Плащ-тренч	Характерно: прямий силует, рукава реглан, відлітна кокетка спереду і ззаду, прорізними кишеньками, двобортне, високо розміщеною застібною, відкладним коміром на стійці, погона, хлястики на рукавах, пояс (ремінь з пряжкою), шлиці	[1, 8, 9, 11–14]
16	Тренчкот	Пальто або плащ напівприлягаючого силуету, з глухою застібною, з відкладним коміром і лацканами, що застібаються, накладними кишеньками, погонами, хлястиками, поясом, хомутиками, зі шлицею на спинці, а також відлітними кокетками. Класична форма верхнього одягу	[1, 8, 9, 11–14]
17	Шаперон	Короткий плащ з капюшоном	[10, 11, 13]

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4
<b>Куртка</b>			
1	Анорак	Водозахисна тепла куртка з капюшоном, нерознімна застібка	[8, 9, 11, 12]
		Літня куртка з легкої тканини, з кишенями кенгуру на грудях, без застібки, з капюшоном, низ призбираний резинкою	[8, 9, 11, 12]
		Різновид куртки	[10, 15]
19	Блузон	Коротка вільна куртка, з пришивним поясом внизу, що щільно облягає стегна, рукава з пришивними манжетами, застібка на гудзики або кнопки (накладні кишені і невеликий стояче-відкладний комір)	[1, 8–14]
		Різновид куртки	[15]
22	Жакет-бушлат	Тепла куртка на підкладці. Характерна двобортна застібка, невеликий відкладний комір, чотири прорізні кишені (2 – горизонтальні, з клапаном середньої величини, 2 – вертикальні, без клапанів). Зазвичай з однотонного сукна	[10, 11, 13]
26	Каба	Широка куртка прямого силуету з капюшоном, оздоблена тасьмою з китицями	[1, 11, 13, 14]
28	Куртка	Плечовий верхній одяг із рукавами, розрізом або застібкою згори донизу, яким укривають тулуб і частково стегна	[10, 15]
		Верхній плечовий короткий одяг з рукавами, не має чітко визначеного покрою і форми, застібка будь-якої довжини	[1, 7–9, 11–15]
30	Норфолк	Мисливська куртка, довжиною до стегон, на спинці дві глибокі складки, на талії вшитий пояс, на грудях і стегнах великі накладні кишені зі складками і клапанами	[1, 8, 9, 11–14]
35	Френч	Куртка воєнного типу з 4-ма накладними кишенями, поясом і хлястиками ззаду	[1, 8, 9, 11–14]
<b>Жакет</b>			
18	Блейзер	Різновид піджака	[15]
		Жакет спортивного типу, прилягаючого силуету з накладними нагрудними кишенями, застібка на металеві гудзики, із вовняної фланелі або габардину	[1, 8, 9, 11–14]
20	Веста	жіночий жакет з вишивкою	[1, 11]
21	Жакет	Плечовий верхній швейний або трикотажний жіночий, дівчачий і трикотажний чоловічий одяг з рукавами, розрізом або застібкою згори донизу, яким укривають тулуб і частково стегна	[10, 15]
		Верхній одяг із застібкою, довжиною, що покриває стегна	[1, 7–9, 11–15]
23	Жакет-спенсер	Короткий жакет до лінії талії, прямого або прилягаючого силуету. Може бути однобортним або двобортним, з коміром і лацканами або без них	[1, 7–9, 11–15]
		Різновид жакета	[10, 15]
24	Жакет-тренчкот	Характерно: відлітна кокетка, накладні кишені, погони. Носять з поясом, який може бути протягнутим в куліску. Шийють його із щільної тканини	[1, 7–9, 11–15]
25	Жилет	Жакет без рукавів, плечовий верхній одяг з проймами без рукавів	[1, 7–15]
27	Кардиган	Прямий подовжений жакет без коміра і лацканів, з круглим або V-подібним вирізом, як правило з кишенями	[1, 8, 11–14]
29	Мандарин	Жакет прямого силуету з широкими прямими рукавами, без коміра або з невеликою стійкою, застібка на нависні петлі і гудзики, які розміщені, як правило, асиметрично, верхній кут правої пілочки зрізаний по діагоналі	[11, 13]
31	Смокінг	Дво- або однобортний жакет, зазвичай чорного кольору, дуже відкритий на грудях, як правило із застібкою на один гудзик, з лацканами або коміром типу шаль, покритий атласною або шовковою тканиною	[8–13, 15]
32	Труакар	Жіночий жакет довжиною 3/4 від загальної довжини костюма; довгий піджак	[1, 11, 13, 14]
33	Болеро	Жакет, короткий, вище талії, частіш за все без коміра (на застібку або без неї)	[1, 8, 9, 11–14]
		Різновид жакета	[10, 15]
34	Фрак	Жакет, відрізний по лінії талії, пілочки скошені, з довгими вузькими фалдами ззаду	[1, 8, 9, 11–14]
–			
13	Редингот	Прилягає по лінії грудей, застібка двобортна, високий комір, пелерина, прямі довгі рукава з манжетами, вертикальні прорізні кишені	[11]
–			
25	Жилет	Плечовий верхній одяг з проймами без рукавів, яким укривають тулуб або тулуб і частково стегна	[10, 15]

## **1.2. Напрями застосування евристичних прийомів комбінаторного синтезу в системі «Конструктор»**

Евристика як наука займається побудовою евристичних моделей процесу пошуку оригінального вирішення задачі. Згідно з [16] евристики – це певні правила, оцінюючі функції, критерії відбору для оцінки перспективності варіанта прийнятого рішення. Якість евристики в значній мірі залежить від інтуїції людини і її ерудиції в області проблеми або процесу, що розглядається. Встановлення евристик у процесі автоматизованого проектування у багатьох випадках визначає правильну побудову алгоритму рішення задачі.

Способи або правила рішень творчих інженерних задач називають евристичними прийомами, в яких міститься короткий припис або розпорядження, як перетворити існуючий прототип, або в якому напрямі потрібно вести пошуки, щоб одержати пошукові рішення. Евристичні прийоми звичайно не містять прямої однозначної вказівки, як перетворити прототип. Якщо евристичний прийом має відношення до задачі, що розглядається, то він містить «підказування», яке полегшує одержання пошукового рішення, однак не гарантує його знаходження. Багато евристичних прийомів можуть бути успішно використані в різних галузях техніки. Вони з часом морально не старіють і стають корисними для інших винахідників. Якраз на цих властивостях базується метод евристичних прийомів, який інтегрує в методично доступній формі досвід багатьох винахідників.

На сьогодні розроблено і досить ефективно використовують значну кількість евристичних методів. Універсальних серед них немає, проте в кожній конкретній ситуації рекомендовано намагатися використовувати ряд методів, оскільки основне їх призначення полягає в активізації творчої діяльності людини. У [17] виконано аналіз розвитку уявлень різних вчених про евристичні методи.

З розвитком обчислювальної математики багато евристичних методів і їх рішення формалізуються і переходять у клас чітко встановлених методів числових рішень [18]. Найвідоміші серед методик вирішення винахідницьких задач наступні: морфологічний підхід; систематичний підхід І. Мюллера, що базується на евристичному алгоритмі вирішення винахідницьких задач; методики мозкового штурму А.Ф. Осборна, синектики, Д.С. Пірсона (базується на його рівнянні творчості), фокальних об'єктів Ч.С. Вайтінга, інженерного проектування систем, комплексного рішення технічних проблем С. Віта, творчого інженерного конструювання Г.Р. Буля.

За евристичним принципом методи вирішення винахідницьких задач можна розділити на наступні основні види: методи евристичної аналогії, евристичного комплексу, евристичного розподілу та редукції, евристичної інверсії і методи евристичного комбінування. Ці групи діляться на множину методів: адаптація, інверсія, аналогія, комбінування, компенсація, динамізація, агрегування, блочно-модульне конструювання, резервування, мультиплікація, метод розчленування, асоціація, ідеалізація, тощо, опис яких представлений у таблиці 1.4 [5]. В [11] за допомогою каталогу евристичних прийомів і методів комбінаторики пропонують здійснювати трансформацію виробу.

Отже, методи евристичного проектування дозволяють значно спростити складні системи, виявити істотні зв'язки і використати математичні методи дослідження, що є необхідною передумовою для формування формальних правил функціонування експертних систем (ЕС), які імітують процес прийняття рішення людиною.

Практика проектування конструкції швейних виробів показує, що для цього процесу характерне виконання проектних процедур, що базуються на елементах геометричного перетворення [16]. При їх автоматизації необхідно описати операції, які відображають реальний процес отримання того чи іншого рішення.

Таблиця 1.4

**Методи евристичного проектування**

Суть методу	Примітка
<b>Адаптація</b>	
Процес пристосування до мінливих умов зовнішнього середовища; будови і функцій організмів чи механізмів до умов навколишнього середовища	–
<b>Інверсія</b>	
Метод отримання нового технічного рішення шляхом відмови від традиційного погляду на задачу	При цьому погляд на задачу здійснюється зазвичай з діаметрально протилежної позиції. Якщо говорити про елементи об'єкта, то вони зазвичай міняються місцями
<b>Аналогія (метод прецеденту)</b>	
Використання технічного рішення з інших областей науки та техніки	Аналогічні рішення, що використовуються для рішення інженерних задач, можуть бути запозичені із живої природи як конструкції, так і елементи біомеханіки. Окрім того, метод прецеденту (аналогії) використовує аналогію з раніше розробленими конструкціями
<b>Комбінування</b>	
Використання у конструкції у різному порядку і в різних поєднаннях окремих технічних рішень, процесів, елементів	При цьому можна знайти нову якість, додатковий позитивний ефект
<b>Компенсація</b>	
Урівноваження небажаних і шкідливих факторів засобами протилежної дії	–
<b>Динамізація</b>	
Перетворення нерухомих і незмінних елементів конструкції із нерухомих і незмінних у рухомі елементи змінної форми	–
<b>Агрегування</b>	
Створення множини об'єктів або їх комплексів, що здатні виконувати різні функції, або існувати в різних умовах. Досягається шляхом зміни складу об'єкта або структури його складових частин	Способи агрегування: 1) поєднання агрегатів із самостійним об'єктом, що являє собою комплекс; 2) агрегування приєднанням, коли до базової складової частини можуть приєднуватися різні залежні складові частини, агрегати, вузли, деталі; 3) агрегування зміною, коли в об'єкті можуть використовуватись найрізноманітніші варіанти складових частин за різної компоновки
<b>Блочно-модульне конструювання</b>	
Створення виробів на основі модулів та блоків	–
<b>Резервування (дублювання)</b>	
Збільшення числа технічних об'єктів для підвищення надійності виробу в цілому	–
<b>Мультиплікація</b>	
Підвищення ефективності за рахунок використання декількох робочих органів, які виконують одні і ті самі функції	–
<b>Метод розчленування</b>	
Умовне розділення традиційних технічних об'єктів для спрощення виконуваних функцій та операцій	–
<b>Асоціація</b>	
Використання властивостей психіки при появі одних об'єктів у певних умовах викликати активність інших, пов'язаних із першими	Збіг певних ознак різних об'єктів дозволяє знайти нехарактерні рішення
<b>Ідеалізація</b>	
Наділення реальних об'єктів нереальними, нездійсненними властивостями і вивчення їх як ідеальних (точка, лінія, абсолютно тверде (чорне) тіло тощо)	Метод дозволяє значно спростити складні системи, виявити істотні зв'язки і використати математичні методи дослідження

У швейній промисловості найбільш поширеними є описові характеристики з використанням природної мови. Для формалізації такої інформації доцільно використовувати кодування. Приклади таких кодувань широко представлені у наукових публікаціях, пов'язаних з розробкою класифікаторів, асортиментних кодів виробів тощо [19–21] і використовуються переважно для автоматизації евристичних процесів проектування.

Евристичні методи використовуються тоді, коли відсутні численні (розрахункові) методи або їх застосування неефективне через довге розв'язування і потребу збору великої кількості даних. Евристики дозволяють скоротити можливі варіанти рішень інтуїтивним шляхом. Сам процес мислення, при цьому, здійснюється у вигляді стрибків, швидких переходів з пропуском окремих ланок.

Циклічність розвитку природних процесів певним чином відбивається й на процесах виробництва різних виробів. Перехід від повністю індивідуального виготовлення одягу до серійного, масового виробництва знову зазнає впливу природного прагнення людини бути неповторною серед інших людей. Проте, це не означає необхідність відмови від застосування принципів уніфікації й агрегування, навпаки, проведені численні дослідження дозволили узагальнити і науково обґрунтувати наявні відомості, що стало поштовхом до розробки нових методів, які раніше вважалися нетрадиційними в проектуванні одягу. Саме такі методи, які базуються на принципах модульного синтезу, можуть найкращим чином врівноважити запити конкретного споживача й швейного виробництва. Відомо, що дослідження і застосування методів, що базуються на принципах трансформації існуючих об'єктів або їх частин, дозволяє здійснювати комбінаторний синтез нових моделей на основі матриці ескізних елементів (системи «Конструктор») з наступною реалізацією їх на етапі конструкторської розробки [22]. Таким чином, комбінаторний синтез як метод типового проектування одягу, базується на використанні морфологічної матриці, яка в свою чергу складає основу евристичного методу морфологічного аналізу.

Суть його полягає в тому, що у виробі або об'єкті, яким цікавляться, виділяють групу основних конструктивних або інших ознак. Для кожної ознаки вибирають альтернативні варіанти, тобто можливі варіанти його виконання або реалізації. Комбінуючи їх між собою, можна одержати багато різних рішень, в тому числі і таких, які представляють практичний інтерес. При застосуванні цього методу складають морфологічні таблиці, заповнені можливими альтернативними варіантами і з усієї множини комбінацій вибирають найкращі рішення. Наприклад, авторами [23] запропоновано алгоритм генерування технічного ескізу жіночої спідниці зі скінченного числа варіантів основних конструктивно-композиційних рішень спідниць (див. рис. 1.4) [23]. Алгоритм забезпечує отримання технічного ескізу, що відповідає вимогам замовника, проте обмежений лише асортиментом спідниць.

Прикладом успішної реалізації методу морфологічного аналізу у САПР одягу можна вважати систему PatternMaster Boutiqueх5 (див. рис. 1.5). Як видно з рисунка ліва частина вікна представляє собою морфологічну матрицю, а права – генерований ескіз виробу. Програма PatternMaster Boutiqueх5 призначена для проектування широкого асортименту жіночого верхнього одягу [24]. Конкретну модель можна сформувати шляхом комбінування варіантів модельних рішень горловин, виточок, застібок, комірів, рукавів, манжет, кишень та інших деталей, а також шляхом зміни їх геометричних параметрів. Результат користувач переглядає у вигляді технічного ескізу та креслень готових лекал.

Окрім безсумнівних переваг системи PatternMaster Boutiqueх5, до яких можна віднести швидкість та наочність виконуваних дій, програма має ряд недоліків: закритість системи, неможливість розширення каталогу елементів. Яскравим прикладом реалізації евристичних методів проектування одягу є те, що сьогодні у країнах Європи успішно працюють в мережі Інтернет віртуальні ательє, на сайтах яких споживачу пропонують виготовлення індивідуального замовлення, яке формується з готових елементів [25].

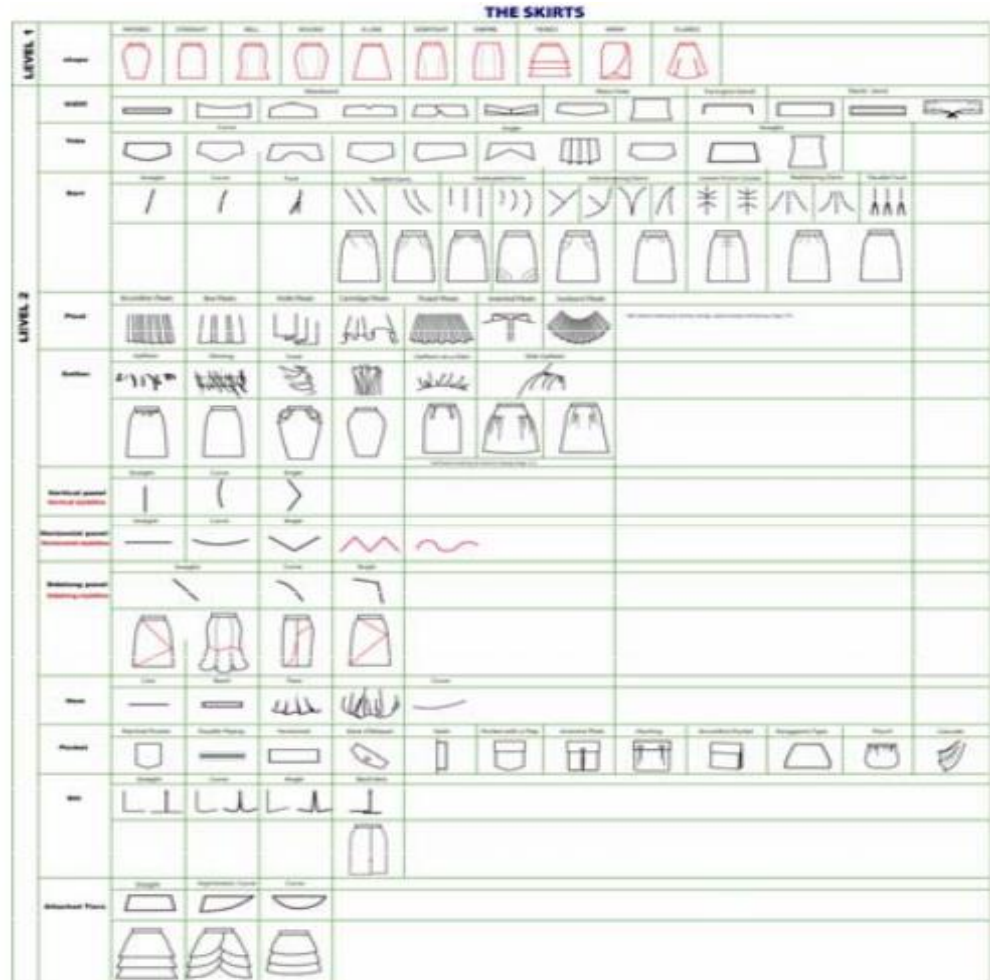


Рис. 1.4. Побудова технічного ескізу спідниці жіночої методом комбінаторного синтезу

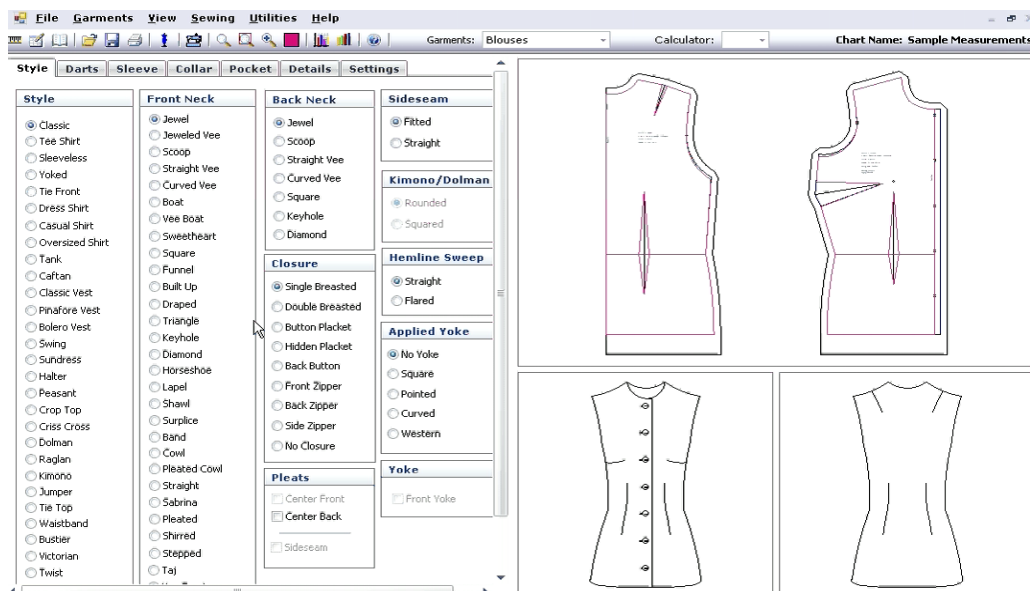


Рис. 1.5. Використання методу морфологічного аналізу у САІР PatternMaster Boutique x5

При цьому надається каталог матеріалів для виготовлення певного виду одягу, споживач вказує індивідуальні параметри фігури та формує бажаний виріб не тільки з основних деталей або вузлів, але й вибирає фурнітуру й варіанти оздоблення.

За твердженням [26] такий спосіб проектування одягу належить до модульної групи перетворень. В свою чергу, за [27] методи комбінаторного і модульного формоутворення належать до системи трансформативного формоутворення виробів. Принцип трансформації має фундаментальне значення у формоутворенні сучасного предметного світу, а за принципом морфологічної трансформації моделюється сам механізм проектного мислення і проектного формоутворення предметного світу.

Згідно з [28] впорядкування і структуризація знань – шлях до побудови такого середовища знань, яке б давало змогу скерувати людське мислення на створення нових об'єктів і дослідження їх функціонування. Взаємозв'язки і особливості роботи морфологічного середовища зображають за допомогою графів. Опис процесів перетворення елементарних частинок знань, формування структур, які зображатимуть конструкції проєктованих виробів, доцільно виконувати за допомогою алгебри предикатів. Використання алгебри предикатів для опису процесів перетворення об'єктів і графа для представлення структури морфологічного середовища дає змогу представити трансформацію об'єктів у формальному вигляді.

Таким чином, постає необхідність дослідження особливостей процесу трансформації для виявлення механізму евристичного проектування одягу.

### 1.3. Інформаційні моделі багатоальтернативних конструктивно-технологічних рішень виробів типологічного ряду

Принцип багатоальтернативного моделювання систем полягає в тому, що жодна єдина модель не може у достатній мірі адекватно описати всі аспекти функціонування системи. Достатньою мірою адекватний математичний опис системи можна отримати шляхом побудови множини моделей, кожна із яких складена під певним кутом зору і відображає певний аспект поведінки або структури системи.

Багатоальтернативність моделювання можна реалізувати різними методами. Одним з них є принцип ієрархічності, який передбачає побудову ієрархічної сукупності моделей. При цьому вихідна модель системи дає найбільш загальне уявлення. Така модель будується на початковому етапі проектування і може не включати окремих деталей і аспектів поведінки або структури системи. Кожний наступний рівень ієрархії містить більш конкретні моделі концептуального, логічного і фізичного уявлення про спроектовану систему, в основу яких покладено задачу евристичного багатоальтернативного проектування [5].

Виявлення і опис проблемної ситуації дає вихідну інформацію для постановки задачі прийняття рішень. Задача прийняття рішень направлена на визначення оптимального способу дії для досягнення поставлених цілей [29].

Прийняття рішень відбувається у часі, тому вводиться поняття процесу прийняття рішень, який складається з послідовності етапів і процедур, направлених на усунення проблемної ситуації.

В процесі прийняття рішень формуються альтернативні варіанти рішень і оцінюється їх перевага. Перевага – це інтегральна (підсумкова) оцінка якості рішень, яка основана на об'єктному аналізі (знаннях, досвіді, проведенні розрахунків і експериментів) і суб'єктивному розумінні цінності і ефективності рішень.

Кінцевим результатом задачі прийняття рішень є рішення, яке передбачає розпорядження до дії, зі змістовної точки зору рішенням може бути спосіб дії, план роботи, варіант проекту і т.д.

Згідно з [29] рішення зветься допустимим, якщо воно задовольняє обмеженням: ресурсним, правовим, морально-етичним. Для здійснення вибору найкращого рішення визначають критерій вибору. Рішення зветься оптимальним, якщо воно забезпечує екстремум (максимум або мінімум) критерію вибору.

Задачу прийняття рішень формують наступним чином: в умовах ресурсів  $Q$  необхідно довизначити ситуацію  $S_0$  множиною альтернативних ситуацій  $S$ , сформулювати множину цілей  $A$ , обмежень  $B$ , альтернативних рішень  $Y$ , виробити оцінку переваг рішень і знайти оптимальне рішення  $Y'$  з множини  $Y$ , керуючись сформульованим критерієм вибору  $K$ . В узагальненій формі задачу прийняття рішень записують у вигляді [29]:

$$\langle C_o, T, Q, | C, A, B, Y, f, K, Y' \rangle, \quad (1.1)$$

де ліворуч від вертикальної риски розміщені символи, що описують відомі, а праворуч невідомі елементи задачі. Тут:  $C_o$  – проблемна ситуація;  $T$  – час, для прийняття рішення;  $Q$  – потрібні для прийняття рішення ресурси;  $C = (C_1 \dots C_n)$  – множина альтернативних ситуацій, які довизначають проблемну ситуацію  $C_o$ ;  $A = (A_1 \dots A_k)$  – множина цілей, які переслідуються при прийнятті рішення;  $B = (B_1 \dots B_l)$  – множина обмежень;  $Y = (Y_1 \dots Y_m)$  – множина альтернативних варіантів;  $f$  – функція переваги рішення;  $K$  – критерій вибору найкращого рішення;  $Y'$  – оптимальне рішення.

Проблемна ситуація  $C_o$  – необхідність зміни асортименту, що виготовляється підприємством, у зв'язку зі зміною напрямку моди, падінням попиту на поточний асортимент виробів, сезонними коливаннями на ринку моделей тощо. В результаті прийняття рішення повинен бути вибраний напрям розвитку асортименту зі вказівкою конкретних різновидів виробів жіночого плечового верхнього одягу, які рекомендується виготовляти протягом заданого періоду часу.

Час на прийняття рішення  $T$  може скласти секунди або години, що характерно для оперативних задач.

Ресурси потрібні для прийняття рішення – це готові пакети конструкторської документації, наявні на підприємстві, інформація про модні тенденції, результати маркетингових досліджень щодо аналізу та прогнозування попиту на різні види та моделі виробів, відомості про наявне обладнання, програмне та апаратне забезпечення процесу конструкторської підготовки виробництва та особливості роботи на підприємстві.

Оскільки необхідність зміни асортименту може бути зумовлена декількома різними факторами або їх комбінаціями, то має місце невизначеність ситуації. В таких умовах для довізнання проблемної ситуації  $C_0$  слід сформулювати скінченну множину всіх можливих ситуацій  $C = (C_1 \dots C_n)$ , кожна з яких передбачає окрему комбінацію факторів, яка може виникнути з імовірністю  $p_j$ . Для повної групи незалежних (альтернативних) ситуацій сума ймовірностей дорівнює одиниці.

Множина цілей  $A = (A_1, \dots, A_k)$  передбачає зменшення часу розробки нових моделей одягу при відповідності напрямку моди, часу переналаштування технологічного процесу при збереженні показників якості, забезпечення конкурентоспроможності виробів на ринку.

Множина обмежень  $B = (B_1, \dots, B_l)$ , які повинні враховуватися при прийнятті рішення в конкретній ситуації, регламентує довжину ланцюга перетворення. Довжина ланцюга не може перевищувати значення, що визначається ресурсами підприємства. Крім того, рішення обмежується часовим проміжком, на який є доступна інформація про напрям моди і результати маркетингових досліджень.

Функція переваги  $f(A, S, Y)$  описує оцінку рішення про проектування різновиду виробу в умовах можливих ситуацій. Оцінка носить якісний характер, коли всі альтернативні варіанти рішень упорядковуються за ступенем необхідної зміни різновиду виробу, який виготовляється на підприємстві на даний момент часу.

Множина альтернативних варіантів рішень  $Y = (Y_1, \dots, Y_m)$ , з яких повинно бути вибрано одне оптимальне або прийнятне рішення  $Y'$  належить множині різновидів виробів типологічного ряду, які знаходяться на відстані одного ребра від різновиду виробу, що виготовляється на підприємстві. В цю множину можливих рішень включається і рішення про бездіяльність, при якому переорієнтація не виконується і продовжується виготовлення того самого різновиду виробу.

Критерієм вибору найкращого рішення є найменша кількість необхідних змін в наявній конструкторській документації для адаптації її для наступного різновиду виробу.

#### 1.4. Функціональні моделі морфологічного аналізу структури видових ознак асортименту

Функціональна модель описує перетворення фактів, залежності між ними, що показують, як одні факти утворюються із інших. В якості одиниці функціонального знання виступатиме функціональна залежність фактів у вигляді імплікацій.

Основна задача, яку здатна вирішити експертна система гнучкої переорієнтації швейного виробництва, – це вибір ланцюга перетворення, що визначає напрям переорієнтації з різновиду виробу, що виготовляється на певний момент часу на деякий інший різновид виробу [5]. Умовне позначення ланцюга перетворення складається з цифрових позначень різновидів виробів, що входять до ланцюга, а отже відображає його склад і визначає довжину. Отже, вибір ланцюга перетворення однозначно задають його атрибути:  $D_{III}$ ,  $K_V$ ,  $K_M$ ,  $K_{BK}$ , при чому:

$$\dot{A}_{\dot{E}\dot{I}} \rightarrow \max, K_{\dot{A}\dot{E}} \rightarrow \min, K_M \rightarrow \min, K_{\dot{E}\dot{O}\dot{E}} \rightarrow \min, \quad (1.2)$$

де  $D_{\text{ЛП}}$  – довжина ланцюга перетворення;  
 $K_{\text{БК}}$  – кількість варіантів базових конструкцій, що використовуються для побудови модельних конструкцій різновидів виробів ланцюга;  
 $K_M$  – кількість матеріалів, що використовуються у виробі ланцюга;  
 $\hat{E}_{\hat{E}\hat{O}\hat{D}_s}$  – кількість варіантів КТР вузлів різновидів виробів ланцюга.

Довжина ланцюга перетворення – це кількість різновидів виробів, а отже кількість функціональних станів виробництва протягом певного періоду часу, яка прямо залежить від ресурсів підприємства:

$$\dot{A}_{\hat{E}\hat{I}\hat{a}\hat{i}} = f(T, R, t), \quad (1.3)$$

де  $\dot{A}_{\hat{E}\hat{I}\hat{a}\hat{i}}$  – максимально допустима довжина ланцюга перетворення;  
 $T$  – час конструкторсько-технологічної підготовки виробництва на підприємстві, який залежить від наявності САПР, особливостей організації праці на підприємстві, отримання замовлень тощо, год. (дні, тижні);  
 $R$  – ресурси (кількість конструкторів на підприємстві), осіб;  
 $t$  – проміжок часу, на який розрахований ланцюг перетворення, місяць (рік).  
 Тоді, імплікація

$$T \cap R \rightarrow \dot{A}_{\hat{E}\hat{I}}, \quad (1.4)$$

означає, що вибір довжини ланцюга перетворення можливий, якщо протягом заданого проміжку часу конструктори підприємства здатні забезпечити своєчасну розробку конструкторської документації на всі різновиди виробів, що входять до ланцюга, з використанням наявних засобів ручного чи автоматизованого проектування, без залучення до процесу третіх осіб чи додаткових засобів.

Факт вибору ланцюга перетворення  $B$  можливий лише в тому випадку, коли має місце кон'юнкція фактів або їх заперечень (відповідність напряму моди  $F_1$ , відповідність сезону  $F_2$ , наявність конструктивного прототипу  $F_3$ , наявність попиту на вироби ланцюга  $F_4$ ):

$$F_1 \cap F_2 \cap F_3 \cap F_4 \rightarrow B. \quad (1.5)$$

Оскільки ланцюг перетворення складається зі скінченної кількості окремих різновидів виробів, то імплікація (1.5) описує покроковий вибір кожного наступного різновиду виробу, який формує ланцюг.

Будь-який різновид виробу відноситься до певного виду, тоді  $K_V$  (кількість видів виробів, що входять до ланцюга перетворення) визначається кількістю ненульових елементів у виразі:

$$\dot{A}_{\hat{E}\hat{I}} = n_{\hat{E}} + n_{\hat{I}} + n_{\hat{I}\hat{e}} + n_{\hat{E}}, \quad (1.6)$$

де  $n_{\hat{J}}, n_{\hat{I}}, n_{\hat{I}\hat{e}}, n_{\hat{K}}$  – кількість різновидів виробів, що відносяться до виду виробу жакет, пальто, плащ, куртка, відповідно:  $n_{\hat{E}}, n_{\hat{I}}, n_{\hat{I}\hat{e}}, n_{\hat{E}} \in [0, \dot{A}_{\hat{E}\hat{I}}]$ .

Звідси:  $K_V = [1 \dots 4]$ .

При  $K_V = 1$ :

$$\hat{A}\hat{E} = \hat{A}\hat{E}_{V_1} = f(S), \quad M = f(V_1), \quad (1.7)$$

де  $V_1$  – вид виробу, до якого відноситься різновид виробу в ланцюгу перетворення;  
 $M$  – матеріал.

При  $K_V = 2$ :

$$\hat{A}E = \begin{cases} \hat{A}E_{V_1, V_2} \wedge (\exists \bigcap_{i \in V} S_i \neq \emptyset) \\ (\hat{A}E_{V_1}, \hat{A}E_{V_2}) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V} S_i = \emptyset), \end{cases} \quad (1.8)$$

$$\hat{I} = \begin{cases} \hat{I}_{V_1, V_2} \wedge (\exists \bigcap_{i \in V} W_i \neq \emptyset) \\ (\hat{I}_{V_1}, \hat{I}_{V_2}) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V} W_i = \emptyset), \end{cases} \quad (1.9)$$

де  $V_2$  – вид виробу, до якого відноситься другий різновид виробу в ланцюгу перетворення;  $S$  – множина силуетних конструкцій  $i$ -го виду виробу;  $W$  – множина властивостей матеріалу  $i$ -го виду виробу;  $V$  – множина видів виробів, що включає всі різновиди виробів у ланцюгу перетворення.

При  $K_V = 3$ :

$$\hat{A}E = \begin{cases} \hat{A}E_{V_1, V_2, V_3} \wedge (\exists \bigcap_{i \in V} S_i \neq \emptyset) \\ (\hat{A}E_{V_1, V_2}, \hat{A}E_{V_3}) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_1} S_i \neq \emptyset) \\ (\hat{A}E_{V_1}, \hat{A}E_{V_2, V_3}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_2} S_i \neq \emptyset)) \\ (\hat{A}E_{V_1}, \hat{A}E_{V_2}, \hat{A}E_{V_3}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_2} S_i = \emptyset)), \end{cases} \quad (1.10)$$

$$M = \begin{cases} M_{V_1, V_2, V_3} \wedge (\exists \bigcap_{i \in V} W_i \neq \emptyset) \\ (M_{V_1, V_2}, M_{V_3}) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V} W_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_1} W_i \neq \emptyset) \\ (M_{V_1}, M_{V_2, V_3}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} W_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_2} W_i \neq \emptyset)) \\ (M_{V_1}, M_{V_2}, M_{V_3}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_2} W_i = \emptyset)), \end{cases} \quad (1.11)$$

де  $V_3$  – вид виробу, до якого відноситься третій різновид виробу в ланцюгу перетворення;  $V_1$  ( $V_2$ ) – множина видів виробів, включає перший і другий (другий та третій) різновиди виробів у ланцюгу перетворення.

При  $K_V = 4$ :

$$\hat{A}E = \begin{cases} (\hat{A}E_{V_1, V_2, V_3}, \hat{A}E_{V_4}) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V} S_i \neq \emptyset) \\ (\hat{A}E_{V_1}, \hat{A}E_{V_2, V_3, V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_3} S_i \neq \emptyset)) \\ (\hat{A}E_{V_1, V_2}, \hat{A}E_{V_3, V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_1} S_i \neq \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_4} S_i \neq \emptyset)) \\ (\hat{A}E_{V_1}, \hat{A}E_{V_2, V_3}, \hat{A}E_{V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_3} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_2} S_i \neq \emptyset)) \\ (\hat{A}E_{V_1}, \hat{A}E_{V_2}, \hat{A}E_{V_3, V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_3} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_2} S_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_4} S_i \neq \emptyset)) \\ (\hat{A}E_{V_1}, \hat{A}E_{V_2}, \hat{A}E_{V_3}, \hat{A}E_{V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_3} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_2} S_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_4} S_i = \emptyset)), \end{cases} \quad (1.12)$$

$$M = \left\{ \begin{array}{l} (M_{V_1, V_2, V_3}, M_{V_4}) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V} W_i \neq \emptyset) \\ (M_{V_1}, M_{V_2, V_3, V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} W_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_3} W_i \neq \emptyset)) \\ (M_{V_1, V_2}, M_{V_3, V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} W_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_1} W_i \neq \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_4} W_i \neq \emptyset)) \\ (M_{V_1}, M_{V_2, V_3}, M_{V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_3} W_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_2} W_i \neq \emptyset)) \\ (M_{V_1}, M_{V_2}, M_{V_3, V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_3} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_2} W_i = \emptyset) \wedge (\exists \bigcap_{i \in V_4} W_i \neq \emptyset)) \\ (M_{V_1}, M_{V_2}, M_{V_3}, M_{V_4}) \wedge ((\forall \bigcap_{i \in V} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_1} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_3} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_2} W_i = \emptyset) \wedge (\forall \bigcap_{i \in V_4} W_i = \emptyset)), \end{array} \right. \quad (1.13)$$

де  $V_4$  – вид виробу, до якого відноситься четвертий різновид виробу в ланцюгу перетворення;  $V_1$  – множина видів виробів, що включає перший, другий та третій різновиди виробів у ланцюгу перетворення;  $V_3$  ( $V_4$ ) – множина видів виробів, включає другий, третій та четвертий (третій та четвертий) різновиди виробів у ланцюгу перетворення.

Довжина ланцюга перетворення визначає максимальну кількість КТР кожного вузла. За виразами (1.7)–(1.13) кількість варіантів корегується відповідно до кількості видів виробів і груп матеріалів, які використовуються для виготовлення різновидів виробів ланцюга:

$$\hat{E}_{\hat{E}\hat{O}D_i} = f(\ddot{A}_{\hat{E}I}, \hat{E}_{\hat{A}\hat{E}}, \hat{E}_i), \quad (1.14)$$

де  $\hat{E}_{\hat{E}\hat{O}D_i}$  – кількість варіантів конструктивно-технологічних рішень вузлів різновидів виробів ланцюга перетворення,  $\hat{E}_{\hat{E}\hat{O}D_i} = [1 \dots \ddot{A}_{\hat{E}I}]$ .

### 1.5. Сучасні методи автоматизації евристичного проектування швейних виробів

Експертні системи успішно все частіше використовуються в усіх країнах світу, в багатьох галузях, серед яких лідером є сфера бізнесу [31, 32].

Факти, що свідчать про необхідність розробки і впровадження ЕС:

- брак фахівців, що витрачають значний час для надання допомоги іншим;
- потреба у численному колективі фахівців, оскільки жоден з них не володіє достатнім знанням;
- знижена продуктивність, оскільки завдання вимагає повного аналізу складного набору умов, а звичайний фахівець не в змозі переглянути (за відведений час) всі ці умови;
- велика розбіжність між рішеннями найкращих і найгірших виконавців;
- наявність конкурентів, які краще справляються з поставленим завданням.

Типами діяльності ЕС є: інтерпретація, прогноз, діагностика, планування, проектування, спостереження, налагодження, ремонт, навчання, управління [32].

Серцевину ЕС складає база знань, яка накопичується при її побудові. База знань – це сукупність одиниць знань, які представляють собою формалізоване за допомогою певного методу представлення знань відображення об'єктів проблемної області та їх взаємозв'язків, дій над об'єктами і, можливо, невизначеностей, з якими ці дії здійснюються [31]. Знання у ЕС виражені у явному вигляді та організовані так, щоб спростити прийняття рішення. Склад знань ЕС визначається наступними факторами: проблемним середовищем; архітектурою експертної системи; потребами та цілями користувачів; мовою спілкування [25].

Одним з методів вилучення знань є побудова семантичних просторів, використовуючи статистичні процедури, а саме: багатовимірне шкалювання, репертуарні решітки,

факторний і кластерний аналіз. Крім того, коли явища в системі настільки складні, що аналітична модель стає занадто грубим наближенням до дійсності – дослідник змушений використати імітаційне моделювання [33], що дозволяє уявити поведінку системи при будь-якій комбінації факторів у будь-який момент часу. Таке моделювання використовується в різних сферах економіки та промисловості: імітаційна модель процесу гребенечесання [34], моделювання гнучких швейних потоків [35, 36], моделювання процесів монтажу виробів [37].

Якщо розглядати знання з точки зору розв'язання задач, їх зручно розділити на дві великі категорії: факти та евристику. Факти – це добре відомі для даної предметної області обставини, що висвітлені у підручниках та іншій літературі. Евристика базується на досвіді спеціаліста. Сюди входять способи видалення некорисних знань, способи використання нечіткої інформації. Багато правил ЕС є евристичними, тобто емпіричними правилами, або спрощеннями, які ефективно обмежують пошук рішення. ЕС використовують евристику через те, що поставлені задачі важкі і до кінця незрозумілі. Ці задачі не підлягають чіткому математичному аналізу або алгоритмічному рішення. Алгоритмічний метод гарантує визначене коротке або оптимальне рішення задачі, тоді як евристичний метод дає прийнятне або раціональне рішення. Знання в ЕС організовані таким чином, щоб знання про предметну ділянку відокремити від загальних (наприклад, як вирішувати задачу, або знання про те, як взаємодіяти з користувачем).

Основне питання, яке слід вирішити при формуванні знань, – це питання визначення складу знань, тобто визначення того, що саме представляти в ЕС. Друге питання стосується того, як саме подати ці знання. Існують десятки моделей представлення знань для різних предметних галузей. Однак більшість з них можна звести до класів: продукційні моделі; семантичні мережі; фрейми; формальні логічні моделі; процедурні моделі. Продукційна модель даних характеризується наочністю, високою модульністю, простою внесення доповнень та змін, а також чіткістю механізму формування логічного висновку. Таку модель найчастіше застосовують у промислових ЕС.

У системах, заснованих на концепції банку знань, реалізуються функції дедуктивного висновку – від узагальнених знань, що подані в базі, здійснюють перехід до конкретних знань, що формуються для вирішення заданої практичної задачі.

Найбільш доцільна послідовність дій для розробки бази знань (БЗ) ЕС містить такий етап, як визначення складу БЗ, із виділенням у ній трьох груп знань (відомих знань і фактів – 1; невідомих, але потрібних знань – 2; знань експертів – 3).

Сьогодні існує досить багато засобів для побудови ЕС [31, 32, 38–42]. Вони відрізняються способами представлення знань, механізмами отримання рішень, інтерфейсами спілкування з користувачами, розмірами баз знань, обладнанням, яке використовується, і його вартістю. На американському і західноєвропейських ринках систем штучного інтелекту організаціям, які бажають створити ЕС, фірми-розробники пропонують сотні інструментальних засобів їх побудови.

Процес створення ЕС, як складного програмного продукту, доцільно виконувати методом прототипного проектування [42]. При такому методі прототип майбутньої системи реалізується за допомогою будь-якого наявного інструментального засобу вже на етапах ідентифікації та концептуалізації. В подальшому прототип деталізується, концептуальна модель уточнюється.

Процес створення ЕС значно змінився за останні роки. Завдяки появі спеціальних інструментальних засобів побудови ЕС значно скоротились терміни та зменшилась трудомісткість їх розробки. Інструментальні засоби, що використовуються при створенні ЕС, можна розбити на три класи:

- мови програмування, орієнтовані на створення ЕС (Лісп, Пролог, Smalltalk, FRL, InterLisp, Сі, Асемблер, Паскаль, Фортран, Бейсик);
- середовища програмування (Delphi, Java);
- порожні ЕС (наприклад, оболонка EXSYS Professional 5.0 for Windows [39] або «Рапана» [43]).

Під оболонками розуміють «порожні» версії існуючих ЕС, тобто готові ЕС без бази знань, які є особливим класом програм, який створений з метою дозволити фахівцям, які не є програмістами, використовувати плоди діяльності програмістів, вирішуючи такі ж проблеми, як і перші [42]. Оболонки ЕС (або порожні системи) відрізняються від звичайних тільки тим, що їх бази знань залишаються незаповненими, тоді як інші компоненти системи вибрані і зафіксовані. Всі знання предметної області представляють в оболонках ЕС не як сукупність закодованих правил в апараті логічного висновку, а як змінні правила.

Використання пустих оболонок ЕС зменшує затрати праці до мінімально можливого рівня, оскільки вони фактично є прототипами ЕС. Необхідною вимогою використання такої оболонки є її відповідність області знань.

Оболонки ЕС володіють засобами подання знань для певних предметних областей. Завдання користувача полягає не в безпосередньому програмуванні, а у формалізації і введенні знань з використанням наданих оболонкою можливостей. Оболонки орієнтовані на досить вузький клас задач, хоча і більш широкий, ніж та програма, на основі якої створена сама оболонка. Окремі оболонки можна застосувати для вирішення широкого кола завдань, оскільки вони підтримують безліч функцій представлення знань і управління, включаючи моделювання ланцюга логічного висновку, процедури, передачу повідомлень і т.п. Здатність системи диференціювати види знань є однією з головних умов забезпечення її «прозорості» для користувача.

Оскільки не існує єдиної універсальної мови представлення знань для довільної ЕС, доцільно об'єднати декілька різних схем представлення, особливо на етапі створення прототипу. Повноцінної теорії таких гібридних систем не існує, але експерименти з різними схемами представлення і логічного виведення показали, що кожна має свої недоліки. Тому найбільший ефект приносить об'єднання різних методик таким чином, щоб переваги одних компенсували недоліки інших [42].

Порівняно з першими розробками сучасні оболонки ЕС більш гнучкі, принаймні, в тому, що без особливих зусиль можуть бути інтегровані в більшість операційних середовищ, доступних на ринку програмного забезпечення, і оснащені досить розвиненими засобами для користувача інтерфейсу [42].

Створення практично корисної ЕС є трудомістким завданням, тому зазвичай там, де мають застосовуватися ЕС, намагаються обійтися звичайними опитувальниками або гіпертекстовими довідниками, можливості яких поступаються ЕС.

Спроби впровадити ЕС у швейній промисловості прослідковуються починаючи з кінця ХХ ст. [44]. Сьогодні науковці світу успішно реалізують елементи штучного інтелекту та ЕС на окремих етапах проектування: для оцінки якості креслень конструкції одягу [45], формування промислового асортименту одягу [46], вибору моделей одягу для формування гармонійного образу індивідуальних споживачів [47-49], проектування спеціального і корпоративного одягу [50] та ін.

Одним із найпопулярніших напрямів розробки ЕС є підбір і проектування одягу на індивідуального споживача [30, 51]. ЕС, запропонована авторами [51] містить в собі рекомендації щодо вибору виробу, та включає знання, що враховують при цьому властивості матеріалів, кольори, типи тілобудови, а також риси обличчя.

Найбільше досліджень присвячено розробці ЕС, які пов'язані безпосередньо з технологічним процесом виготовлення виробу. Такі дослідження виконані Подшиваловою А.В.,

Корольовою Л.А., Панюшкиною О.В., які опублікували цикл робіт: від формування предметного середовища [52] до розробки безпосередньо структури системи та її інтеграції в САПР одягу [53, 54]. Проте, результати їх робіт не відображають конструкторської підготовки виробництва, і реалізують інтелектуальну підтримку лише тих процесів, які легко піддаються формалізації.

Існуючі світові аналоги ЕС, які реалізуються у швейній промисловості, концентрують свою увагу на легко формалізованих етапах проектування та виготовлення виробів [45–48, 50–57]. Причому, згадані розробки не відображають процесу мислення фахівця в залежності від зовнішніх факторів (змінних умов ринку, моди, вимог споживача, технічного забезпечення підприємства), а лише автоматизують і пришвидшують процес отримання результату, коли рішення про спосіб його отримання вже прийняте.

Процес управління асортиментом одягу частково представлений у окремих модулях САПР одягу, наприклад: «Планування асортименту» – САПР «Грація»; «Планування замовлення», «Календарне планування» – САПР «Julivi». Проте зазвичай такі системи орієнтовані на користувача, який використовує власні знання та евристичний підхід до вирішення багатьох задач виробництва у процесі його планування. Окрім того питання швидкої (гнучкої) переорієнтації виробництва на інший вид виробів цілком і повністю залежить від досвіду виконавця.

Використання ж ЕС вже на етапі прийняття рішень пов'язаних з асортиментною політикою підприємства дозволить забезпечити гнучкість конструкторсько-технологічної підготовки. При чому для розробки ЕС з базою знань гнучкої переорієнтації виробництва жіночого плечового одягу доцільно обрати пусту оболонку при розробці бази знань в якій не потрібно написання будь-яких кодів або скриптів, яка є простою у використанні як розробником, так і користувачем, та є доступно для проведення досліджень та тестувань. Таким вимогам відповідає пуста оболонка «Рапана» [43], яка розповсюджується безкоштовно через онлайн-ресурс, і може бути застосована для будь-якої сфери.

Комп'ютерні системи, які імітують процес прийняття рішень людським мозком, базуються на використанні баз даних (БД) і знань. В їх основі лежить систематизована інформація про об'єкти предметного середовища, в даному випадку – моделі виробів, їх складові елементи, конструкцію, технологію обробки, матеріали тощо. Особливостям розробки та функціонування баз даних у промисловості сьогодні присвячений цілий ряд робіт [41, 58, 59].

БД містить інформацію, яка накопичується і змінюється у часі, оскільки базується на емпіричному досвіді фахівців. Це дозволяє використовувати інформацію споживачам без відповідних фахових знань для формування її у закінчені блоки на окремих етапах проектування. БД містять інформацію, що використовується для проектування і виготовлення виробу або його частин. Зокрема, інформаційне забезпечення автоматизованого робочого місця конструктора одягу становить інформація про величини розмірних ознак фігури людини, величини прибавок на вільне облягання, методики побудови базових конструкцій одягу, каталог уніфікованих конструктивно-декоративних елементів, база даних лекал конструкцій одягу тощо [60]. Для автоматизованого робочого місця технолога особливе місце належить інформації, що стосується технологічного процесу виготовлення виробу, методів обробки, використовуваного обладнання, технологічних режимів обробки тощо.

Інформаційна база даних швейного виробництва містить конструктивну базу (архів моделей одягу, дані про розкладки лекал, каталог методик конструювання одягу, дані про лекала тощо); технологічну базу (архів технологічних послідовностей обробки, каталог повузлової обробки виробів, преїскурант матеріалів, каталог обладнання та пристроїв тощо); виробничу базу (архів схем розподілу праці, довідник рішень планування, дані про куски тканин тощо) [60].

Різноманіття інформаційних потреб висувають до баз даних підвищені вимоги [41], до яких відносять наступні: адекватність інформації стану предметної області; надійність функціонування; швидкодія і продуктивність; простота і зручність використання; масовість використання; захист інформації; можливість розширення.

В основі створення баз даних лежать принципи: 1 – необхідність виключення повторів інформації, оскільки вона займає місце і підвищує вірогідність виникнення помилок та неполадок; 2 – правильність і повнота даних. Якщо база даних містить неправильні дані, звіти, в яких вони об'єднуються, міститимуть неточні рішення [59].

Бази даних присутні у переважній більшості провідних САПР світу. Крім того, слід відмітити, що будь-яка система, яка використовує методи морфологічного аналізу та комбінаторного синтезу і/або містить елементи модульного проектування, в обов'язковому порядку повинна містити базу даних елементів (модулів).

Зокрема, PatternMaster Boutiqueх5 [24] містить базу даних конструктивно-композиційних елементів виробів та відповідних їм лекал виробів; онлайн-ательє з виготовлення чоловічих сорочок на замовлення [25] – базу даних функціональних вузлів чоловічих сорочок; інтерактивна система для підтримки процесу проектування одягу, що розроблена у праці [28], містить базу даних моделей чоловічого верхнього одягу (рис. 1.6) [30]. Окрім того, з використанням попередньо підготовлених БД створюють ЕС.

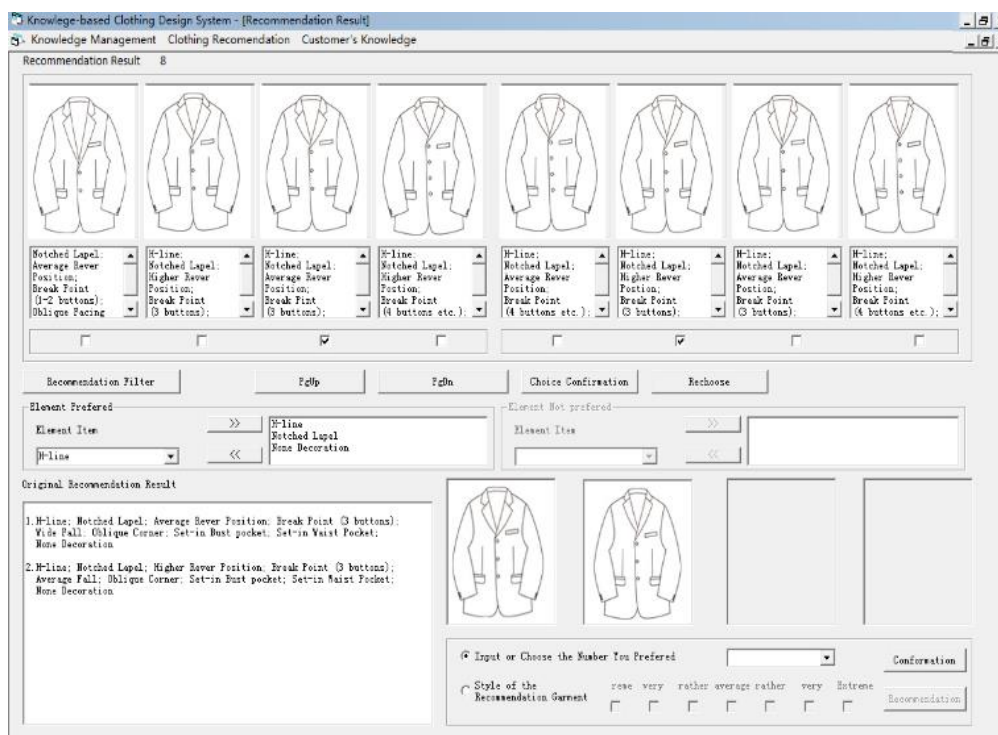


Рис. 1.6. База даних моделей чоловічого верхнього одягу

Такі БД містять необхідні одиничні елементи, що представляють сукупність необхідної інформації для формування бази знань ЕС. До них можна віднести БД «Проектування Візуального Образу VISUAL VIEU (VV)» [47, 49], БД проектування технологічних процесів швейних підприємств [61, 62].

Зачасту, впроваджуючи автоматизовану систему проектування технологічних процесів у власне виробництво, швейне підприємство отримує програмний продукт фактично «пустим», тобто усі необхідні довідники для баз даних доводиться розробляти безпосередньо працівникам підприємства [62]. Цей процес досить трудомісткий і часто не ефективний, вимагає значних людських ресурсів і затрат часу, збільшуючи тим часом строки впровадження швейної САПР у виробництво. Крім того, як відмічено у [62] кожна окремо взята база даних задовольняє потреби лише частини підприємств, тоді як у сукупності декілька масивів з даними дозволять створити загальний інформаційний простір для автоматизованої технологічної підготовки. Як відомо [16], масиви і бази даних, що містять інформацію про проєктований об'єкт і необхідні для вирішення завдань проєктування складають інформаційне забезпечення САПР. Компоненти такого забезпечення мають містити: опис структури інформаційних масивів, систему класифікації і кодування, креслення і форми проєктно-конструкторської документації.

Авторами [61, 62] переконливо доведено переваги створення БД швейних САПР у середовищі MsExcel, стверджуючи, що це робить роботу з базою даних більш простою та наочною, дозволяє успішно працювати користувачам з різним рівнем підготовки. Бази даних у середовищі MsExcel широко використовуються у багатьох САПР одягу, проте найчастіше для формування баз розмірних ознак, наприклад, розмірні бази у САПР «Julivi» і «Грация».

### Список використаних джерел

1. Славінська А. Л. Основи модульного проектування одягу : монографія / А. Л. Славінська. – Хмельницький : ХНУ, 2007. – 167 с.
2. Мода и стиль: современная энциклопедия / под ред. В. А. Вологодина. – М. : Аванта, 2002. – 482 с.
3. Славінська А. Л. Метод параметричної типізації конструкції жіночого жакета з урахуванням стильової характеристики / А. Л. Славінська, О. М. Штомпіль // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2011. – № 5. – С. 66–70.
4. Ящур Т. В. Структурирование учебного материала дисциплин компьютерного цикла / Т. В. Ящур, Г. И. Сажко // Проблемы инженерно-педагогической освіти : зб. наук. пр. – Харків : УІПА, 2004. – № 8. – С. 140–147.
5. Захаркевич О. В. Развитие научных основ обеспечения гибкости конструкторско-технологической подготовки швейного производства из использованием экспертных систем : дис. д-ра техн. наук : 05.18.19 / Захаркевич Оксана Василівна. – Херсон, 2018. – 518 с.
6. Бердник Т. О. Дизайн костюма / Т. О. Бердник, Т. П. Неклюдова. – Ростов н/Д : Феникс, 2000. – 448 с.
7. Бланк А. Ф. Практическая книга по моделированию женской одежды / А. Ф. Бланк, З. М. Фомина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Легпромбытиздат, 1991. – 256 с.
8. Большая советская энциклопедия. 1917–1967: энциклопедический справочник / гл. ред. Б. А. Введенский. – М. : Сов. энцикл., 1967. – 648 с.
9. Великий тлумачний словник сучасної української мови / уклад. і гол. ред. В. Т. Бусел. – Київ : ВТФ «Перун», 2003. – 1440 с.
10. Енциклопедія швейного виробництва: від А до Я : навч. посіб. – Київ : Самміт-Книга, 2010. – 967 с.
11. Ермилова В. В. Моделирование и художественное оформление одежды : учеб. пособ. / В. В. Ермилова, Д. Ю. Ермилова. – М. : Мастерство, 2001. – 184 с.
12. Словник іншомовних слів: 23000 слів та термінологічних словосполучень / уклад. Л. О. Пустановіт [та ін.] – Київ : Довіра, 2000. – 1018 с.
13. Слізков А. М. Тлумачний словник з матеріалознавства та текстильних виробництв / А. М. Слізков, Р. В. Луцик. – Київ : Арістей, 2004. – 304 с.

14. Орленко Л. В. Терминологический словарь одежды / Л. В. Орленко. – М. : Легпромбыт-издат, 1996. – 345 с.
15. ДСТУ 2027–92. Вироби швейні і трикотажні. Терміни та визначення. – Київ : Держстандарт України, 1992. – 19 с.
16. Кудрявцева Н. В. Системи автоматизованого проектування одягу : навч. посіб. / Н. В. Кудрявцева, О. А. Дітковська. – Хмельницький : вид. ПП Заколотний М.І., 2014. – 204 с.
17. Буш Г. Я. Методы технического творчества [Электронный ресурс] / Г. Я. Буш // Лиесма. – 1972. – Режим доступа: <http://www.metodolog.ru/00937/00937.html>.
18. Бушуев А. Б. Математическое моделирование процессов технического творчества / А. Б. Бушуев – СПб : СПбГУ ИТМО, 2010. – 181 с.
19. Конструирование одежды с элементами САПР : учеб. для вузов / Е. Б. Коблякова, Г. С. Ивлева, В. Е. Романов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. ; под ред. Е. Б. Кобляковой. – М. : Легпромбытгиздат, 1988. – 464 с.
20. Славінська А. Л. Методи типового проектування одягу : навч. посібник / А. Л. Славінська. – Хмельницький : ХНУ, 2008. – 159 с.
21. Сухарев М. И. Принципы инженерного проектирования одежды / М. И. Сухарев, А. М. Бойцова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 272 с.
22. Васильківська О. І. До проблеми формування методичного забезпечення синтезу елементів одягу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://elibrary.kubg.edu.ua/625/1/O\\_Vasyl/kivska\\_KKNYTD.pdf](http://elibrary.kubg.edu.ua/625/1/O_Vasyl/kivska_KKNYTD.pdf).
23. Mok P. Y. Fashion sketch design by interactive genetic algorithms / P. Y. Mok, X. X. Wang, J. Xu and Y. L. Kwok // AIP Conference Proceedings [Electronic resource]. – Access mode: [http://ira.lib.polyu.edu.hk/bitstream/10397/6246/1/Mok\\_fashion\\_sketch\\_design.pdf](http://ira.lib.polyu.edu.hk/bitstream/10397/6246/1/Mok_fashion_sketch_design.pdf).
24. Reverse it | PatternMaster Boutique x5 v5.0.0.0 [Electronic resource] – Access mode: <http://upinipinidsh.blogspot.com/2012/10/patternmaster-boutique-x5-v5000.html> (last access: 08.10.2016).
25. Personnalisez votre chemise – Lib & Stael [Electronic resource] – Access mode: <http://www.ls-chemise.com/anim/creer-ma-chemise-sur-mesure.php>.
26. Поліщук О. І. Визначення складу базових конструкцій для проектування асортименту одягу / О. І. Поліщук, Є. О. Головчанська // Вісник Київського національного університету технологій і дизайну. – 2009. – № 2. – С. 109–113.
27. Головчанська Є. О. Принципи формування комбінаторних систем для цілей проектування одягу / Є. О. Головчанська, О. І. Поліщук // Наукові нотатки : міжвуз. зб. – 2011. – № 34 – С. 55–58.
28. Зінько Р. В. Морфологічне середовище для дослідження технічних систем : монографія / Р. В. Зінько. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2014. – 386 с.
29. Прохоров Ю. К. Управление решения / Ю. К. Прохоров, В. В. Фролов. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2011. – 138 с.
30. Hong Lu. An Interactive System Based on Kansei Engineering to Support Clothing Design Process / Lu Hong, Chen Yan and Du Jinsong // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. – 2013. – № 6 (24). – P. 4531–4535.
31. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб. : Питер, 2000. – 384 с.
32. Джексон П. Введение в экспертные системы / П. Джексон. – М. : Вильямс, 2001. – 624 с.
33. Замятина О. М. Моделирование систем : учеб. пособ. / О. М. Замятина. – Томск : изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 186 с.
34. Рыклин Д. Б. Разработка имитационной модели процесса гребнечесания / Д. Б. Рыклин, О. М. Катович // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2013. – № 25. – С. 50–58.
35. Мокеева Н. С. Методология имитационного моделирования гибких швейных потоков модульного типа. Сообщение 1 / Н. С. Мокеева, Е. В. Профорук, В. А. Заев, А. А. Зыбарева // Известия вузов. Технология текстильной и легкой промышленности. – 2002. – № 2. – С. 120–123.
36. Мокеева Н. С. Методологические основы проектирования гибких швейных потоков в условиях мелкосерийного производства : дис. д-ра техн. наук : 05.19.04 / Н. С. Мокеева. – М., 2004. – 353 с.

37. Daniel Kitaw. Assembly Line Balancing Using Simulation Technique in a Garment Manufacturing Firm / Daniel Kitaw, Amare Matebu, Solomon Tadesse // *Journal of EEA*. – 2010. – Vol. 27. – P. 69–80.
38. Brown Carol E. Introduction to artificial intelligence and expert systems / Carol E. Brown, Daniel E. O'Leary [Electronic resource] – Access mode: <https://msbfile03.usc.edu/digitalmeasures/oleary/intellcont/Introduction%20to%20AI%20and%20ES-1.pdf>.
39. Exsys Inc – The Expert System Experts [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.exsys.com>.
40. Люгер Джордж Ф. Штучний інтелект. Методи вирішення складних проблем / Джордж Ф. Люгер. – М., 2003. – 690 с.
41. Романюк О. Н. Організація баз даних і знань [Електронний ресурс] / О. Н. Романюк, Т. О. Савчук. – 2000. – 235 с. – Режим доступу: <http://posibnyku.vntu.edu.ua/database/index.html>.
42. Новости портал искусственного интеллекта / Портал искусственного интеллекта, роботы с искусственным интеллектом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aiportal.ru/novosti>.
43. Экспертная система «Рапана» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://esrapana.narod.ru>.
44. Chang K. P. Knowledge-base construction of a garment manufacturing expert system / K. P. Chang, H. L. Dae, J. K. Tae // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – 1996. – № 8. – P. 11–28.
45. Гниденко А. В. Разработка архитектуры экспертной системы оценки качества чертежей конструкций одежды / А. В. Гниденко, Л. П. Юдина, В. Е. Кузьмичев // *Швейная промышленность*. – 2007. – № 5. – С. 52–54.
46. Нигматова Ф. У. Формирование промышленного ассортимента одежды на базе экспертной системы / Ф. У. Нигматова, Х. А. Алимова // *Швейная промышленность*. – 2009. – № 2. – С. 27–28.
47. Expert system for clothing style selection / Moscow State University of Design and Technology, Division of garments technics // *RusHighTech | Know-how from Russia, 2010–2012* [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.rushightech.com/en/technology/expert-system-clothing-style-selection.html>.
48. Акимочкина И. М. Экспертная система выбора предпочтительных моделей одежды для формирования гармоничного внешнего образа индивидуальных потребителей / И. М. Акимочкина, Е. Ю. Кривобородова, Г. И. Петушкова // *Швейная промышленность*. – 2007. – № 2. – С. 55.
49. Кривобородова Е. Ю. Разработка методологии адресного проектирования одежды с использованием новых информационных технологий : дис. д-ра техн. наук : 05.19.04 / Е. Ю. Кривобородова. – М., 2004. – 358 с.
50. An expert system to support clothing design process / M. Santos, F. Rebelo // *ACM Digital Library* [Electronic resource] – Access mode: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/5485/53/1.An%20Expert%20System%20to%20Support%20Clothing%20Design%20Process.pdf>.
51. Yasser A. Nada. Analysis, Design, and Implementation of Intelligent Expert System for Clothes Style Selection / Yasser A. Nada, Hossam Meshref // *International Journal of Computer Applications*. – 2014. – Vol. 105. – № 4. – P. 15–20.
52. Формирование источника знаний проблемной области «технология швейных изделий» / Л. А. Королева [и др.] // *Дизайн. Материалы. Технология*. – 2013. – № 3. – С. 98–102.
53. Подшивалова А. В. Разработка функциональной модели интегрированной САПР одежды с целью реализации процесса принятия технологических решений / А. В. Подшивалова, Л. А. Королева, О. В. Панюшкина // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10–15. – С. 3378–3383.
54. Подшивалова А. В. Реализация структурного подхода к проектированию интеллектуальной информационной системы «Технология швейных изделий» / А. В. Подшивалова, Л. А. Королева, О. В. Панюшкина, К. В. Гусенкова // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 9–2. – С. 274–283.
55. Dong A. H. The Design and Implementation of an Intelligent Apparel Recommend Expert System / A. H. Dong, D. Shan, Z. Ruan, L. Y. Zhou, F. Zuo // *Mathematical Problems in Engineering*. – 2013. – Vol. 2013. – 8 p.

56. Kuang-rong Hao. An Expert System for Special Body Shapes Recognition in Apparel Made-to-Measure [Electronic resource] / Hao Kuang-rong, Dong Miao, Chen Bin, Ding Yong-sheng // IEEE Xplore Digital Library. – Access mode: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5459854&url=/http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxp>.

57. Колосова Е. С. Использование экспертных систем в конструкторско-технологической подготовке производства / Е. С. Колосова, З. Е. Нагорная // Швейная промышленность. – 2011. – № 4. – С. 38–39.

58. Джулій В. М. Модель опису структури об'єктно-орієнтованих баз даних / В. М. Джулій, Н. О. Малигіна // Вісник Технологічного університету Поділля. Технічні науки. – 2003. – № 3. – С. 76–80.

59. Частовська Р. Робота з базами даних Microsoft Access 2000 : навч. посіб. / Р. Частовська, А. Жмуркевич. – Київ : ЦУЛ, 2003. – 324 с.

60. Пашкевич К. Л. Проектування тектонічних форм одягу з урахуванням властивостей тканин : монографія / К. Л. Пашкевич. – Київ : ПП «НВЦ «Профі», 2015. – 364 с.

61. Труевцева М. А. Разработка базы данных для проектирования технологических процессов швейных предприятий сервиса / М. А. Труевцева, А. М. Евгеньева, Е. Б. Зубарева, О. А. Кучеренко // Швейная промышленность. – 2012. – № 4. – С. 42–44.

62. Труевцева М. А. Разработка информационного обеспечения систем автоматизированного проектирования технологических процессов швейных цехов предприятий сервиса / М. А. Труевцева, А. М. Евгеньева, И. Н. Филина // Швейная промышленность. – 2014. – № 2. – С. 28–31.

## *Розділ 2.*

### **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ТИПОЛОГІЧНИХ РЯДІВ**

---

Вид наукової систематизації, класифікації чогось за спільними ознаками з допомогою абстрактних теоретичних моделей (типів), у яких фіксуються найважливіші структурні або функціональні особливості досліджуваних об'єктів називають типологією [1].

Систематизована інформація про об'єкти предметного середовища базується на використанні різноманітних баз даних та знань, підпорядкованих традиційній схемі реалізації процесу проробки конструкції передбачає наявність типової базової конструкції конкретного виду одягу [2, 3]. Одним із найшвидших методів проектування нових моделей виробів є комбінаторний синтез. Такий метод найчастіше використовується або в межах певного виду виробів, або для повністю уніфікованих елементів виробів, оскільки передбачає повну взаємозамінюваність усіх деталей. Проте, якщо допустити можливість комбінаторного синтезу деталей із різних видів виробів, які відрізняються між собою, тоді виникає необхідність типізації асортименту одягу з метою виявлення найближчих зв'язків між ними.

Згідно з [3], розробка нової конструкції виробу – це ітераційний процес і основною метою автоматизованого проектування є скорочення числа і тривалості циклів ітерацій та перетворення самого проектування у лінійний процес. Тоді для швидкозмінних об'єктивних внутрішніх та зовнішніх факторів впливу на процес проектування оптимальним є автоматизований лінійний процес, який базується на формальній логіці евристичних операцій типізації і виключає повторюваність циклів.

Як відомо [4], типологічний аналіз, як метод дослідження базується на розбитті множини досліджуваних об'єктів на групи (класи) і розгляді однорідних об'єктів. Процес типологізації (виявлення однорідних груп) містить етапи: вибір простору ознак при експертній і статистичній оцінці інформативності типоутворювальних ознак, які використовуються при аналізі конкретної досліджуваної сукупності; вибір і використання алгоритмів класифікації: аналіз результатів, інтерпретація отриманих класів.

Основними поняттями типологічного аналізу є об'єкт типології, основа типології, тип об'єкту, апріорна типологія [5]. Об'єктом типології є сукупність тих властивостей досліджуваних об'єктів, які дозволяють розглядати їх як носіїв певних типів явищ. При здійсненні типологічного аналізу всю сукупність ознак розділяють на три підсукупності: ознаки, що описують об'єктивні умови існування типів; типоутворювальні ознаки, що описують саме явище; ознаки, що приймають участь в процесі інтерпретації в ролі ознак, що пояснюють досліджуване явище. Основа типології – сукупність змістових посилань для визначення того, які об'єкти вважати близькими, «схожими», однотипними, а які далекими, «несхожими», різнотипними.

Одну і ту саму основу типології часто можна формалізувати різними способами. Формалізація відбувається при підготовці вихідних даних, при виборі математичних методів аналізу, а також при інтерпретації результатів, отриманих з використанням цих методів.

**Апріорна типологія** – попереднє розбиття об'єктів на крупні групи. На емпіричному рівні це означає виділення якісно однорідних сукупностей як необхідної умови використання математичних методів. Зокрема, класифікаційними ознаками можуть висту-

пати верхній або легкий одяг, жіночий або чоловічий одяг, конструктивно-технологічні рішення функціональних вузлів виробів тощо.

Процес апріорної типології структурно розпадається на декілька етапів, які обумовлені логікою дослідника, і передбачає використання математичних методів, передусім тих, що дозволяють виконувати розбиття об'єктів на окремі групи за формальними критеріями, тобто методи побудови формальної класифікації. Одним із найбільш поширених методів побудови формальної класифікації є метод кластерного аналізу з використанням автоматизованих засобів його виконання [6].

Таким чином, в результаті типологічного аналізу множини видів одягу всередині неї можна виділити однорідні групи різновидів одягу, які складатимуть основу систематизованої бази знань для автоматичного прийняття рішень вибору конструктивного прототипу.

### 2.1. Основні характеристики типологічного ряду

Нехай  $E$  – універсальна множина,  $x$  – елемент  $E$ , а  $R$  – певна властивість. Звичайна (чітка) підмножина  $A$  універсальної множини  $E$ , елементи якої задовольняють властивість  $R$ , визначається як множина впорядкованої пари  $A = \{\mu A(x)/x\}$ , де  $\mu A(x)$  – характеристична функція, що приймає значення 1, коли  $x$  задовольняє властивості  $R$ , та 0 – в іншому випадку.

Нечітка підмножина відрізняється від звичайної тим, що для елементів  $x$  з  $E$  немає однозначної відповіді «ні» щодо властивості  $R$ . У зв'язку з цим, нечітка підмножина  $A$  універсальної множини  $E$  визначається як множина  $A = \{\mu A(x)/x\}$ , де  $\mu A(x)$  – функція приналежності, що приймає значення в деякій впорядкованій множині  $M$  (наприклад,  $M = [0, 1]$ ). Функція приналежності указує ступінь (або рівень) приналежності елемента  $x$  до підмножини  $A$ . Множину  $M$  називають множиною ознак. Якщо  $M = \{0, 1\}$ , тоді нечітка підмножина  $A$  може розглядатися як звичайна або чітка множина.

Нехай верхній одяг – універсальна множина  $E$ , різновид виробу – підмножина  $A$ , яка визначається конструктивно-композиційними ознаками  $R$ . Оскільки виріб – складний об'єкт, який характеризується значною кількістю композиційно-конструктивних ознак, то однозначно віднести конкретний виріб до певної підмножини (різновиду виробу) не завжди можливо.

Під час типологічного аналізу складні об'єкти (в даному випадку різновиди виробів), між якими важко провести чіткі розмежувальні лінії, екзิมпліфікують типовими зразками. Тоді визначення різновиду виробу (відповідно до стандартів, торгівельних класифікацій і методичної літератури з конструювання та моделювання швейних виробів) описує типовий зразок, який характеризують типовим набором композиційно-конструктивних ознак (деталей). Проте, як відомо, конкурентоспроможні вироби обов'язково містять оригінальні деталі. Кількість і перелік деталей не залежать від формальних параметрів, питання їх розробки належать області евристичного проектування і не підпорядковуються формалізації.

Кожен виріб характеризується функцією приналежності до певної підмножини, причому функція може приймати значення від 0 до 1. Якщо функція приналежності виробу  $x$  до певного різновиду виробу  $A$  приймає значення  $\mu A(x) = n < 1$ , тоді ймовірно функція приналежності того ж самого виробу  $x$  до іншого виду виробів  $B$  дорівнює  $\mu A(x) = (1 - n) < 1$ , а множини  $A$  та  $B$  – є нечіткими.

Упорядкування за ступенем приналежності до виду виробу систематизує всі вироби, утворюючи упорядкований ряд. Згідно з [7] ряд – це сукупність однорідних, схожих предметів, що розміщені в одну лінію, або сукупність якихось явищ, що слідує одне за

одним у певному порядку. Таке упорядкування використовується з метою порівняльного аналізу істотних ознак, зв'язків, функцій, співвідношень, рівнів організації об'єктів. Це дозволяє виконати випереджувальну уніфікацію для моделей виробів, функції приналежності яких до різних видів виробів мало відрізняються між собою. Таким чином, виявляються зв'язки між різними видами виробів, які діють за принципом наслідування конструктивних ознак. На практиці це означає, що якщо модель виробу може залежно від ситуації розглядатись як один різновид виробу або інший, то згадані різновиди мають значну кількість спільних конструктивно-композиційних ознак і можуть бути об'єднані в одну множину.

Отже, упорядкування різновидів виробів доцільно представити у вигляді типологічного ряду, що формується за принципом нарощування типових схем на основі уніфікації конструкцій. Тобто такий типологічний ряд вказує не тільки на відмінні особливості окремих підмножин (видів виробів), а й на взаємозв'язки між ними, а саме на ступінь подібності між ними та кількість кроків, необхідних для перетворення одного виду виробу в інший.

Поняття типологічних рядів використовують в галузі літератури, архітектури, філології, археології, антропології та багатьох інших [8]. За визначенням розробника типологічного методу Оскара Монтеліуса [9], типологічним є ряд функціонально однозначних речей, тобто речей однієї категорії, що вибудований за ранжуванням і відтворюючий поступові зміни форми з часом, тобто наростання або спадання якоїсь ознаки (або декількох ознак). Формально Монтеліус представляв властивості типологічного ряду формулою:

$$ABCDEF G..., \quad (2.1)$$

де  $A$  – елемент, причому  $A = Aa$ ,  $B = Aaa$ ,  $C = Aaaa$ ,  $D = Aaaaa$  і т. д.

Типологічні ряди Монтеліуса зазвичай використовують для опису історичного розвитку речей, тобто кожен елемент у формулі (2.1) є функцією від часу  $A = f(t)$ , причому  $t \rightarrow \infty$ . Якщо ж розглядати типологічний ряд на нескінченно малому проміжку часу ( $t \rightarrow 0$ ), то формула (2.1) представлятиме типи речей, що можуть існувати одночасно в один і той самий час, проте відрізняються між собою. Тоді, ряд різновидів одягу, що містить сукупність видів виробів однієї категорії (жіночий верхній плечовий), вибудований так, щоб відображати поступові зміни вихідного різновиду одягу у інші, – носить ознаки типологічного.

Ланки типологічного ряду повинні мати подібності і відмінності. Подібності зводяться до тотожності елементів, які називають константними. Відмінності бувають двох видів: протиріччя (наприклад: півпальто з накладними кишнями і без) та протилежність (півпальто з накладними кишнями різних розмірів). Відмінності першого виду прийнято називати якісними, другого – кількісними.

Якісні відмінності виражаються у відсутності збігу набору елементів у порівнюваних типів, і елементи, які є відмінними у цих типів, прирівнюють до константних, оскільки кожний з цих елементів, якщо вже він присутній, то він є незмінним всередині даного типу. Кількісні відмінності виражаються у неспівпадінні кількісних характеристик одного і того ж елемента, який є властивим для різних типів. Такі елементи називають варіюючими. Тоді кожен об'єкт, що належить типологічному ряду, характеризується типовим набором деталей, які визначають зовнішній вигляд виробу і технологію його виготовлення. Оскільки кожна деталь характеризується власними геометричними параметрами (кількісними показниками), а технологія виготовлення передбачає використання певних технологічних режимів і параметрів, які мають цифрове вираження, то деталі є константними елементами виробу, а їх конструктивно-технологічні рішення (КТР) є варіантними елементами.

Критерії безперервності типологічного ряду представляють виразами [9]:

$$ABCD-BCDE-CDEF, \quad (2.2)$$

$$ABC_1-ABC_2-ABC_3, \quad (2.3)$$

де  $A, B, C, D, E, F$  – константні елементи, що складають об'єкти типологічного ряду;  $C_1, C_2, C_3$  – варіантні елементи.

За рекомендаціями [9] є дві можливості побудови типологічного ряду: 1) за впорядкованою, регулярною градацією якісних змін типів (поступова зміна складу константних елементів – виключення одних, додавання інших, формула (2.2); 2) за впорядкованою, регулярною градацією кількісних характеристик варіантних елементів, формула (2.3).

Можлива також одночасна зміна декількох елементів: у якісному критерії – це паралельна зміна константних елементів у різних деталях, частинах або сторонах об'єкту; у кількісному критерії – паралельна зміна двох або декількох варіантних елементів. Схематично це представлено так [9]:

$$ABCD-BCDE-CDEF, \quad (2.4)$$

$$ABC_1D_1-ABC_2D_2-ABC_3D_3.$$

Оскільки для різновидів виробів характерні різні форми, силуети (за рахунок зміни геометричних параметрів окремих елементів), а також різноманітний зовнішній вигляд (за рахунок додавання одних елементів та виключення інших), при збереженні ознаки належності до асортименту, то можна зробити висновок, що для побудови такого типологічного ряду необхідне використання обох критеріїв безперервності. Приймавши до уваги формули (2.2) – (2.4) властивості такого типологічного ряду в загальному вигляді доцільно описати:

$$\begin{aligned} & ((ABC_1D_1\dots)-(ABC_2D_2\dots)-\dots-(ABC_nD_n\dots))-((BCD_1E_1\dots)-(BCD_2E_2\dots)- \\ & \dots-(BCD_iE_j\dots))-((CDE_1F_1\dots)-(CDE_2F_2\dots)-\dots-(CDE_kF_l\dots))\dots, \end{aligned} \quad (2.5)$$

де  $A, B, C, D, E, F$  – типові деталі виробів;

$n, m, i, j, k, l$  – кількість можливих варіантних КТР деталей виробів.

При  $n = m = 3, i = j = k = l = 1$ , формула (2.5) приймає вигляд формули (2.4), а при  $n = 3, m = i = j = k = l = 1$  – формули (2.2), отже описані раніше формули (2.2) – (2.4) є окремими випадками узагальненої форми виразу (2.5).

Наведений математичний запис властивостей типологічного ряду представляє поступові перетворення між різновидами виробів у лінійному вигляді, тоді як для нескінченно малого проміжку часу має місце паралельне існування декількох різновидів одягу, які належать одному ряду. Такі взаємозв'язки доцільно представити у вигляді графа, який дозволяє відобразити одночасне перетворення одного різновиду в декілька інших за допомогою відповідної кількості ребер графа, які виходять із однієї вершини. Порядок відображення вершин графа повинен бути однозначним, щоб забезпечувати спрямовану послідовність зміни як константних, так і варіантних елементів.

Для розробки типологічного ряду у вигляді графа необхідні чіткі умови, що однозначно описують можливість наслідування структурних елементів та варіантних особливостей в сукупності предметного переліку. Такі умови можуть бути сформульовані шляхом багатовимірного аналізу вихідної сукупності об'єктів.

Кластерний аналіз може бути використаний лише за умови відповідності наступним вимогам: показники не повинні корелювати між собою, повинні бути безрозмірними, їх розподіл має бути наближений до нормального, мають відповідати вимозі «стійкості»,

під якою мається на увазі відсутність впливу на їх значення випадкових факторів; крім того, вибірка має бути однорідною і не містити «викидів» [10]. Для забезпечення виконання наведених умов доцільно провести попередній факторний аналіз вихідної сукупності об'єктів, представленої асортиментом жіночого плечового верхнього одягу.

## 2.2. Кластерний метод формування вихідного графа типологічного ряду

Розробку типологічних рядів конструктивно-технологічних рішень швейних виробів, як і будь-якої типології чи класифікації, доцільно здійснювати шляхом виконання кластерного аналізу [10]. В результаті виконання досліджень передбачається встановлення приналежності до одного кластера різновидів виробів за ознаками їх зовнішнього вигляду.

Використання кластерного аналізу передбачає виконання наступної послідовності дій, незалежно від предмета досліджень: відбір вибірки для кластеризації; визначення множини змінних, за якими будуть оцінені об'єкти вибірки; розрахунок значень міри подібності між об'єктами; використання методів кластерного аналізу для створення груп подібних об'єктів; перевірка достовірності результатів кластерного рішення.

Для побудови типологічного ряду обрано асортимент жіночого верхнього плечового одягу, оскільки він є найбільш багаточисельним, багатоманітним, та важко піддається процедурам типового проектування. Віртуальна множина різновидів жіночого плечового верхнього одягу представлена у таблиці 1.3.

Факторний аналіз – це процедура, з допомогою якої значну кількість змінних, що відносяться до наявних спостережень, зводять до меншої кількості незалежних впливових величин, що називаються факторами. При цьому в один фактор об'єднують змінні, що сильно корелюють між собою. Оскільки така процедура виконується лише для показників, що представлені у числовому вигляді і не мають розмірності, то постає питання формального опису узагальненого зовнішнього вигляду усіх можливих моделей відповідного різновиду виробу.

В якості показників для виконання кластеризації обрано номінальні ознаки зовнішнього вигляду виробів. Перелік сформовано за рекомендаціями [2, 3], згідно з якими до ознак зовнішнього вигляду відносять вид матеріалу, силует, крій рукава, вид застібки, членування основних деталей. Крім того, можуть бути включені додаткові ознаки, які характеризують споживчі, вікові, повнотні групи, а також декоративні лінії (оздоблення, контурні лінії країв деталей: комір, лацкан, борт, низ тощо). Ранг і кількість ознак визначається проектною ситуацією.

В основу асортиментного коду різновидів виробів покладені числові позначення окремих конструктивно-композиційних рішень (ОККР), які зустрічаються у ознаках різновидів виробів (див. табл. 1.3). При цьому використано паралельний метод кодування, коли ознака кодового значення кожної із частин не залежить від значень інших ознак [3, 11]. В результаті, у класифікаторі коду асортименту видів виробів використано дев'ять розрядів, що відображають ОККР різновидів виробів. ОККР позначені змінними  $a_1$ – $a_9$ , кожна з яких представляє собою множину альтернативних рішень  $a_i = (a_{i1} \dots a_{in})$ , табл. 2.1 [12].

Для виконання процедури кластерного аналізу в якості функції відстані між видами виробів  $\rho(X_p, X_q)$  обрана евклідова відстань [13, 14]. Евклідову відстань зазвичай представляють формулою традиційної відстані між двома точками, в даному випадку, між двома різновидами виробів жіночого плечового верхнього одягу. Тоді, якщо прийняти позначення віртуальної множини різновидів виробів –  $X$ , а кожен з двох різновидів виробів –  $X_p = (a_{p1}, a_{p2}, \dots, a_{pn})$  та  $X_q = (a_{q1}, a_{q2}, \dots, a_{qn})$ , формула розрахунку евклідової відстані набуде вигляду:

$$\rho(X_p, X_q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{pi} - a_{qi})^2}, \quad (2.6)$$

де  $X_p, X_q$  – різновиди виробів жіночого плечового верхнього одягу із умовними номерами  $p, q$ , відповідно;

$a_{p1}, a_{p2}, \dots, a_{pn}$  ( $a_{q1}, a_{q2}, \dots, a_{qn}$ ) – характеристики конструктивно-композиційних рішень різновидів виробів жіночого плечового верхнього одягу із умовним номером  $p$  ( $q$ ).

Таблиця 2.1

## Розшифрування асортиментного коду різновидів виробів

Код	Ознака	Код	Ознака
<b><math>a_1</math></b>	<b>Силует</b>	<b><math>a_5</math></b>	<b>Покрій рукава</b>
1	Прилягаючий	1	Реглан
2	Напівприлягаючий	2	Без рукава
3	Прямий	3	Модифікаційний
4	Розширений	4–9	Резерв
5	Модифікаційний	<b><math>a_6</math></b>	<b>Розташування застібки</b>
6–9	Резерв	1	Центральна
<b><math>a_2</math></b>	<b>Комір</b>	2	Зміщена
1	Стояче-відкладний	3	Асиметрична
2	Піджачного типу	4	Модифікаційна
3	Відкладний	5–9	Резерв
4	Шаль	<b><math>a_7</math></b>	<b>Вид застібки</b>
5	Стояк	1	Потайна
6	Капюшон	2	Глуха
7	Без коміра	3	Розпашна
8	Модифікаційний	4	Подвійна
9	Резерв	5	Модифікаційна
<b><math>a_3</math></b>	<b>Довжина</b>	6–9	Резерв
1	3/4 зросту людини	<b><math>a_8</math></b>	<b>Засоби застібання</b>
2	Вище лінії талії		Без застібки
3	До лінії талії	2	Навісні петлі і гудзики
4	До лінії стегон	3	Кнопки
5	До лінії колін	4	Обметані петлі і гудзики
6	Вище лінії колін	5	Модифікаційні
7	Модифікаційна	6–9	Резерв
8–9	Резерв	<b><math>a_9</math></b>	<b>Пояс</b>
<b><math>a_4</math></b>	<b>Кишені</b>	1	Знімний
1	Накладні	2	Вшивний по лінії талії
2	Прорізні	3	Пришивний по низу
3	Не прорізні	4	Модифікаційний
4	Модифікаційні	5–9	Резерв
5–9	Резерв		

Якщо  $i$ -те ОККР згідно з визначенням різновиду виробу має декілька альтернатив, кожна із яких може з'явитись із ймовірністю  $P_{ain}$ , тоді змінна  $a^i$  в асортиментному коді різновиду виробу  $X$  має бути представлена набором змінних, кількість яких дорівнює кількості альтернативних рішень у визначенні різновиду виробу. Наприклад, за визначенням «пальто-халат – це пальто прямого або розширеного силуету з поясом на зав'язку...», тоді змінна  $a_1$  в асортиментному коді, що описує силует пальто-халата може приймати два значення  $a_1 = (a_{11} = 3, a_{12} = 4)$ , див. табл. 2.1, причому за [13], сума ймовірностей появи кожного із рішень становить одиницю.

Відповідно, у випадку коли відсутня невизначеність  $i$ -го ОККР (єдина альтернатива), то змінна  $a_i$  для різновиду виробу  $X$  приймає єдине значення  $a_i$ , що з'являється із ймовірністю  $p_{ai} = 1$ . Наприклад, якщо згідно з визначенням різновиду виробу «дафлкот – це півпальто прямого силуету з капюшоном, застібка на нависні петлі із шнурка чи шкіри...», тоді змінна  $a_2$  у асортиментному коді, що описує конструктивне рішення коміра дафлкота приймає лише одне значення  $a_2 = 6$  (див. табл. 2.1), яке буде притаманним усій множині дафлкотів (тобто з'являтиметься у 100 % випадків, або із ймовірністю  $p_{a2} = 1$ ).

Для розрахунку евклідової відстані за формулою (2.6) асортиментний код різновидів виробів повинен складатись із однакової кількості змінних, тому за наявності лише однієї альтернативи  $i$ -го ОККР для різновиду  $X_p$ , яке хоча б для одного різновиду виробу  $X_q$  має декілька альтернатив, доцільно прийняти  $a_{pi} = (a_{pi1} \dots a_{pin})$ , де  $a_{pi} = a_{pi1} = a_{pi2} = \dots = a_{pin}$ , а  $n$  – це кількість альтернатив  $i$ -го ОККР для різновиду виробу  $X_q$ . Оскільки сума ймовірностей появи кожного з альтернативних рішень становить одиницю, то значення  $a_{pi}$  буде з'являтися з ймовірністю  $p_{api} = 1$ , що є характерним для випадку з єдиною альтернативою. Тоді, за визначеннями різновидів виробів жіночого плечового верхнього одягу, асортиментний код кожного з різновидів виробів досліджуваної множини має бути представлений у вигляді кортежу з 14 змінних  $X = (a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, a_3, a_4, a_5, a_{61}, a_{62}, a_7, a_{81}, a_{82}, a_{91}, a_{92})$ .

Факторний аналіз виконано за допомогою пакету PASW Statistics [6]. Результати аналізу методом головних компонент [10] та з використанням методу обертання («варімакс» з нормалізацією Кайзера) у вигляді матриці повернутих компонент представлені у таблиці 2.2. Факторні навантаження представлені у матриці слід розуміти як кореляційні коефіцієнти між змінними та факторами. У таблиці виділені коефіцієнти, що свідчать про високий ступінь взаємозв'язку змінної з компонентою (фактором).

Таблиця 2.2

Матриця повернутих компонент

ОККР	Змінна	Альтернативні рішення	Компонента				
			1	2	3	4	5
Силует	$a_1$	$a_{11}$	<b>0,908</b>	0,195	0,045	-0,007	0,163
		$a_{12}$	0,873	0,142	0,040	0,084	0,205
Довжина	$a_3$	$a_3$	0,65	-0,215	0,310	0,024	-0,365
Комір	$a_2$	$a_{21}$	0,628	0,490	-0,089	0,485	0,001
		$a_{22}$	0,606	0,447	-0,050	0,534	-0,063
Розташування застібки	$a_6$	$a_{61}$	0,167	<b>0,943</b>	0,124	-0,061	-0,023
		$a_{62}$	0,112	0,930	0,193	-0,042	-0,001
Пояс	$a_9$	$a_{91}$	0,145	0,150	<b>0,928</b>	0,124	-0,01
		$a_{92}$	-0,007	0,138	0,921	0,199	0,032
Кишені	$a_4$	$a_4$	-0,081	0,113	0,239	<b>0,792</b>	0,196
Вид застібки	$a_7$	$a_7$	0,243	-0,167	0,170	0,654	-0,178
Покрій рукава	$a_5$	$a_5$	0,042	-0,154	0,014	0,504	-0,406
Засоби застібання	$a_8$	$a_{81}$	0,034	-0,103	-0,180	-0,004	<b>0,749</b>
		$a_{82}$	0,157	0,023	0,279	-0,063	0,739

За результатами факторного аналізу виділено п'ять компонент, у які можна об'єднати усі ознаки жіночого плечового верхнього одягу): силует, розташування застібки, пояс, кишені, засоби застібання. Назви компонент обрано за назвою найбільш вагомої складової кожної з них згідно з таблицею 2.2 (у таблиці виділені кольором комірочки з найвищими факторними навантаженнями).

Середовище PASW Statistics генерує уточнені значення факторів, що використовуються при розв'язанні задачі ієрархічної кластеризації:

Відповідно для подальшої кластеризації віртуальна множина  $X$  різновидів жіночого плечового верхнього одягу представляється як:

$$X = (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5), \quad (2.7)$$

де  $F_1 = f(a_{11}, a_{12}, a_3, a_{21}, a_{22})$ ;  $F_2 = f(a_{61}, a_{62})$ ;  $F_3 = f(a_{91}, a_{92})$ ;  $F_4 = f(a_4, a_7, a_5)$ ;  $F_5 = f(a_{81}, a_{82})$ .

Тоді формула (2.6) визначення евклідової відстані між двома різновидами виробів приймає вигляд:

$$\rho(X_p, X_q) = \sqrt{(F_{p1} - F_{q1})^2 + (F_{p2} - F_{q2})^2 + (F_{p3} - F_{q3})^2 + (F_{p4} - F_{q4})^2 + (F_{p5} - F_{q5})^2}, \quad (2.8)$$

де  $X_p, X_q$  – різновиди виробів із умовними номерами  $p, q$ , відповідно;

$F_{p1}, F_{p2}, F_{p3}, F_{p4}, F_{p5}$  ( $F_{q1}, F_{q2}, F_{q3}, F_{q4}, F_{q5}$ ) – уточнені значення характеристик конструктивно-композиційних рішень різновидів виробів з умовними номерами  $p$  ( $q$ ), відповідно.

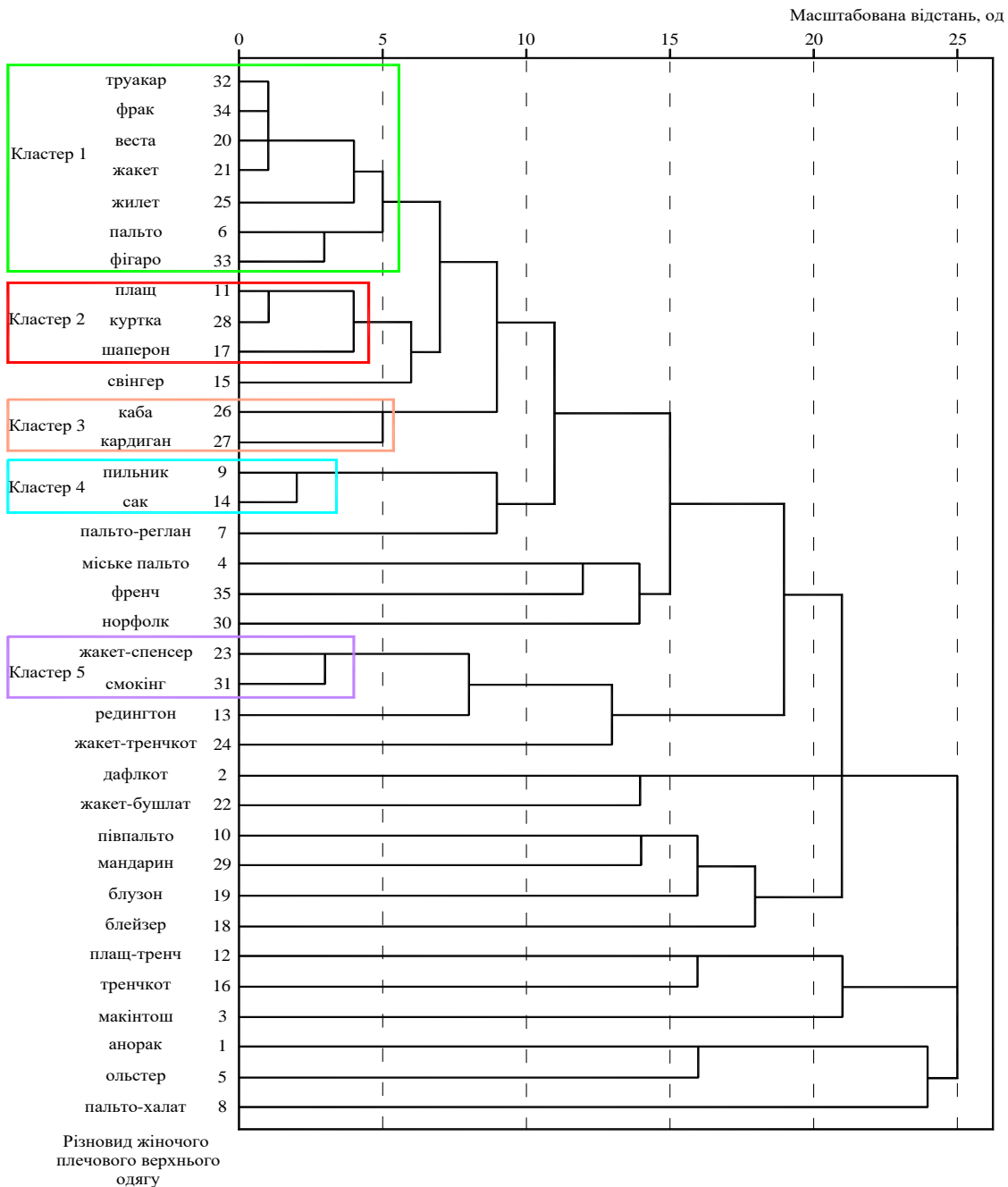
Для кластеризації різновидів виробів використано методи кластеризації, закладені у PASW Statistics [6]: метод міжгрупових зв'язків; внутрішньогрупових зв'язків; найближчих сусідів; дальніх сусідів; центроїдна кластеризація; медіанна кластеризація і метод Варда. В результаті отримано дендрограми (див. рис. 2.1), що є графічним зображенням ступеню подібності різновидів одягу. На дендрограмі різновиди одягу розміщують на ієрархічних рівнях так, щоб підкреслити їх взаємну спорідненість. Кількість рівнів дендрограми відповідає числу кроків об'єднання/розділення кластерів [12, 15].

Матриця суміжності графа  $G$  зі скінченною кількістю вершин  $n$  – це квадратна матриця  $A$  розміру  $n$ , в якій значення елемента  $a_{ij}$  дорівнює числу ребер з  $i$ -ї вершини графа в  $j$ -ту вершину [15]. Тоді значення елемента  $a_{ij} = 1$  у квадратній матриці, розмірність якої визначається кількістю різновидів виробів у номенклатурі (35x35), означає, що  $i$ -й різновид виробу належить до одного кластера з  $j$ -м різновидом виробу. При цьому така матриця відображає граф  $G$ , вершини якого представляють різновиди виробів жіночого плечового верхнього одягу, а кожен різновид позначений порядковим номером різновиду виробу в початковому переліку (див. табл. 1.3).

Як відомо, матриця суміжності – симетрична відносно головної діагоналі [15]. У даному випадку симетричність означає наявність прямих і обернених зв'язків між елементами. Проте результати кластерного аналізу не надають такої інформації. Тому матриці заповнювались лише у верхній частині відносно головної діагоналі.

Кожен елемент  $r_{ij}$  результуючої матриці суміжності  $R$ , що отримана за допомогою операції диз'юнкції [16] вихідних матриць, визначено як  $\forall r_{ijr} = \bigcap_{n=1}^7 a_{ijn}$ . Символ «1» у комірці матриці свідчить лише про наявність однакових композиційно-конструктивних рішень між різновидами виробів, проте не відображає напряму трансформації. Тому при перетворенні матриці суміжності у граф кожний зв'язок розглядається з позицій спрощення форми і конструктивно-технологічного рішення: з довшого виробу утворюється коротший, з виробу з більшою кількістю деталей – виріб з меншою і т.д. [16].

Аналізуючи взаємозв'язки між різновидами одягу побудовано вихідний граф типологічного ряду (рис. 2.2). Окремо показано вихідні графи взаємозв'язків між різновидами видів виробів [15]. Кожен різновид виробу нумерують згідно з таблицею 1.3.



**Рис. 2.1.** Виділення кластерів на дендрограмі методом міжгрупових зв'язків

У процесі перетворення матриці суміжності у граф враховують специфіку виготовлення швейних виробів. Окремі значення «1» із матриці суміжності не відображені у графі, оскільки практична реалізація таких перетворень складна і передбачає використання прийомів моделювання третього виду. Проте така інформація дозволяє розбити загальну множину  $X$  жіночого верхнього плечового одягу на окремі кластери об'єктів без відображення логічної структури ієрархічної підпорядкованості об'єктів.

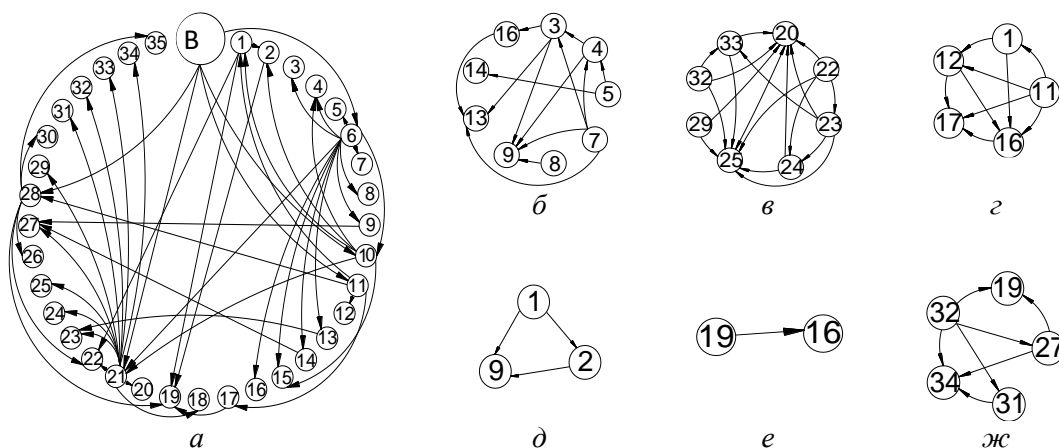


Рис. 2.2. Вихідний граф асортименту жіночого плечового верхнього одягу (а) і підграфи різновидів виробів: пальта (б), жакета (в), плаща (г), півпальта (д), куртки (е), піджака (ж)

### 2.3. Структурно-логічна модель трансформації типологічного ряду

В області вирішення завдань структурного моделювання з використанням теорії графів найбільший рівень універсальності мають методи моделювання, що базуються на структурних схемах досліджуваних властивостей, в яких елементи – це несумісні стани системи (різновиди виробів), а ребра – напрями та інтенсивності переходів між цими станами (процеси трансформації із одного різновиду виробу в інший). Тоді, граф, який відображає напрями трансформації, є структурно-логічною схемою трансформації різновидів виробів типологічного ряду [15].

Типологічний ряд містить різновиди виробів однієї категорії, тому усі різновиди повинні мати певні ознаки, які характеризують цю категорію. Наявність таких ознак дозволяє зробити висновок про можливість існування деякого виробу  $X_0$ , якому притаманні всі характеристичні ознаки категорії, і який може перетворюватись у будь-який різновид виробу  $X_q$  із типологічного ряду.

Кожен різновид представлений набором характеристик  $F_{q1}, F_{q2}, F_{q3}, F_{q4}, F_{q5}$ . Очевидно, якщо для кожного  $F_{qi}$  справедлива рівність  $F_{qi} = F_{0i}$ , то  $\rho(X_0, X_q) = 0$  і  $X_0 = X_q$ . Оскільки всі різновиди виробів розглядуваної множини виробів відрізняються між собою, то ознака  $F_{qi}$  повинна як завгодно мало відрізнятись від ознаки  $F_{0i}$  для деякої кількості характеристик  $n \leq 5$ . Тоді величина евклідової відстані  $\rho(X_0, X_q)$ , що обрана за міру подібності між різновидами виробів жіночого плечового верхнього одягу під час кластерного аналізу, повинна як завгодно мало відрізнятись від 0 для будь-якого  $X_q$ . Шуканий виріб  $X_0$  визначатиметься набором характеристик  $F_{01}, F_{02}, F_{03}, F_{04}, F_{05}$ , для яких функція  $\sum_{q=1}^{35} \rho(X_q, X_0)$  досягає мінімуму. Відповідно, кількість ознак, для яких  $F_{qi}$  як завгодно мало відрізняється від  $F_{0i}$ , повинна бути максимальною.

За виразом (2.7), кожна ознака  $F_{qi} = f(a_1, \dots, a_n)$ . Тоді досягнення максимальної кількості ознак  $F_{0i}$ , що відповідають вказаній умові, автоматично забезпечується шляхом компонування значень  $a_1, \dots, a_n$ , які мають найвищу частоту зустрічності. Частоту зустрічності доцільно визначати на основі асортиментних кодів різновидів виробів.

У результаті їх аналізу встановлено, що всі номінальні ознаки типового представника типологічного ряду жіночого плечового верхнього одягу приймають значення «модифікаційний». Тому за номінальні ознаки доцільно прийняти ознаки типової асортиментної конструкції: прямий силует, вшивний рукав, наявність розрізу посередині переду, без коміра, без кишень, без пояса, без застібки.

Безпосереднє формування структурно-логічної моделі типологічного ряду виконано за принципом перетворення графа понять у ярусно-паралельну форму, який викладений у [17, 18]. Ярусно-паралельна форма (ЯПФ) графа – це поділ вершин орієнтованого ациклічного графа на пронумеровані підмножини  $V_i$  такі, що, якщо дуга  $e$  проходить від вершини  $v_1 \in V_j$  до вершини  $v_2 \in V_k$ , то обов'язково  $j < k$  [17]. Кожна із множин  $V_j$  називається ярусом,  $i$  – його номером, кількість вершин  $V_i$  у ярусі – його шириною. Для графа в ярусно-паралельній формі всі вершини розділені на яруси так, що між вершинами в межах одного ярусу не може бути ніяких зв'язків. Для зберігання і обробки в комп'ютері граф записується у матричній формі.

Для побудови структурно-логічної моделі типологічного ряду використані наступні принципи побудови ЯПФ:

- усередині типологічного ряду не може бути ізольованих видів виробів, тобто таких, що не можуть бути одержані із хоча б одного виду виробу, що входить до типологічного ряду;

- зв'язок між видами при вивченні послідовності побудови типологічного ряду відображується тільки відношенням наслідування конструктивних елементів;

- при раціональній структурі типологічного ряду між будь-якими видами одягу не можуть існувати замкнені шляхи перетворень;

- переведення графа у ярусно-паралельну форму призводить до того, що граф подається у вигляді ярусів взаємно не пов'язаних видів виробів.

Тоді, відповідно до послідовності обраного методу побудови, структурно-логічна модель трансформації типологічного ряду формується наступним чином:

- побудова графа понять і матриці взаємозв'язків;

- аналіз графа на предмет виявлення «контурів» і «автономних» вершин;

- розкладання графа на шари і на їх основі переведення графа у ярусно-паралельну форму;

- аналіз графа з метою формування логічних ланцюгів перетворення.

Оскільки «Автономних вершин» і контурів на графі не виявлено, то наступним етапом досліджень є побудова матриці взаємозв'язків між різновидами одягу та розкладання вектора рядка на шари [18]. Для цього на основі вихідного графа асортименту типологічного ряду (див. рис. 2.2) симетрична результуюча матриця суміжності перетворюється на несиметричну матрицю взаємозв'язків (див. табл. 2.3), що дає інформацію про всі шляхи довжиною 1 (тобто ребра) у графі.

Розмірність матриці  $35 \times 35$ , оскільки досліджується зв'язок між 35 різновидами жіночого плечового верхнього одягу. Заповнення комірок виконують наступним чином: якщо різновид одягу №  $n$  може бути отриманий із №  $v$  в (ВМК), то навпроти нього у стовпці  $n$  ставиться «1». Кожен рядок і кожен стовпчик підсумовується. Ці суми показують для кожної вершини графа кількість зв'язків відповідно які входять і виходять. Самі отримані рядки і стовпці утворюють вектори, розмірність яких дорівнює кількості стовпців матриці взаємозв'язків, у даному випадку – 35. Всі напрями зміни всередині типологічного ряду приймаються взаємооберненими. Таким чином, отримано перетворену матрицю суміжності, що на відміну від попередньої, заповнена повністю: і верхня, і нижня частина відносно головної діагоналі містять «1» та «0».

Таблиця 2.3

Підсумкова матриця взаємозв'язків різновидів жіночого плечового верхнього одягу

в	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35			
в						1				1	1										1								1									
1		1										1			1	1				1		1																
2															1					1																		
3									1				1					1																				
4			1						1																													
5				1										1																								
6			1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1						1																
7			1	1					1				1																									
8									1																													
9																																						
10	1	1		1											1							1																
11	1											1				1	1												1									
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
31																																				1		
32																			1	1				1	1						1	1		1	1			
33																					1																	
34																																						
35																																						
1я	0	2	2	3	4	1	1	1	1	5	2	1	2	4	2	4	5	3	3	5	8	3	2	3	3	6	1	3	2	1	1	2	1	3	4	1		
2я	2	2	3	4	1	0	1	1	5	1	0	2	4	2	4	5	3	3	5	8	2	2	3	3	6	1	3	1	1	1	1	2	1	3	4	1		
3я	1	2	2	3	0		0	0	4	0		1	3	1	3	3	2	3	5	8	1	2	3	3	6	1	3	0	1	1	2	1	3	4	1			
4я	0	1	1	0					2			1	2	0	2	3	2	3	4	8	0	2	3	3	6	0	3		1	0	2	1	3	4	0			
5я		0	0						1		0	2		1	2	2	2	2	7		0	2	2	5		1	0		1	0	2	3						
6я									0			1		0	0	1	1	1	4			1	1	2		0			0		1	2						
7я												0				0	0	1	4			1	1	2												1	0	
8я																			0	4			0	1	2												1	
9я																					3			0	1												0	
10я																					1			0														
11я																					0																	

Отже, вихідна множина різновидів виробів представлена графом у ЯПФ висотою 11 ярусів. ЯПФ відображає послідовність трансформації різновидів жіночого плечового верхнього одягу (рис. 2.3).

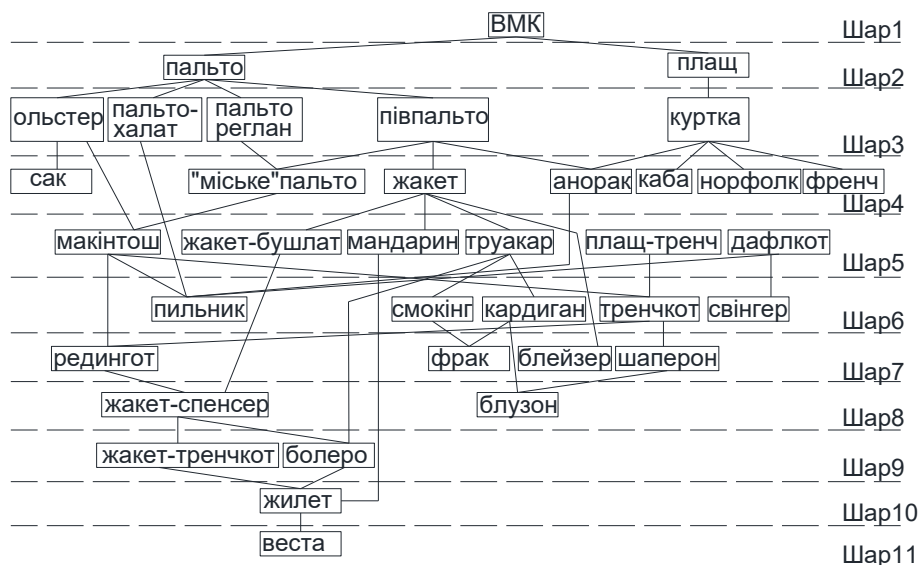


Рис. 2.3. Структурно-логічна модель трансформації типологічного ряду

Розроблена модель показує ієрархічну підпорядкованість виробів жіночого плечового верхнього одягу та дозволяє визначити послідовність їх трансформації з одного виду виробу в інший. Незалежність різновидів виробів, що належать одному ярусу, дозволяє забезпечити паралельність розгляду можливих напрямів трансформації. Логічно вибудований граф можна розділити на окремі ланцюги, враховуючи можливість послідовного перетворення з одного виду виробу в інший.

#### 2.4. Формування номенклатури раціональних ланцюгів перетворення виробів асортиментної групи

Ланцюгом (або шляхом) у графі називають кінцеву послідовність вершин, в якій кожна вершина (окрім останньої) з'єднана з наступною в послідовності вершин ребром. Простим ланцюгом є той, в якому кожна вершина відмінна від іншої [15]. Довжиною шляху називають число ребер, що його складають.

Оскільки ланцюг у графі – це шлях між його вершинами, то для знаходження ланцюгів перетворень серед віртуальної множини видів жіночого плечового верхнього одягу, яка представлена графом, слід дослідити, чи існує шлях якої завгодно довжини із однієї вершини графа в будь-яку іншу. Згідно з [15] таке завдання доцільно вирішувати за допомогою матриці досяжності, в якій зберігається інформація про існування шляхів між вершинами організаційного графа.

Згідно з визначенням, раціональний – це той, що спрямований до кращого, розумнішого застосування чого-небудь, доцільний [7]. Тоді раціональним ланцюгом перетворення є кінцева послідовність відмінних один від одного видів виробів, в якій вид виробу – є вершиною, а процес трансформації – ребром [19].

Матрицею досяжності графа  $G$  називають матрицю  $M$ , у якій елемент  $M_{ij}$  дорівнює 1 тоді і тільки тоді, коли існує (орієнтований) шлях із вершини  $i$  у вершину  $j$  [15]. Побудова матриці досяжності безпосередньо за кресленням графа є досить складною справою, особливо якщо кількість вершин графа велика.

Процес побудови матриць досяжності значно спрощується, якщо проектувальник представляє інформацію не про парні відносини між видами виробів, а інформацію про існування спрямованого шляху між парами виробів. Така структура зв'язків вершин графа відображена у матриці суміжності. Тому найдоцільнішим є метод побудови матриці досяжності графа за матрицею суміжності цього графа. Побудована матриця досяжності містить одиниці у всіх комірках, що свідчить про наявні маршрути між усіма вершинами оргграфа. Отже, практично будь-який різновид виробу жіночого плечового верхнього одягу можна перетворити в інший за скінченну кількість кроків, яка не перевищує загальної довжини графа. Виключення становить перетворення із вихідної модельної конструкції в інші різновиди виробів – воно є лише прямим, обернене перетворення не доцільне і на практиці не здійснюється. Знаходження такого ланцюга перетворення, який за найменшу кількість проміжних перетворень дозволяє виконати трансформацію із одного виробу в інший, відповідно до проектною ситуації (зміна напряму моди, побажання споживача, гнучка переорієнтація виробництва на інші види виробів, тощо), зводиться до розв'язку задачі пошуку найкоротшого шляху між двома вершинами у структурно-логічній моделі трансформації типологічного ряду.

Згідно з алгоритмом Флойда [20] рекурентна формула для визначення довжини найкоротшого шляху  $d_{ij}^k$  від вершини  $i$  до  $j$ , який окрім самих вершин  $i, j$  проходить тільки через вершини  $1 \dots k$ , має вигляд:

$$d_{ij}^k = \min(d_{ij}^{k-1}, d_{ik}^{k-1} + d_{kj}^{k-1}), \quad (2.9)$$

причому  $d_{ij}^0$  – довжина ребра  $(i, j)$ .

Алгоритм Флойда послідовно визначає всі значення  $d_{ij}^k$ ,  $\forall i, j$  для  $k$  від 1 до  $n$ .

Отримані значення  $d_{ij}^n$  є довжинами найкоротших шляхів між вершинами  $i, j$ .

Найкоротші шляхи перетворень знайдені для кожної пари виробів за допомогою ресурсу [21]. Результатом виконання алгоритму Флойда є конкретний ланцюг перетворення та його довжина (табл. 2.4). Загальна номенклатура ланцюгів перетворення містить 598 найменувань.

Таблиця 2.4

Фрагмент номенклатури ланцюгів перетворення

Вихідний виріб	Трансформований виріб	Ланцюг перетворення							Довжина шляху	Кількість виробів у ланцюгу	
		Код	Назва	Назва							
Код	Назва			В1	В2	В3	В4	В5			
1	Анорак	2	Дафлкот	1-2	Анорак	Дафлкот				1	2
		3	Макінтош	1-9-3	Анорак	Пальто-халат	Макінтош			2	3
		4	Міське пальто	1-10-4	Анорак	Півпальто	Міське пальто			2	3
		..	..	...	...	...	...	...	...	...	...
		14	Сак	1-9-3-5-14	Анорак	Пальто-халат	Макінтош	Ольстер	Сак	4	5
		15	Свінгер	1-2-15	Анорак	Дафлкот	Свінгер			2	3
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Ланцюги перетворення є простими послідовностями, які дозволяють задавати вектор дій у конкретній проектній ситуації, забезпечуючи видозмінну трансформацію одягу. Причому використання прийомів трансформації можливе на різних етапах життєвого циклу виробів: як під час проектування, так і під час експлуатації.

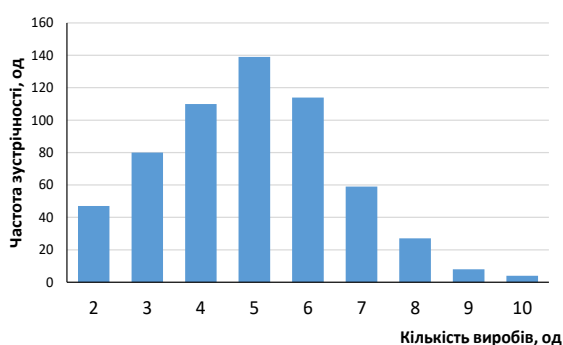


Рис. 2.4. Частота зустрічності кількості виробів у ланцюгах перетворення

Користуючись інформацією з номенклатури ланцюгів перетворень виконано дослідження частоти зустрічності довжини ланцюгів перетворення (кількості виробів у ланцюгу (рис. 2.4)) [22]. Як видно з цього рисунка у номенклатурі раціональних ланцюгів перетворення найчастіше зустрічаються ланцюги перетворення, що передбачають використання п'яти видів виробів. Мінімальною кількістю різновидів виробів, що входять до ланцюга перетворення, є два.

Така кількість виробів відповідає довжині шляху один. Тоді при збільшенні шляху на кожну одиницю, кількість виробів зростає на таку ж кількість. При цьому отриманий ланцюг перетворення може бути розбитий на ту ж саму кількість ланцюгів перетворення із довжиною шляху один. Отже, можна припустити, що будь-який ланцюг перетворення, що входить до загальної номенклатури складається із певної кількості елементарних ланцюгів. Причому елементарним ланцюгом перетворення є ланцюг перетворення із довжиною шляху один.

Очевидно, що для того, щоб підприємство у будь-який момент часу могло швидко переналагодити виробництво іншого виду виробів, доцільно розробити групову конструкторську документацію для різновидів виробів елементарних ланцюгів, які зустрічаються найчастіше. У таблиці 2.5 представлено частоту зустрічності елементарних ланцюгів у загальній номенклатурі раціональних ланцюгів перетворення жіночого плечового верхнього одягу. Частота оцінена як з трансформуванням від першого виробу до другого, так і навпаки. Загальний інтервал частоти зустрічності коливається в межах від 0,04 % до 6,64 %. Тоді множина елементарних ланцюгів за їх частотою зустрічності має бути розбита на три групи зустрічності: значна (4,44–6,64 %), середня (2,24–4,44 %) та мала (0,04–2,24 %). До групи значної зустрічності входять елементарні ланцюги перетворення з умовними назвами «1–28» (Куртка-Анорак), «1–10» (Анорак-Півпальто), «10–21» (Півпальто-Жакет), «21–32» (Жакет-Труакар), «3–13» (Макінтош-Редингот) та «13–23» (Редингот-Жакет-Спенсер).

Таблиця 2.5

Частота зустрічності елементарних ланцюгів

№ з/п	ЛП		Частота зустрічності		№ з/п	ЛП		Частота зустрічності	
	Виріб 1	Виріб 2	од.	%		Виріб 1	Виріб 2	од.	%
1	10	1	152	6,64	24	21	29	34	148
2	1	28	139	6,07	25	27	34	34	1,48
3	21	10	122	5,33	26	5	14	33	1,44
4	21	32	114	4,98	27	18	21	33	1,44
5	13	23	106	4,63	28	28	26	33	1,44
6	3	13	104	4,54	29	28	30	32	1,40
7	23	24	93	4,06	30	28	35	32	1,40
8	3	9	91	3,97	31	20	25	31	1,35
9	1	9	86	3,76	32	31	32	31	1,35
10	21	22	73	3,19	33	23	33	30	1,31
11	27	32	70	3,06	34	2	15	29	1,27
12	1	12	63	2,75	35	8	9	27	1,18
13	24	25	60	2,62	36	19	27	27	1,18
14	3	5	59	2,58	37	4	7	26	1,14
15	22	23	58	2,53	38	11	28	24	1,05
16	16	17	56	2,45	39	2	9	23	1,00
17	6	10	51	2,28	40	6	7	20	0,87
18	5	6	49	2,14	41	6	8	20	0,87
19	16	12	49	2,14	42	1	11	10	0,44
20	4	10	46	2,01	43	25	33	2	0,09
21	1	2	39	1,70	44	19	35	1	0,04
22	16	13	39	1,70	45	27	35	1	0,04
23	17	19	37	1,62	46	31	34	1	0,04

Отримані ланцюги перетворень надають усі необхідні вихідні дані для розробки принципів склеювання і комбінаторного синтезу раціональних послідовностей перетворень. Крім того, їх можна використати як вихідні дані для наступних досліджень ланцюгів перетворення для забезпечення швидкої переорієнтації швейного виробництва одягу.

## 2.5. Стратегія ігрового простору ланцюгів перетворення в комбінаторному синтезі модельних рішень

Номенклатура раціональних ланцюгів перетворення жіночого плечового верхнього одягу передбачає перетворення одних різновидів одягу в інші. Проте в умовах конкретної проектної ситуації проєктують не стільки різновид виробу, скільки модель (моделі) різно-

виду виробу. Тому виникає потреба у формуванні каталогів модельних рішень різновидів виробів, що входять до ланцюгів перетворення. При цьому у процесі конструкторської підготовки виробництва доцільно використовувати пакети конструкторської документації, які забезпечують виробництво різновидів виробів, що входять до елементарних ланцюгів, які зустрічаються найчастіше.

На першому етапі досліджень доцільно розробити послідовність проектування ланцюга перетворення, що містить мінімальну кількість елементарних ланцюгів. В якості вихідних даних для наступних досліджень обрано два елементарних ланцюги «Куртка-Анорак» та «Анорак-Півпальто», які об'єднуються в ланцюг перетворення довжиною 2: «Куртка-Анорак-Півпальто» і мають найвищу частоту зустрічності у загальній номенклатурі ланцюгів перетворення (див. табл. 2.5).

Процес конструкторської підготовки моделей ланцюга повинен містити якнайменше операцій щодо доопрацювання кожного наступного різновиду виробу та забезпечувати використання методу комбінаторного синтезу для розробки нових моделей в межах кожного із розглянутих різновидів виробів. Кожен з різновидів виробів, що складають досліджуваний ланцюг представляє собою нескінченне число варіантів модельних рішень, базова основа яких може бути сформована із скінченного числа варіантів уніфікованих деталей із додаванням оригінальних деталей безпосередньо розробником.

Основний принцип морфологічного аналізу полягає у систематизованій оцінці всіх можливих варіантів, які впливають із закономірностей будови технічного об'єкту, який розробляють або удосконалюють (в цьому випадку різновидів виробів та елементарних ланцюгів, що входять до загального ланцюга).

Конкретні варіанти реалізації кожної окремої ознаки доцільно розглядати у вигляді морфологічної матриці. Тоді для конкретного випадку алгоритм методу морфологічного аналізу містить наступні пункти:

1) формулювання задачі (проблеми), яку потрібно вирішити: в цьому випадку потрібно розробити узагальнений технічний ескіз ланцюга перетворення «Анорак-Куртка-Півпальто», який надасть необхідні відомості про конструктивний устрій модельних рішень видів виробів, що входять до досліджуваного ланцюга;

2) складання списку всіх морфологічних ознак об'єкту задачі: виділення окремих конструктивно-композиційних рішень (ОККР) курток, анораків і півпальт;

3) розкриття можливих варіантів по кожній морфологічній ознаці і складання морфологічної матриці;

4) формулювання конкретних варіантів рішень задачі шляхом поєднання варіантів морфологічних ознак передбачає створення нових модельних рішень за допомогою комбінаторного синтезу усіх можливих поєднань ОККР в межах кожного із різновидів виробів (куртки, анорака та півпальта);

5) визначення практичної цінності отриманих варіантів рішення задачі і вибір з них найефективніших. Оцінка коефіцієнтів уніфікації дозволить визначити оптимальні варіанти елементарних ланцюгів модельних рішень та їх поєднань.

Отже в результаті морфологічного аналізу об'єкту можливо прийти до нового погляду на все поле можливих рішень, що дає поштовх до одержання принципово нових напрямків удосконалення процесу проектування швейних виробів із використанням ланцюгів перетворення видів виробів.

Відповідно до рекомендацій, викладених у [3], для компоновання моделей виробів у процесі типового проектування спочатку слід виконати аналіз моделей-аналогів для різновидів виробів, які формують ланцюг перетворення.

За даними, наведеними у [3, 23], повний цикл розвитку загальної структури форми одягу дорівнює 23–25 років. Авторським дослідженням [24] встановлено, що сьогодні від-

бувається істотне прискорення зміни структури форми одягу і загальний цикл протягом останніх десятиліть зменшився принаймні вдвічі. Оскільки мода повторюється кожні 12 років свого циклу, для підбору моделей-аналогів доцільно розглядати саме такий часовий період.

За даними державної служби статистики України [25] станом на 1 грудня 2016 року, швейна промисловість виготовляє 1917,6 тис. одиниць верхнього плечового жіночого одягу на підкладці. В цю групу входять пальто, півпальто, плащі, накидки, куртки та інші види одягу, які виготовляють з різних видів матеріалів для різних груп споживачів. Причому дані представлені на основі звітності підприємств середньої і великої потужності, які випускають моделі серіями по 200–500 одиниць [26], а загальна номенклатура різновидів жіночого плечового верхнього одягу складає щонайменше 35 найменувань (див. табл. 1.3). Тоді кількість моделей кожного різновиду виробів розглядуваного асортименту, що випускається підприємствами середньої і великої потужності протягом року для всіх груп споживачів, лежить в межах 110–274.

Відповідно до рекомендацій [27], для формування вибірки використано простий випадковий метод відбору моделей, оскільки в такому випадку можна стверджувати, що вибірка буде репрезентативною. Тоді, проста випадкова вибірка розміром 210 моделей жіночого верхнього плечового одягу, яка обмежена ланцюгом «Куртка-Анорак-Півпальто» (70 анораків, 70 курток і 70 півпальт) є репрезентативною для всієї сукупності моделей заданих різновидів виробів.

Щомісячні видання журналів мод та доступні інтернет-каталоги та онлайн-магазини одягу [28–31] були використані як джерело даних для формування вибірки. Регламентация кількісного аналізу моделей обмежена періодом у 12 років, який характеризує геометричні ознаки базової форми [3].

За рекомендаціями [3], для створення типової конструкції заданої форми враховують показники, що мають повторюваність більше 45 %. Стильове рішення характеризують конструктивно-композиційні елементи функціонального і декоративного призначення, які мають повторюваність від 25 до 45 % і забезпечують модифікування вузла або деталі.

Таким чином, отримано дані про переважні елементи (типові та ті, що забезпечують модифікування конструкції), які можуть бути використані для комбінаторного синтезу типових модельних рішень досліджуваних видів виробів.

Компонування моделей-пропозицій із варіантних ознак окремих конструктивно-композиційних рішень виконують, користуючись принципами функціональної, композиційної, конструктивної і технологічної сумісності функціональних вузлів виробу з урахуванням даних про переважні елементи [3]. Таке компонування доцільно здійснювати автоматизовано за допомогою спеціальної програми «Матриця», що розроблена у [3, 32]. Вихідними даними для роботи програми є коди основних конструктивно-композиційних рішень різних моделей кожного різновиду виробу. Кількість конструктивно-композиційних рішень визначає розміри матриці сумісності, яку заповнюють шляхом перебору. Для матриці сумісності курток розмір матриці  $18 \times 18$ , для анораків –  $23 \times 23$ , для півпальто –  $19 \times 19$ . Сумісність конструктивно-композиційних рішень позначають символом 1, несумісність – 0. Результати роботи програми «Матриця» є роздруківками з переліком модельних рішень виробів, кожне з яких представлено набором кодів ОККР.

Отже, для ланцюга перетворення «Куртка-Анорак-Півпальто» раціональне число моделей-пропозицій курток, сформованих в автоматизованому режимі, – 256, анораків – 648, півпальт – 88 варіантів, які представлені варіантами сполучень кодів ОККР.

Сформована множина модельних рішень досліджуваних видів виробів у вигляді автоматизованих компонувань ОККР дозволяє представити варіанти моделей окремо для куртки, для анорака і півпальта.

Для вибору конкретного ланцюга перетворення модельних рішень доцільно сформулювати правила поєднання модельних рішень виробів у елементарні ланцюги та правила об'єднання їх між собою.

Множина модельних рішень виробів входить до множини однойменних різновидів виробів. Тоді всі властивості ланцюгів перетворення різновидів виробів притаманні і ланцюгам перетворення їх модельних рішень. Мінімальну кількість перетворень можна оцінити за допомогою показників уніфікації. Проте, якщо для ланцюга перетворення різновидів виробів переважно характерна реактивна взаємодія (1:1), коли один різновид виробу перетворюється лише в один наступний (попередній), то для ланцюга перетворення модельних рішень характерна множинна або діалогова взаємодія (1:M), коли одна модель певного різновиду виробу може перетворитись у множину моделей іншого і навпаки. Таке перетворення повинно проходити за якнайменшу кількість часу, з найменшими витратами праці, проте забезпечуючи достатню різноманітність та новизну новостворених моделей. Тобто, фактично наявна ситуація з взаємооберненими цілями, які конфліктують між собою.

Математичною теорією конфліктних ситуацій є теорія ігор. У грі можуть стикатися інтереси двох (гра парна) або декількох (гра множинна) супротивників [33]. На промислових підприємствах теорія ігор використовується для пошуку оптимальних рішень. Одним з видів ігор є матрична антагоністична гра, – парна гра з нульовою сумою (один гравець виграє стільки, скільки програє інший) за умови, що кожен з гравців має скінчене число стратегій. У цьому випадку парна гра формально задається матрицею, елементи якої визначають виграш першого гравця ( $i$ , відповідно, програш другого), якщо перший гравець вибере  $i$ -ту стратегію ( $i =$ ), а другий –  $j$ -ту стратегію ( $j =$ ). Тоді, ігровий простір комбінаторного синтезу об'єктів ланцюга перетворення має бути представлений у вигляді матриці  $X(i,j) = (x_{ij})$ , у якій  $i$ -й рядок представляє собою перетворення  $i$ -ї моделі одного виду виробу 1 у  $j$  моделей виду виробу 2, а  $j$ -й стовбець демонструє перетворення  $j$ -ї моделі виду виробу 2 у  $i$  моделей виду виробу 1. Кожен з видів виробів є гравцем. Елементи матриці  $x_{ij}$  визначають рівень уніфікації попарно для двох видів виробів. Розмірність матриці  $m \times n$  визначається відповідно до кількості моделей за результатами автоматизованого компонування. Кількість матриць  $k$  визначається кількістю елементарних ланцюгів, що входять до ланцюга перетворення, який розглядається.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	модель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
3	2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
4	3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
5	4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
6	5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
7	6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
8	7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
9	8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
10	9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
11	10	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
12	11	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
13	12	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
14	13	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
15	14	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
16	15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
17	16	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
18	17	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4

Рис. 2.5. Фрагмент матриці «Анорак-Куртка»

Ланцюгу «Анорак-Куртка-Півпальто», який складається з двох елементарних ланцюгів, відповідають дві матриці розміром  $648 \times 258$  та  $648 \times 88$  для «Анорак-Куртка» та

«Анорак-Півпальто», відповідно. У всіх матрицях гри використано однаковий принцип розміщення елементів: по вертикалі – номери модельних рішень анораків, по горизонталі – номери модельних рішень курток або півпальто (рис. 2.5). Моделі виробів позначались за номером моделі в роздруківці результатів роботи програми «Матриця».

Шляхом послідовного перебору кодів двох елементарних ланцюгів модельних рішень «Анорак-Куртка», «Анорак-Півпальто» розраховані коефіцієнти уніфікації попарно для всіх можливих поєднань моделей двох видів виробів. Таким чином, задача зводиться до вибору пар моделей з оптимальним рівнем уніфікації, який забезпечує швидкість перетворення при збереженні різноманітності моделей. Рішення таких задач вимагає повної визначеності у формулюванні їх умов та вибору стратегії, тобто сукупності правил, які залежно від ситуації у грі визначають однозначний вибір дій даного гравця.

Як відомо [33], ціна гри – це математичне очікування виграшу першого гравця, якщо обоє гравців оберуть оптимальні для себе стратегії. Тоді для розглядуваного випадку:

$$V = M(P', Q'), \quad (2.10)$$

де  $V$  – оптимальний коефіцієнт уніфікації (ціна гри);  $P'$  – максимальна уніфікація (оптимальна стратегія першого гравця);  $Q'$  – різноманітність моделей (оптимальна стратегія другого гравця).

Розв'язок задачі у чистих стратегіях існує за умови наявності у матриці гри сідлової точки, яка є парою оптимальних стратегій  $(A_i, B_j)$ . Це означає, що матриця гри містить елемент, який є мінімальним у своєму рядку і одночасно є максимальним у своєму стовпці [33]. Якщо сідлова точка відсутня (рис. 2.6), а розмірність матриці  $m \times n$  представлена великими значеннями  $m$  та  $n$ , причому  $m \neq n$ , то розв'язок гри проводять у змішаних стратегіях.

модель	97	98	99	100	...	161
85	0,8	0,8	0,8	0,8	...	0,4
86	0,8	0,8	0,8	0,8	...	0,4
87	0,8	0,8	0,8	0,8	...	0,4
121	0,8	0,8	0,8	0,8	...	0,4
122	0,8	0,8	0,8	0,8	...	0,4
123	0,8	0,8	0,8	0,8	...	0,4
...	...	...	...	...	...	...
648	0,2	0,2	0,2	0,2	...	0

Рис. 2.6. Пошук сідлової точки

Для зменшення розмірності матриць доцільно скористатися одним з відомих математичних рішень проблеми групування двох видів об'єктів з одночасною оптимізацією двох цільових функцій. У світовій практиці ця проблема отримала назву «cell formation problem» [35] і найчастіше використовується для задачі групування машин при обробці деталей («машина–деталь»).

Згідно з твердженням [36], багатокритеріальна оптимізація з  $d$  цілями  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_d(x)$  передбачає мінімізацію цільової функції  $f(x) = f_1(x), f_2(x), \dots, f_d(x)$ :

$$\min_{x \in X} f(x), \quad (2.11)$$

де  $x$  – вектор розв'язку, а множина  $X$  – всі можливі вектори розв'язку, що задовольняють умови.

Така множина називається пошуковим простором. У переважній більшості випадків неможливо мінімізувати усі вектори одночасно. Два вектори розв'язку  $a$  та  $b$  із пошу-

кового простору можуть бути взаємопов'язані декількома різними способами: або один із них домінує над іншим, або вони є рівнозначними.

Оскільки в нашому випадку обидва вектори є рівнозначними, то доцільно скористатись запропонованим авторами [36] алгоритмом, що дозволяє оптимізувати дві цільові функції одночасно.

Модель, запропонована [35, 36] базується на двох основних положеннях:

– мінімізація загальної кількості міжгрупових переміщень, що в даному випадку означає мінімізацію кількості блоків ланцюгів перетворення, в які входять окремі модельні рішення різновидів виробів;

– мінімізація внутрішньогрупових відмінностей (внутрішньоблокової варіативності).

В цьому випадку – різниця між коефіцієнтами уніфікації пар виробів, що входять в одну групу, та середнім коефіцієнтом уніфікації групи має бути мінімальною.

Кількість міжгрупових переміщень згідно з вказівками [36] розраховують як:

$$f_1(X) = p^T (\hat{O}(W^T X)e_k - e_n), \quad (2.12)$$

де  $\Phi$  – функція, що змінює елементи матриці гри, задані умовою  $K_y > 0,6$ , на одиниці;  $Xe_k$  – вихідна матриця, елементи якої відображають приналежність моделей до блоків (ланцюгів перетворень)

Внутрішньоблокова варіативність рівня уніфікації розраховується за формулою:

$$f_2(X) = \langle W - M(X), W - M(X) \rangle, \quad (2.13)$$

де  $M(X)$  – матриця  $m \times n$  із середніми значеннями коефіцієнта уніфікації  $K_y$ : елемент в  $i$ -му рядку та  $j$ -му стовпці визначає середній коефіцієнт уніфікації блоку, що містить елементарний ланцюг перетворення  $i$ -ї моделі різновиду виробу 1 в  $j$ -ту модель різновиду виробу 2;  $W$  – вихідна матриця інцидентності.

Для розв'язання задачі групування пар виробів у блоки використовують алгоритм гілок та меж, кожен етап якого представляє перестановку стовпців і рядків матриці та відкидання тих стовпців і рядків, які не відповідають заданим умовам. В результаті розмірність матриці значно зменшується.

Обмежуючі умови для цільових функцій розраховуються за формулою:

$$\begin{aligned} b_1(X') &= p^T (\hat{O}(W'^T X')e_k - \hat{O}(\hat{O}(W'^T X')e_k)), \\ b_2(X') &= \langle W' - M(X'), W' - M(X') \rangle, \end{aligned} \quad (2.14)$$

де  $W'$  – матриця, що складається із  $m'$  перших рядків матриці  $W$ .

Для розв'язання бікритеріальної задачі «cell formation» рекомендують використовувати засоби пошуку в глибину [36], який завжди дозволяє знайти прийнятне рішення, якщо воно існує. Пари моделей, які відповідають блокам, складають основу для наступних ігрових матриць, в яких гравцями виступають не моделі виробів, а елементарні ланцюги. Тоді елементами матриці гри є коефіцієнти уніфікації ланцюгів. Коефіцієнти внесені до матриці «Куртка-Анорак-Півпальто», в якій по вертикалі розташовані елементарні ланцюги «Куртка-Анорак», а по горизонталі – «Анорак-Півпальто».

Позначення елементарних ланцюгів складається з наступних елементів: номери моделі одного виду виробу із автоматичної компоновки, буквеного позначення різновиду виробу ( $A$  – анорак,  $K$  – куртка,  $P$  – півпальто), дефіса, номери моделі другого виду виробу з автоматичної компоновки та буквеного позначення різновиду виробу. Наприклад, по-

значення «13А-33К» означає елементарний ланцюг перетворення модельного рішення анорака № 13 у модельне рішення куртки № 33; позначення «13А-47П» означає елементарний ланцюг перетворення модельного рішення анорака № 13 у модельне рішення півпальта № 47. У клітинках, що лежать на перетині двох елементарних ланцюгів внесені коефіцієнти уніфікації для трьох різновидів, що входять до них. Наприклад, у клітинці на перетині елементарних ланцюгів «13А-33К» та «13А-47П» вказано коефіцієнт уніфікації моделей 13А (анорак № 13), 33К (куртка № 33) і 47П (півпальта № 47).

Номенклатура ланцюгів перетворення представлена цифровими позначеннями. Тому загальні ланцюги перетворення модельних рішень, сформовані з множини ланцюгів перетворень модельних рішень довжиною 2, які містять однакове модельне рішення анорака, проте відрізняються модельними рішеннями і куртки, і півпальта, прийнято позначати як «10-1(№А)-28», де «10» – позначення множини модельних рішень курток, «1» – позначення множини модельних рішень анораків; №А – номер спільного модельного рішення анорака для всіх елементарних ланцюгів, що представлені у матриці, «28» – позначення множини модельних рішень півпальт.

До нової матриці гри знову застосовують алгоритм меж та гілок, в якому окрім перерахованих обмежень, застосовують умову об'єднання в один блок елементарних ланцюгів, які мають однакову основу (спільну модель анорака).

Формування кліток передбачає отримання декількох різних можливих рішень в залежності від обраної моделі алгоритму формування, а також від заданих умов обмеження. В даному випадку умовою обмеження є величина коефіцієнта уніфікації. В результаті сформовано шість блоків ланцюгів перетворення «10-1(№А)-28» (табл. 2.6) із вказаним в дужках номером модельного рішення анорака: 13, 31, 103, 104, 105, 106.

Таблиця 2.6

## Співвідношення видів виробів у загальних ланцюгах перетворень модельних рішень

№ з/п	Умовне позначення ланцюга перетворення	Кількість моделей, од.			Розподіл, %	
		курток ( $k$ )	півпальт ( $p$ )	всього	курток	півпальт
1	10-1(13)-28	12	8	20	60	40
2	10-1(31)-28	2	2	4	50	50
3	10-1(103)-28	14	14	28	50	50
4	10-1(104)-28	6	12	18	33	67
5	10-1(105)-28	6	12	18	33	67
6	10-1(106)-28	2	1	3	66	34

У згорнутому вигляді взаємозв'язки між моделями різновидів виробів всередині кожного з блоків ланцюгів перетворень, можуть бути представлені псевдографом – організаційним графом з поверненнями та петлями (рис. 2.7):

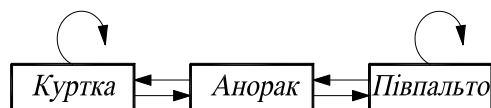


Рис. 2.7. Взаємозв'язки всередині блоків ланцюгів перетворень модельних рішень

Як видно з цього рисунка, кожен блок представляє собою замкнену циклічну структуру, всередині якої існує скінченна кількість можливих перетворень модельних рішень різновидів виробів. Отже, кожен блок має бути представлений окремою матрицею гри, розмірність якої дорівнює  $k_i \times p_i$ , де  $k$  – кількість моделей курток у  $i$ -му ланцюгу перетворення,  $p$  – кількість моделей півпальт у  $i$ -му ланцюгу перетворення (див. табл. 2.6).

Розв'язання задач антагоністичних матричних ігор, що представлені матрицями розмірністю  $k_i \times p_i$ , отримано у змішаних стратегіях за допомогою он-лайн сервісу [37]. В результаті сформовані оптимальні стратегії синтезу ланцюгів перетворення модельних рішень різновидів виробів (табл. 2.7), які представлені ймовірностями появи модельних рішень куртки і півпальта у ланцюгу, що містить наперед задане модельне рішення анорака.

Таблиця 2.7

**Вибір стратегії синтезу ланцюгів перетворення модельних рішень**

Номер блоку	Стратегія гравця II («Куртка-Анорак»)	Стратегія гравця I («Півпальто-Анорак»)	Ціна гри	Ланцюг перетворення модельних рішень
1	$P(0,0,0, \frac{1}{2}, 0,0,0,0,0, \frac{1}{2}, 0,0)$	$Q(\frac{1}{2}, 0,0,0,0,0, \frac{1}{2}, 0)$	$V = 0,5$	28(35)-1(13)-10(47) 28(35)-1(13)-10(74) 28(227)-1(13)-10(47) 28(227)-1(13)-10(74)
2	$P(1,0)$	$Q(0,1)$	$V = 0,6$	28(65)-1(31)-10(58)
3	$P(\frac{1}{2}, 0,0,0,0,0,0,0,0, \frac{1}{2}, 0,0,0)$	$Q(\frac{1}{2}, 0,0,0,0,0,0,0,0, \frac{1}{2}, 0,0,0,0,0)$	$V = 0,55$	28(65)-1(103)-10(36) 28(65)-1(103)-10(17) 28(67)-1(103)-10(36) 28(67)-1(103)-10(17)
4	$P(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}, 0,0,0)$	$Q(\frac{1}{2}, 0,0,0,0,0, \frac{1}{2}, 0,0,0,0,0)$	$V = 0,55$	28(65)-1(104)-10(11) 28(65)-1(104)-10(17) 28(67)-1(104)-10(11) 28(67)-1(104)-10(17)
5	$P(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}, 0,0,0)$	$Q(\frac{1}{2}, 0,0,0,0,0, \frac{1}{2}, 0,0,0,0,0)$	$V = 0,55$	28(65)-1(105)-10(11) 28(65)-1(105)-10(17) 28(67)-1(105)-10(11) 28(67)-1(105)-10(17)
6	$P(1,0)$	$Q(1)$	$V = 0,6$	28(69)-1(106)-10(14)

Аналіз оптимальних стратегій синтезу ланцюгів перетворення, що представлені у таблиці 2.7 свідчить про те, що для одночасного досягнення заданого рівня уніфікації та різноманітності моделей у ланцюгу перетворення не доцільно використовувати більше, ніж два модельних рішення куртки чи півпальта. Причому альтернативні рішення курток та півпальт з'являються із однаковою ймовірністю.

Використання теорії ігор для синтезу ланцюга перетворення модельних рішень різновидів виробів дозволяє скоротити кількість альтернативних варіантів рішень у конкретній проектній ситуації. Імовірності використання окремих модельних рішень різновидів виробів створюють передумови для автоматизованої компоновки ланцюга, формалізуючи таким чином процес евристичного проектування нової моделі одягу.

**Список використаних джерел**

1. Типология / Л. Ф. Ильичёв, П. Н. Федосеев, С. М. Ковалев, В. Г. Панов // Философский энциклопедический словарь. – М. : Сов. энцикл., 1983. – С. 685.
2. Конструирование одежды с элементами САПР : учеб. для вузов / Е. Б. Коблякова, Г. С. Ивлева, В.Е. Романов и др. – 4-е изд., перераб. и доп. ; под ред. Е. Б. Кобляковой. – М. : Легпромбытиздат, 1988. – 464 с.
3. Славінська А. Л. Методи типового проектування одягу : навч. посіб. / А. Л. Славінська. – Хмельницький : ХНУ, 2008. – 159 с.
4. Большой экономический словарь: 19000 терминов / авт. и сост. М. Ю. Агафонова, А. Н. Азрилиян, О. М. Азрилиян и др. ; под ред. А. Н. Азрилияна. – М. : Ин-т новой экономики, 1997. – 864 с.

5. Типология потребления / под ред. С. А. Айвазяна, Н. М. Римашевской. – М. : Наука, 1978. – 168 с.
6. IBM SPSS – IBM Analytics [Electronic resource] – Access mode: <http://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss>.
7. Великий тлумачний словник сучасної української мови / уклад. і гол. ред. В. Т. Бусел. – Київ : ВТФ «Перун», 2003. – 1440 с.
8. Упине А. М. Методика формирования типологических структур при исследовании закономерных взаимосвязей в системе дизайна костюма / А. М. Упине // Вестник ОГУ. – 2011. – № 9 (128). – С. 78–81.
9. Клейн Л. С. Формула Монтелиуса (шведский рационализм в археологии Мальмера) / Л.С. Клейн. – Донецк : ДонНУ, 2010. – 258 с.
10. Журавлев Ю. И. «Распознавание». Математические методы. Программная система. Практические применения / Ю. И. Журавлев, В. В. Рязанов, О. В. Сенько. – М. : Фазис, 2005. – 159 с.
11. Сухарев М. И. Принципы инженерного проектирования одежды / М. И. Сухарев, А. М. Бойцова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 272 с.
12. Захаркевич О. В. Обґрунтування вихідних умов формування ланцюгів перетворення жіночих плечових виробів / О. В. Захаркевич // Наукові нотатки. – 2011. – № 34. – С. 89–94.
13. Клини С. К. Математическая логика / С. К. Клини. – М. : Мир, 1973. – 480 с.
14. Харари Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М. : УРСС, 2003. – 300 с.
15. Захаркевич О. В. Розробка типологічного ряду жіночого плечового одягу / О. В. Захаркевич // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2010. – № 5. – С. 15–18.
16. Захаркевич О. В. Побудова узагальненого технічного ескізу типологічного ряду жіночих плечових виробів / О. В. Захаркевич // IV Україно-Польські Наукові Діалоги : тези наук. пр. міжнар. наук. конф., 11–14 жовтня 2011 р. – Яремче, 2011. – С. 123–125.
17. Воеводин В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
18. Дунець Р. Алгоритм перетворення графів в ярусно-паралельну форму на основі операцій алгебри логіки / Р. Дунець, Б. Дунець // Поліграфія і видавнича справа. – 1997. – № 33. – С. 17–24.
19. Захаркевич О. В. Формування раціональних ланцюгів перетворення жіночого плечового одягу / О. В. Захаркевич // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2012. – № 2. – С. 73–76.
20. Алгоритмы: построение и анализ [Электронный ресурс] / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Вильямс. – Режим доступа: <http://math.semestr.ru/games/index.php>.
21. Рубрика тор готовых работ по программированию сайта KURSOVIK.COM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.kursovik.com/progtopic.html](http://www.kursovik.com/progtopic.html).
22. Захаркевич О. В. Дослідження ланцюгів перетворення жіночого верхнього плечового одягу / О. В. Захаркевич, А. В. Почупрін // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості : зб. тез доп. Всеукр. наук.-практ. Інтернет конференції молодих вчених та студентів, 23–25 жовтня 2013 р. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – С. 20–21.
23. Основы теории проектирования костюма : учеб. для вузов / Т. В. Козлова, Р. А. Степучев, Г. И. Петушкова [и др.]. – М. : Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1988. – 352 с.
24. Kuleshova S. G. The prognostic model in apparel design / S. G. Kuleshova, O. V. Zakharkevich, A. L. Slavinskaya // Magazine textile and clothing. – 2016. – № 2. – P. 18–27.
25. Ukrstat.org – публікація документів Державної служби статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat\\_u/publ1\\_u.htm](https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ1_u.htm).
26. Сугак О. В. Проектирование швейных предприятий. Проектирование экспериментального цеха : метод. указания / О. В. Сугак, А. И. Жереги, Д. И. Топорец. – Кишинэу : ТУМ, 2010. – 75 с.
27. Барковський В. В. Теорія ймовірностей та математична статистика / В. В. Барковський, Н. В. Барковська, О. К. Лопатін. – Київ : ЦУЛ, 2010. – 424 с.
28. Asian and Korean Fashion Clothing Japanese Women Online [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.coco-fashion.com/>.

29. BestDress – сайт о платьях! [Электронный ресурс]. – Access mode: <http://bestdress.com.ua>.
30. Женские куртки и плащи • bonprix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bonprix.ua/kategoriya/360/kurtki-plashchi>.
31. Каталог одежды, обуви и аксессуаров. Вешалка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.veshalka.com.ua>.
32. Славінська А. Л. Логістична координація інформаційних потоків серії моделей швейних виробів / А. Л. Славінська // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 6. – С. 100–107.
33. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень [Електронний ресурс] / Р. Н. Кветник, І. В. Богач, О. Р. Бойко [та ін.] – Режим доступу: [http://posibnyku.vntu.edu.ua/k\\_m/t1/172..htm](http://posibnyku.vntu.edu.ua/k_m/t1/172..htm).
34. Теория прогнозирования и принятия решений / под ред. С. А. Саркисяна. – М.: Высшая школа, 1977. – 351 с.
35. Goldengorin В. Cell Formation in Industrial Engineering: Theory, Algorithms and Experiments / В. Goldengorin, D. Krushinsky, P. M. Pardalos. – Springer-Verlag, New York, 2013. – 206 p.
36. Zilinskas J. Pareto-optimal front of cell formation problem in group technology / J. Zilinskas, В. Goldengorin, P. M. Pardalos // Journal of Global Optimization. – 2015. – Vol. 61, issue 1. – Pp. 91–108.
37. Решение матричной игры онлайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://math.semestr.ru/games/index.php>.

### *Розділ 3.*

## **МОДЕЛЮВАННЯ СИНЕРГЕТИЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У МОДИФІКАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕННЯХ ТИПОЛОГІЧНИХ РЯДІВ**

---

Ефективне застосування в спеціалізованих САПР «Одяг» підсистеми «Конструктор» передбачає розробку групових конструкторських документів на серію модельних конструкцій, які отримані комбінаторним модифікуванням структурних елементів конструктивного прототипу [1].

Ефективність технологічних процесів виготовлення швейних виробів залежить від однорідності конструктивних ознак моделей, які об'єднані в промислову серію ланцюга типологічного ряду. Гнучкість оновлення типологічного ряду моделей забезпечує конструктивна проробка типового представника за принципом «горизонталь–вертикаль», який є визначальним для тривалості життєвого циклу продукції [2].

Отже, розробка проектно-конструкторської документації на моделі у вигляді модифікаційних груп ланцюгів типологічного ряду повинна відповідати вимогам мобільності асортименту, крім того, забезпечувати гнучкість технологічних процесів.

### **3.1. Логістика управління інформаційними потоками в структурних рівнях конструктивно-технологічних властивостей виробу**

Розгляд модельної конструкції як певної комбінації групових елементів узагальненої моделі типового представника, створює передумови управління інформаційними потоками в агрегуванні складових частин для автоматизованої компоновки моделей у вигляді систематизованого асортиментного ряду.

Концепція функціонального забезпечення розробки модифікаційного ряду реалізується через управління інформаційними потоками, задіяних в процедурах параметризації блочно-модульних елементів типових конструкцій [3, 4].

На оптимізацію виробничої реалізації промислової колекції впливає система інформаційного забезпечення планування асортиментної колекції, яка через упорядкування ознак конструктивно-технологічних властивостей виробу, утворює ланцюг типологічного ряду «асортиментна серія – асортиментний комплекс – асортиментний ряд» [5]. Вибір засобів розроблення кожної системи визначається методикою компоновання структурних елементів об'єкта проектування.

В основу вибору засобів модифікаційних перетворень у відповідний ланцюг моделей виробу закладені етапи послідовної деталізації проектних рішень.

Алгоритм етапів застосування інформаційних масивів об'єкта компоновки забезпечується дотриманням наступних умов [6]:

- класифікаційні ознаки сучасних швейних виробів за умовами експлуатації та призначенням повинні бути спільними для деталізації конструктивно-технологічних рішень варіантів складових частин;

- методика має містити назви складових частин виробу відповідно до термінології нормативної документації;

- опис складального комплексу повинен містити структурні елементи пакету матеріалів в конструкції з'єднання;
- класифікаційні елементи формоутворення повинні забезпечити утворення геометричного контуру деталі з включенням плоских конструктивних зон;
- поздовжні і поперечні лінії повинні утворювати систему типових членувань основних деталей виробу;
- функціональні конструктивні елементи повинні утворювати складальну одиницю оброблюваної деталі;
- основні деталі виробу повинні з'єднуватися між собою межовими лініями контуру деталі.

Градація конструктивних станів об'єктів проектування описується конструктивними переходами послідовної деталізації проектних рішень за такими показниками як поверхня деталей, габарити деталей, конфігурація зрізів [7].

Логістичну координацію даних для компоновки моделей асортиментного ланцюга забезпечує інформаційна модель структурних рівнів конструктивно-технологічних властивостей виробу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Інформаційна модель структурних рівнів  
конструктивно-технологічних властивостей швейного виробу**

Інформаційний масив	Структурний рівень	Класифікаційна ознака:	
		розподілу	призначення
Сфера застосування	0	Клас, підклас, вид, група, підгрупа	Асортимент, асортиментна група, базова асортиментна одиниця, модельна асортиментна одиниця
Умовний тип конструкції	1	Плечовий	Тип пальта, пелерини
		Поясний	Тип спідниці, штанів
		Об'єднаний	Тип комбінезона
Структурні ознаки форми	2	Базові форми, похідні форми, основні силуетні форми	Членування форми, силует, крій
Основні складові частини конструкції	3	Основні функціональні частини: функціональні вузли основних деталей	Типові деталі членувань
Основні елементи формоутворення деталей конструкції	4	Типи геометричних моделей утворення об'ємної форми одягу	Шви, виточки, ВТО, сільові кути, комбінаторні
Лінії членувань	5	Конструктивні, конструктивно-декоративні, декоративні, технологічні	Крайові, внутрішні, базові, модельні
Геометрія контуру	6	Конфігурація: прямолінійна, криволінійна, комбінована	За напрямом розташування: поздовжня, поперечна, навскісна, комбінаторна. Розміри зрізу, площа
Додаткові складові частини (функціонально декоративні елементи ФДЕ)	7	Складальні комплекси функціонально декоративних вузлів	Складальні одиниці оформлення крайових ліній основних деталей, функціональні вузли поверхні деталей
Засоби оздоблення (додаткові декоративні елементи ДЕ)	8	Декоративні елементи, технологічні елементи, додаткові деталі	Розміри, місце розташування, техніка виконання

Нульовий рівень інформаційної моделі – сфера застосування фіксує стабільну інформацію про асортимент. Рівні 1–8 інформаційної моделі деталізують структурні елементи

конструктивного утворення виробу. Класифікаційні ознаки розподілу дозволяють визначити рівневу характеристику об'єкта компоновки за типом застосування, призначення за показниками тотожності або близькості властивостей об'єкта модифікаційного перетворення в ході виконання проектних операцій.

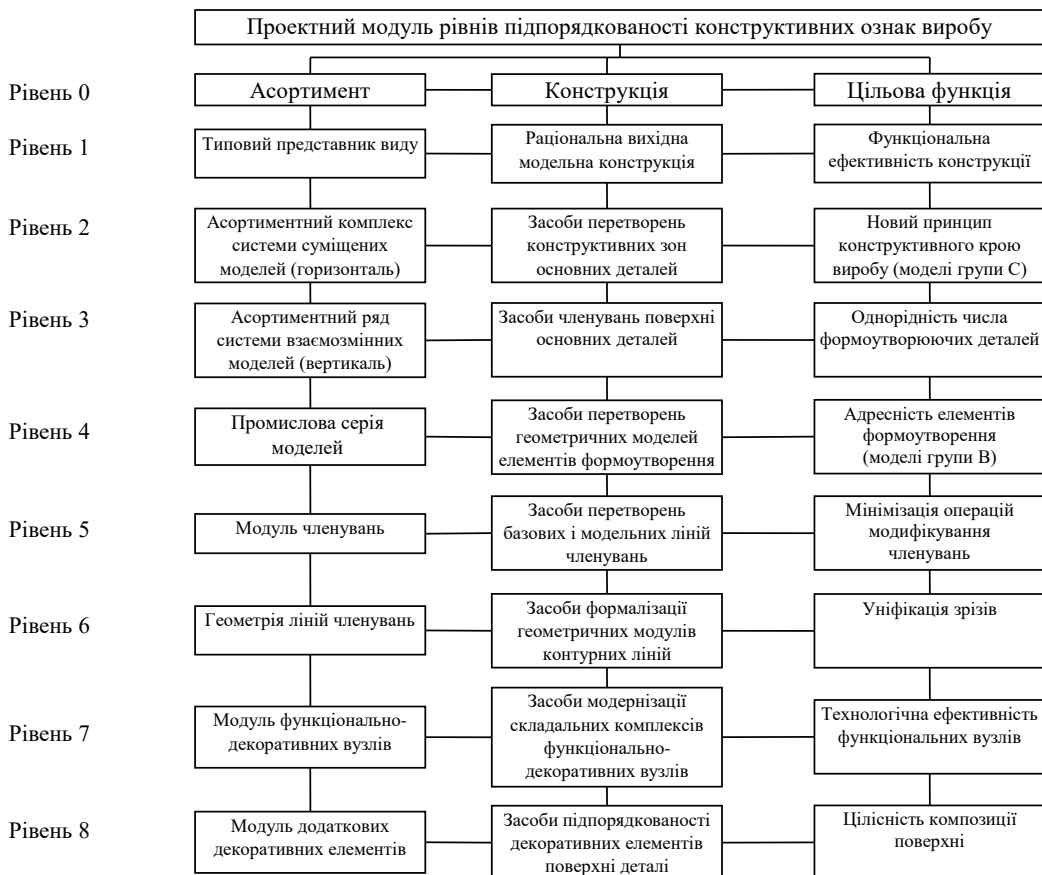
Інформаційні масиви представлені сукупністю інформаційних потоків морфологічних ознак, задіяних у формуванні проектного образу.

Виділення конкретного варіанта узагальненої декомпозиції класифікаційної ознаки структурних рівнів 1–8 ґрунтується на синергетичних зв'язках методу структурного синтезу за принципом I – АБО.

Теоретична модель синергетичних зв'язків одягу як предмета *П* у способі побудови об'єкта проектування базується на принципі від морфології до функції. Аналіз комбінаторної здатності ознак конструктивно-технологічних властивостей містить ранжування еталонних рядів ситуаційних аналогів корисної функції у вигляді проектних модулів.

Конструктивні і технологічні ознаки характеризують морфологію предмета, композиційні – суспільну функцію.

Інформаційні потоки проектного модуля конструктивних ознак спрямовані на конструкцію виробу (див. рис. 3.1), технологічних ознак – на технологію виготовлення (див. рис. 3.2), композиційних – на виявлення типових тектонічних структур та логіки ритмічної будови форми (див. рис. 3.3).



**Рис. 3.1. Модель координації синергетичних зв'язків в інформаційних потоках конструктивних властивостей швейного виробу**

Нульовий рівень структуризації інформаційних потоків кожного проектного модуля містить характеристики асортименту, формоутворення, цільової функції. Диференція властивостей нульового рівня визначає підпорядкованість параметричних ознак в переходах на інші рівні як по вертикалі, так і по горизонталі.



**Рис. 3.2. Модель координації синергетичних зв'язків в інформаційних потоках технологічних властивостей швейного виробу**

Для формалізації інформаційних потоків прийнята гіпотеза, що назви інформаційних масивів характеризують групи конструктивно-технологічних властивостей складальних одиниць у вигляді функціональних вузлів. Число функціональних вузлів складається з трьох груп – вузли основних формоутворюючих деталей, вузли додаткових формоутворюючих деталей, вузли декоративних елементів.

Ефективність управління інформаційними потоками формування ланцюгів моделей забезпечують основні властивості ігрового простору: обмеженість, структурність, неперервність, однотипність, акіральність. Обмеженість здійснюється шляхом визначення числа функціональних вузлів, що характеризують умовний базовий виріб, який виявлено шляхом підрахунку повторюваності основних складових частин.

Структурність представлена спільністю конструктивно-технологічних ознак основних функціональних вузлів у переліку варіантів. Неперервність характеризується збереженням наскрізного запису коду функціонального вузла в коді моделі. Однотипність додаткових функціональних вузлів характеризується ідентичністю технологічних властивостей серії виробу.



Рис. 3.3. Модель координації синергетичних зв'язків в інформаційних потоках композиційних властивостей швейного виробу

Ахіральність характеризує нетотожну однотипність додаткових ознак композиційного виробу.

### 3.2. Параметрична сегментація трансформації конструктивних прибавок у модифікуванні ланцюга типологічного ряду жакета

У гардеробі сучасної жінки завжди присутній жакет, різновид якого сформувався історично [8].

Для продовження життєвого циклу продукції в основу розробки типологічного ряду жіночих жакетів покладено редизайн жакета на основі позиціонування модельних ознак сучасних стилів з опрацюванням сценаріїв поведінки різних груп споживачів [9].

Розгляд жакета як об'єкта проектування виконано з двох позицій суспільно-цілісної (аксіологічно) і морфологічної. Історичний розвиток типів жакета базується на використанні аксіологічного поля  $A$ , тобто даних про призначення, функцію, корисність, цінність тих або інших морфологічних комбінацій в описах досліджуваних ситуацій. Використання морфологічного поля  $M$  відноситься до матеріально-просторової організації світу жакетів у вигляді креслень і схем. Переосмислення зв'язків типу  $A \leftrightarrow M$  (аксіологія–морфологія) дозволяє адекватно відобразити реальні взаємини типу  $L \leftrightarrow P$  (людина–предмет) [7].

Аналіз сучасних моделей жіночих жакетів за ознаками стильових характеристик дозволив визначити варіанти видозмінювання вихідної ситуації  $S_1$  (типова конструкція) в ситуацію  $S_2$  (модельна конструкція).

Жіночий класичний жакет обрано об'єктом, на основі якого виконане генерування ідеї типологічного ряду з позицій надання функціональних властивостей (типове конструктивне рішення за назвою виробу) та сучасних споживчих властивостей (пропорції, матеріали), які забезпечують експлуатаційні властивості та конкурентоспроможність.

Жіночу фігуру структурно можна задати манекеном у вигляді сукупності умовно-плоских поверхонь, які розділені формоутворюючими конструктивними розрізами (рис. 3.4). Розгортці поверхні манекена з урахуванням конструктивного варіанта формоутворення (рис. 3.5) відповідає типова конструкція жіночого жакета, побудованого за методикою «Мюллер і син».

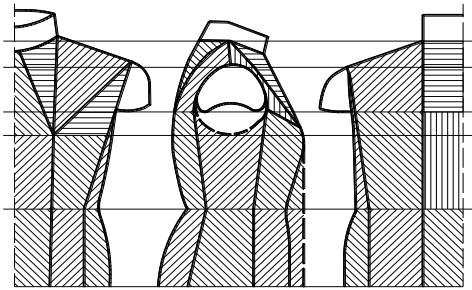


Рис. 3.4. Схема членування поверхні манекена умовно-плоскими примітивами

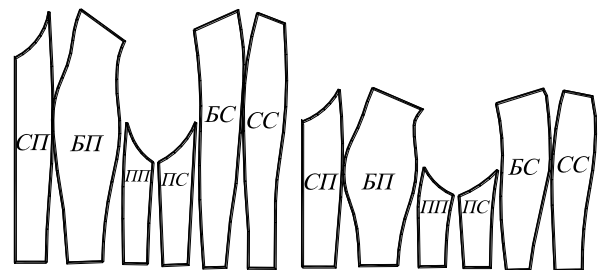


Рис. 3.5. Можливі варіанти розгортки поверхні манекена

Класичний жакет містить п'ять вертикальних членувань [10, 11], діловий жакет має сплюснену форму об'єму грудей, блейзер наближений до конструкції чоловічого піджака.

Типові параметри конструктивних членувань викладені в [12], які в поєднанні забезпечують моделювання основних деталей відповідної силуетної форми жіночого жакета з урахуванням стильових ознак. Найбільший вплив на якість формування ергономічної системи «людина-одяг» для плечових виробів має прибавка на свободу по лінії грудей, глибина та ширина пройми [13].

Ширина і глибина пройми тісно пов'язані з прибавкою на свободу по лінії грудей  $P_2$ , крім того  $P_2$  є визначальною для силуету [14].

Базові силуети жіночого жакета мають наступні значення прибавок:  $P_{Cu1}=5$  см;  $P_{Cu2}=6,5$  см;  $P_{Cu3}=8$  см [15]. Прибавка, яка врахована в манекені,  $P_{Cu0}=2$  см.

Дискретне значення відхилень силуетних прибавок:  $P_{Cu1} - P_{Cu2} = 1,5$  см,  $P_{Cu3} - P_{Cu2} = 1,5$  см дозволяє зробити припущення про стабільний зв'язок величин прибавки в суміжних базових силуетах. Однак вказані постійні величини нарощування  $P_2$  не зберігаються в типах жакетів різних стильових характеристик.

Дослідження силуетного модифікування деталей конструкції виконане за прототипом градації [1]. Для цього використана схема перетворень: ВБК – СМК – ТМК. За вихідну базову конструкцію (ВБК) обрана конструкція, побудована за системою «Мюллер і син», на основі якої розроблені силуетні модельні конструкції (СМК), лекала яких надані німецьким замовником. Типізовані модельні конструкції (ТМК) отримані лінійним модифікуванням силуетних прибавок в діапазоні мінімізована – максимальна конструкція.

Результати досліджень прибавки на свободу по лінії грудей в 24 конструкціях наведені в таблиці 3.2.

Для представлення дослідних даних функціональною залежністю обрано метод найменших квадратів. Дослідні дані можна описати лінійною залежністю  $y = ax + b$  [16].

Значення  $a$  та  $b$  визначено методом найменших квадратів, використовуючи таблицю підрахунків (див. табл. 3.3).

Таблиця 3.2

**Статистичний аналіз прибавки по лінії грудей  $P_2$   
у стильових типах конструкцій жіночого жакета**

Тип жакета	Положення	Величина прибавки $P_2$ в силуетних конструкціях, см								Середня арифметична величина $X$ , см	Середнє квадратичне відхилення $S$ , см
		Прилягаючий силует				Напівприлягаючий силует					
Класичний	$x_1$	5,200	5,400	6,000	6,300	6,100	6,600	7,400	7,500	6,275	0,785
	$\Delta x_1$	-1,075	-0,875	-0,275	0,025	-0,175	0,325	0,825	1,225	0	
	$ \Delta x_1 $	1,075	0,875	0,275	0,025	0,175	0,325	0,825	1,225	0,600	
	$\Delta y_1$	2,898	0,089	-0,5102	-0,7602	-0,6102	-0,4602	0,042	0,439	0,185	
Діловий	$X_2$	5,600	5,800	6,500	6,600	7,100	7,700	8,000	8,300	6,950	1,043
	$\Delta x_2$	-1,350	-1,150	-0,450	-0,350	0,150	0,750	1,050	1,350	0	
	$ \Delta x_2 $	1,350	1,150	0,450	0,350	0,150	0,750	1,050	1,350	0,825	
	$\Delta y_2$	0,337	0,137	-0,579	-0,6629	-0,8629	-0,262	0,037	0,337	-0,065	
Блейзер	$X_3$	6,000	6,200	6,600	6,900	7,500	8,000	8,500	8,800	7,313	1,052
	$\Delta x_3$	-3125	-1,112	-0,713	-0,413	0,188	0,687	1,187	1,487	0	
	$ \Delta x_3 $	1,313	1,112	0,713	0,413	0,188	0,687	1,187	1,487	0,888	
	$\Delta y_3$	0,261	0,061	-0,345	-0,639	-0,864	-0,364	0,135	0,435	-0,185	

Таблиця 3.3

**Дослідні дані для розрахунку коефіцієнтів регресії  $a$  та  $b$**

$i$	$X_1$				$X_2$				$X_3$			
	$x_i$	$y_i$	$x^2 i$	$x_i y_i$	$x_i$	$y_i$	$x^2 i$	$x_i y_i$	$x_i$	$y_i$	$x^2 i$	$x_i y_i$
1	1,075	0,290	1,155	0,311	1,350	0,337	1,822	0,455	1,312	0,266	1,722	0,350
2	0,875	0,090	0,765	0,078	1,150	0,137	1,322	0,157	1,112	0,060	1,237	0,068
3	0,275	-0,510	0,075	-0,140	1,450	-0,549	0,202	-0,247	0,712	-0,344	-0,507	-0,245
4	0,025	-0,760	0,006	-0,019	0,350	-0,662	0,122	-0,232	0,412	-0,693	0,170	0,264
5	0,175	-0,610	0,030	-0,106	0,150	-0,862	0,022	-0,129	0,187	-0,864	0,035	-0,162
6	0,325	-0,460	0,105	-0,149	0,750	-0,262	0,562	-0,197	0,687	-0,364	0,472	-0,250
7	0,825	0,943	0,680	0,777	1,050	0,037	1,102	0,038	1,187	0,135	1,410	0,161
8	1,225	0,440	1,509	0,538	1,350	0,337	1,822	0,455	1,487	0,435	2,216	0,648
$\Sigma$	4,800	-0,579	4,329	1,290	6,600	-1,489	6,980	0,301	7,100	-1,312	6,757	0,306

Після розрахунків емпірична формула набуде вигляду для класичного жакета –  $Y_1 = 1,13X - 0,75$ ; ділового жакета –  $Y_2 = 0,996X - 1,008$ ; блейзера –  $Y_3 = 1,36X - 1,084$ .

Перевірка придатності лінійної формули виконана шляхом лінійної інтерполяції вихідних даних  $\Delta X_i$  та  $\Delta Y_i$ . Для розглянутих трьох типів жакетів визначена різниця інтерпольованого  $\Delta y_i$  і середньоарифметичного  $\Delta y_i$ :  $\Delta y_i - \Delta y = 0$ .

Обрана лінія тренду (див. рис. 3.6) відображає достатній рівень адекватності експериментальних даних, апроксимованих за допомогою методу найменших квадратів. Виведені рівняння регресії оцінені величиною ймовірної апроксимації  $R^2$ . Коефіцієнт кореляції розрахункових і експериментальних відхилень  $P_2$  знаходиться в межах 0,991–0,9999. Для виявлення залежності величини силуетної прибавки від типу жакета і розміру фігури виконано морфологічний аналіз сумарних статистичних параметрів  $P_2$ . Мінімізована прибавка  $P_{2\min}$  визначена як сума абсолютних відхилень  $\Delta P_2$  для кожного типу конструкції жакета. Типізована прибавка  $P_{2\text{тип}}$  обрана за найближчим значенням до величини  $X_{P_2}$ .

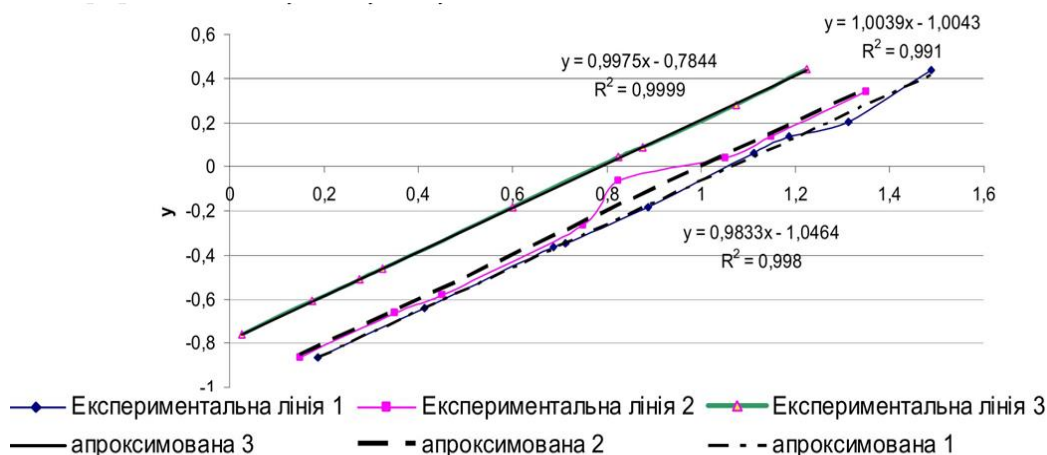


Рис. 3.6. Лінія тренду відхилень прибавки  $P_z$  в жіночому класичному жакеті

У результаті визначені середні значення для досліджуваних конструкцій:

$$X_{Pzсер} = 6,84 \text{ см}; P_{zсер \min} = 5,6 \text{ см}; P_{zсер \text{тип}} = 6,97 \text{ см}.$$

У межах досліджуваних силуетів величини середньої прибавки наступні:

$$X_{PzCu1} = 6,08 \text{ см}; X_{PzCu2} = 7,6 \text{ см}.$$

Для лінеаризації базису середніх значень  $P_z$  використані нормовані величини відхилень  $\Delta X_{Pz}$  відносно середньої величини  $P_z$  для сформованого ряду  $P_{z2}$ , для якого  $X_{Pz2} = 6,62 \text{ см}$ . Ранговий ряд відхилень упорядковано від мінімуму до максимуму і має вигляд:  $\Delta P_0 = 0,22$ ;  $\Delta P_1 = 0,35$ ;  $\Delta P_2 = 0,54$ ;  $\Delta P_3 = 0,98$ ;  $\Delta P_4 = 1,02$ . Сума відхилень  $\Sigma \Delta P_0 = 3,11 \text{ см}$ .

Оскільки  $\Delta X$  у силуетних конструкціях дорівнює  $3,31 \text{ см}$ , вона є контрольною для дотримання умови лінеаризації. Тобто,  $3,31 > 3,11$ .

Розрахунковий вектор базису прибавки визначено за формулою групування відхилень  $P_z$ :

$$\hat{A} = \frac{1}{3}(b_0 + b_{\max}) + 4(b_1 + b_3 + b_{n1}) + 2(b_2 + b_4 + b_n), \quad (3.1)$$

де  $b_0, b_n$  – величини експериментальних відхилень.

Після розрахунків  $V_{розрах} = 6,75 \text{ см}$ . Умова лінеаризації дотримана, оскільки  $X_{Pzсер} > V_{розрах}$ :  $6,84 > 6,75$ . Це дозволило використати лінійне рівняння (3.1) для розрахунку дискретної величини прибавки по лінії грудей.

Початок варіантного ряду  $P_{zCu1}$  прилягаючого силуету визначено за формулою:

$$y = ax + b + c, \quad (3.2)$$

де  $x$  – прибавка по лінії грудей;  $a, b, c$  – коефіцієнти регресії.

Тоді для Си1:  $P_{zCu1} = 0,5P_{z\min} + P_{zCu0} + PP = 0,5 \cdot 4,8 + 2,0 + 0,5 = 4,9 \approx 5,0 \text{ см}$ .

Початок варіантного ряду  $P_z$  напівприлягаючого силуету визначено за формулою:

$$P_{zCu2} = P_{zCu1} + 1,0 = 5,0 + 1,0 = 6,0 \text{ см}. \quad (3.3)$$

Структура нормалізованих величин прибавки по лінії грудей наведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

**Параметричний ряд нормалізованих прибавок  
по лінії грудей в конструкціях традиційного жіночого жакета**

Тип жакета	Розмірний ряд		Кількість членів у ряді		Різниця прогресії $a$ між:	
	Си1	Си2	Си1	Си2	величинами	розмірами
Класичний	5,0; 5,5; 6,0	6,0; 6,5; 7,0	3	3	0,5	1,0
Діловий	5,5; 6,0; 6,5	6,5; 7,0; 7,5	3	3	0,5	1,0
Блейзер	6,0; 6,5; 7,0	7,0; 7,5; 8,0	3	3	0,5	1,0

Аналіз діагоналей матриці прибавок в таблиці 3.4 показав трансформацію типів жакетів в Си1 відносно величини 6,0 см, в Си2 – відносно 7,0 см. Діагоналі 5,0; 6,0; 7,0 (Си1) та 6,0; 7,0; 8,0 (Си2) забезпечують міжрозмірне нарощення  $P_2$ .

Наявність однакових величин  $P_2$  підтверджує, що вони забезпечують силуетну трансформацію і дозволяє використати випереджувальну уніфікацію основних деталей жіночого жакета як ланцюг моделей: класичний, діловий, блейзер.

### 3.3. Алгоритми адресного управління гнучкістю структурного синтезу гіпотетичного образу виробу-трансформера

Завдяки розвитку комп'ютерних технологій, для завдань оцінки якості об'єктів проектування розширюються можливості застосування теорії «розпізнавання образів», оскільки створені умови для накопичення достатньо значного обсягу гіпотетичних моделей для навчальної вибірки адекватного оцінювання будь-якого об'єкта. Програмне забезпечення сучасних ЕОМ відповідає алгоритму застосування поетапного розрахунку показників відповідно до вказаної цільової функції і рівня експертної достовірності [17].

Складна ієрархія структури швейного виробу достатньо повно описується рівнями переходів елементів в систему, що забезпечує типізацію процесів проектування і виготовлення з урахуванням маркетингових досліджень споживчого попиту для оперативного управління виробничою діяльністю.

Принципи формоутворення конструкції: ефективність, ергономічність, економічність, технологічність, конструктивність визначають маршрут упорядкованої комбінації групових елементів предмету на засадах адресності властивостей споживчих вподобань і забезпечують гнучкість типового представника для перебудови виробництва [18].

Нормативна інформація щодо показників якості швейних виробів, наведеної в [19], дозволяє регулювати обсяг  $O_{2-1-2}$  в оптимальних варіантах принципових схем композиційного і конструктивного рішення для умови збереження геометрії силуетних профілів ТБК.

Загальна керуюча дія  $Y_{1-2}$  на виході представлена характеристикою найкращих багатомірних гіпотетичних образів основних типів одягу у формі ТЗ. Окремі керуючі впливи  $Y_{1-2-1}$  (для контролю якості технічної пропозиції) та  $Y_{1-2-2}$  (для контролю якості ескізного проекту) визначають загальний рівень функціональності і технологічності кінцевої продукції на стадіях пошукового проектування.

Послідовність управління потоками вхідної і вихідної інформації на стадіях пошукового проектування в КПВ наведена у таблиці 3.5.

Адресність проектування САР ланцюга забезпечує дотримання взаємозв'язків у принципах формоутворення конструкції: ефективність – з асортиментним видом, ергономіч-

ність – з морфологічним типом споживача, технологічність – з типовою технологією, економічність – з відповідними матеріалами, конструктивність – з методами конструювання. Синергетичні зв'язки станів конструкції з принципами визначають зміст вхідних і вихідних елементів системи.

Таблиця 3.5

**Комплексний алгоритм адресного управління якістю  
проектної конструкторської документації на стадіях пошукового проектування**

Стадія проектування	Вхідна інформація $O_i$	Вихідна інформація $Y_i$
ПТ – пропозиція технічна		
Етап ТЗ – технічне завдання	$O_{2.1}$ – державні стандарти, технічні умови, планові показники перспективного рівня якості типового представника	$Y_{1.2}$ – оптимальні вимоги і базові показники якості функціональності виробу; попередня оцінка моделей типологічного ряду
Етап ПТ – пропозиція технічна	$O_{2.1.1}$ – базові показники якості типового представника асортименту; характеристика моделей ланцюга	$Y_{1.2.1}$ – результати аналізу моделей ланцюга; варіанти композиційно-конструктивних рішень (ККР); попередня оцінка адресності застосування ККР
Етап ЕП – ескізний проект	$O_{2.1.2}$ – оптимальні варіанти принципів схем ККР	$Y_{1.2.2}$ – ескізи моделей-пропозицій гіпотетичного образу; оцінка естетичного рівня моделей ланцюга; попередня оцінка технологічної однорідності моделей ланцюга

Структурна модель зв'язку вхідних і вихідних елементів адресного контролю якості системи «виріб – типологічний ряд» наведена на рис. 3.7.

Вхідними факторами елемента  $S_1$  є споживач, гіпотетична модель виробу, виробництво, від яких утворюються інформаційні зв'язки ( $R_{ic}$ ,  $R_{im}$ ,  $R_{ib}$ ), представлені у вигляді нормативних вимог до проектної документації  $R_{nd}$ .

Обмежуючими факторами  $S_1$  є вимоги експертної системи, які обмежують інформаційні зв'язки  $R_{ic}$ ,  $R_{im}$ ,  $R_{ib}$ , перетворюючи їх у розмірні зв'язки  $R_{2d}$ , а саме у конкретні величини асортиментних модельних і технологічних характеристик, які можуть бути використані у процесі адресного проектування серії моделей –  $\sum K_i^n (\hat{a} \hat{\delta})^\infty$ .

Необхідний комплекс властивостей ПКД досягається лише за рахунок комбінаторного взаємозв'язку параметрів елемента  $S_2$  «матеріал – конструкція» за допомогою параметра технологія при виборі режимів обробки однорідних КТР вузлів. Взаємодія параметрів елементів  $S_2$  обумовлює утворення зв'язків  $R_{ПКД}$  у вигляді показників властивостей матеріалів ( $R_m$ ), конструктивних ( $R_k:R_{km}R_{\delta m}$ ) та технологічних ( $R_{КТР}$ ) параметрів.

Конкурентна рівновага для продовження життєвого циклу продукції вимагає відпрацювання конструкції на технологічність.

Враховуючи вимоги щодо організації життєвого циклу за ознаками конкурентоспроможності швейних виробів більш вагомим показником є виробнича технологічність конструкції, оскільки в ній задіяні чинники прихованого попиту в ринкових стосунках як психологічного, так і економічного плану [20].

Для скорочення обсягу робіт і часу на оцінку ТКВ складові частини класифікують за конструктивно-технологічними ознаками і виділяють від кожної класифікаційної групи типового представника, показники технологічності якого переносять на всіх представників однотипних конструкцій.

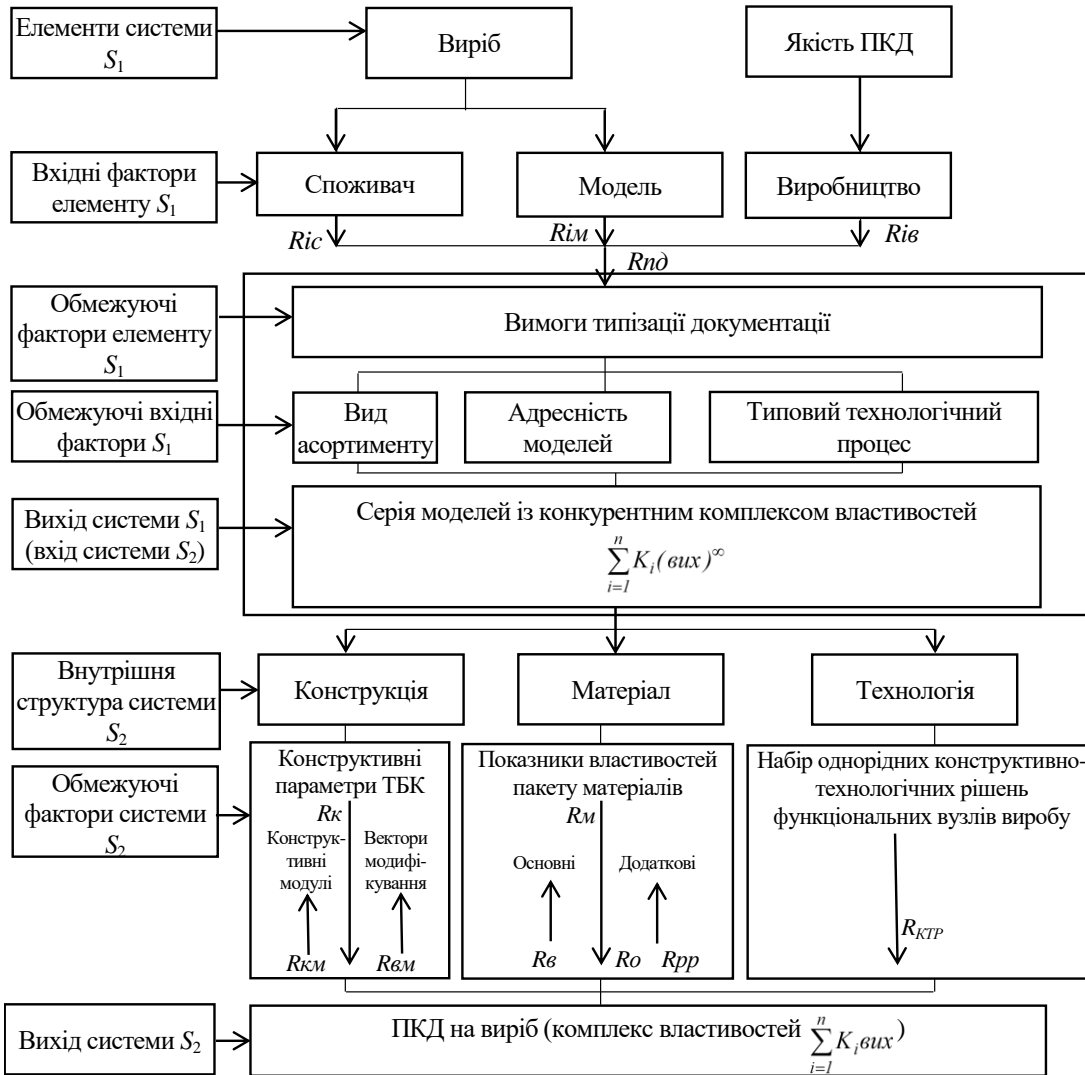


Рис. 3.7. Структурна модель формування якості вхідних  $S_1$  та вихідних  $S_2$  елементів системи «проектна документація – виріб» для моделей типологічного ряду

Кількісна оцінка конструктивно-технологічних ознак ґрунтується на інженерно-розрахункових методах параметричного упорядкування елементів спадкоємності конструкції та технологічної раціональності їх з'єднань за рівнем застосування обладнання (див. рис. 3.8). Для завдань оптимізації моделей в умовах конкретного виробництва необхідно визначити конструктивні і технологічні обмеження у доборі функцій модифікування БК з метою утворення ланцюга моделей промислової серії (блок 1).

У блоці 2 для оцінки достатності даних для модифікування розглядають рекомендації щодо змінювання моделі виробу за принципом альтернативності варіантів: а) корегувати модель; б) замінити модель; в) виключити модель. З позицій збереження стабільності технології виготовлення переважним варіантом є корегування моделі за ознакою новизни.

Автоматизована компоновка за раціональними маршрутами операцій модифікування базується на раціональному маршруті конструктивних і технологічних перетворень складових виробу (блоки 3, 4).

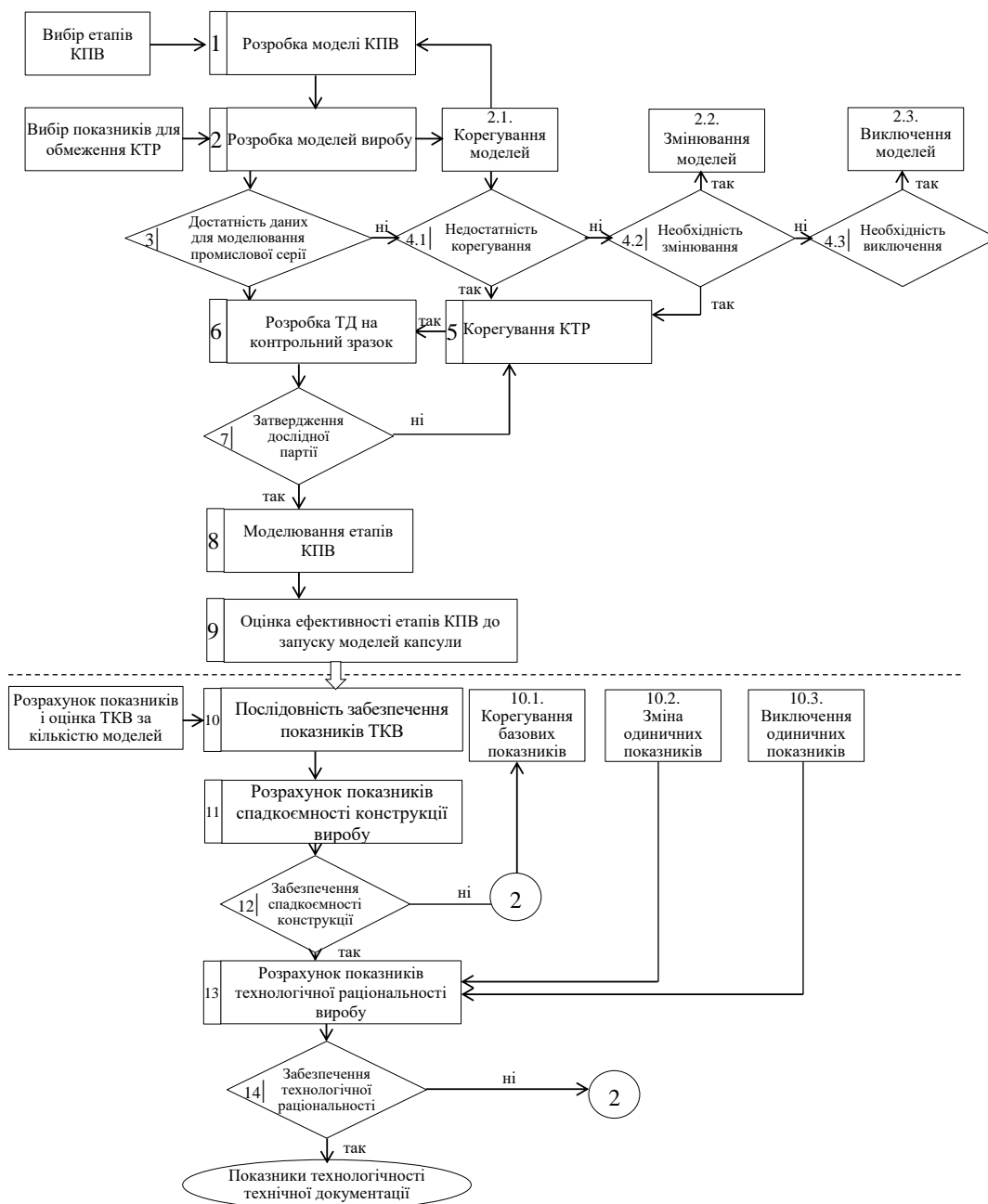


Рис. 3.8. Алгоритм моделювання процесів КПВ ланцюга промислової серії виробів за показниками технологічності

Задача локального проектування моделей типологічного ряду, як організаційного графа ОГ автоматизованої компоновки конструктивно-технологічних рішень ланцюга, має наступний вигляд. Дано:  $D \subset x$  – конструктивно-технологічні і технічні обмеження. Вважається відомим:

$$X \rightarrow G_{i \overline{AN}AP} = \bigcup_{i=1}^n G_i, \quad i = 1, \overline{N}. \quad (3.4)$$

Необхідно знайти оптимальний проект  $x^0 \in D$  із умови  $C(x^0) \rightarrow \min$ .

Оскільки не всі модельні конструкції виробу типологічного ряду мають альтернативні методи групування конструктивних елементів, задача визначення області  $P$  вирішується перебором КТР лише в тих моделях САР, які мають альтернативи однорідності конструктивних і технологічних ознак (блок 5).

Стандартні процедури розробки технічної документації (ТД) на контрольний зразок, які дозволяють оцінити ефективність КПВ. Модель управління етапами КПВ представлено у вигляді орієнтованого графа  $G(S, t)$ , де  $S$  – впорядковані пари вершин, а  $t$  – це дуги, що їх з'єднують (рис. 3.9).

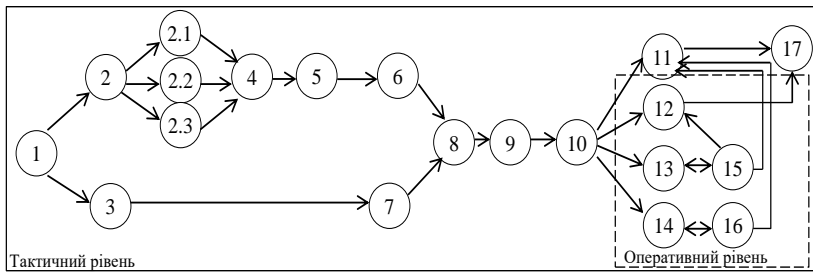


Рис. 3.9. Граф управління проектними ситуаціями в КПВ моделей ланцюга типологічного ряду

Алгоритм моделювання процесів конструкторської підготовки виробництва виробів ланцюга типологічного ряду є рекурсивним за показниками оцінювання технологічності конструкції моделей ланцюга. Зокрема за базовий показник спадкоємності конструкторської обрано розмірний ряд (блок 9) контрольних вимірів, яким підпорядковані кількісні значення  $\Delta K$  корегування похідних вимірів у векторі модифікування.

Базовим показником технологічної раціональності є рівень універсальності обладнання, який залежить від однотипності технологічних операцій. Визначення критичності показників технологічності виробів для завдань організації життєвого циклу виконується з урахуванням рівнів застосування: плановий (базовий), реальний. За ознакою критичності показники поділяються на критичні, некритичні, важливі.

Для корегування завдань послідовності введення і виведення моделей з ринку необхідно задіяти модель критичності показників планового ( $Ind Plan$ ) і реального ( $Indln$ ) рівнів [13]. Критичні показники:

$$\Delta K_i^{Dr} \leq \Delta \cdot K_i^{Dr}, \quad (3.5)$$

$$\Delta K_i^{Dr} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } Ind Plan < Indln; \\ \frac{Ind Plan - Indln}{Ind Plan}, & \text{якщо } Ind Plan > Indln, \end{cases} \quad (3.6)$$

де  $\Delta \hat{E}_i^{Dr}$  – допустима дельта, встановлюється на основі рекомендацій відділу цін;

$Ind Plan$  – плановий показник ефективності КПВ у стадіях ЖЦ виробу;

$Indln$  – реальний показник ТКВ у стадіях ЖЦ виробу.

$Dr \in \{I_{i\delta}, I_{i\alpha}, R_S, R_C\}$  – інформаційний, модельний, споживчий, ціновий напрями організації ЖЦ, відповідно.

Некритичні показники визначаються за формулою:

$$p = \sum (\Delta K_i^{Dr})^2 . \quad (3.7)$$

Важливі показники стадії ЖЦ обчислюються за формулою:

$$IndN \leq p, \\ IndN = \sqrt{(Ind_i^{Dr})^2 \cdot W_i^{Dr}} , \quad (3.8)$$

тут  $W_i^{Dr}$  – ваговий коефіцієнт новизни стадії ЖЦ,

де

$$Ind_i^{Dr} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } Ind\ Plan \leq Indln; \\ (IndPlan - Indln), \text{ якщо } Ind\ Plan > Indln. \end{cases} \quad (3.9)$$

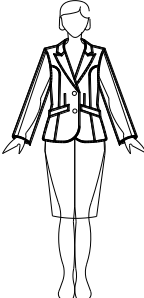
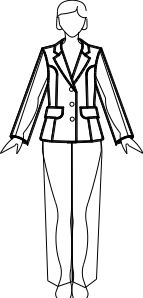


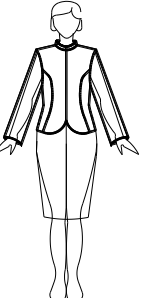
### 3.4. Інноваційні технології модульного проектування типологічних рядів конструкцій деталей виробу

Модельний ряд упорядкованого типологічного ряду плечового асортименту доцільно представити блоками модулів модифікаційних силуетних конструкцій за такими конструктивними ознаками: формотворні елементи основних деталей, горловина, крайові лінії, кишені, коміри. Зокрема стильові типи жакетів отримують процедурами конструктивно-декоративного модифікування (КДМ) базової конструкції класичного жіночого жакета за допомогою функції  $F_1$  – локальне змінювання довжини, ширини та геометричного контуру основної деталі.

Основною відмінністю досліджуваних типологічного ряду жакета є застосування силуетів для окреслення фігури. Силует, який точно повторює абрис постаті, називається **фігурним**. Силует, який ховає природний абрис декоративними елементами, називається **декоративним**. Силует простий, без декоративних елементів, що приховують природні форми постаті, називається **нейтральним**. Фігурний силует – прилягаючий, він властивий для смокінга, фрака, блейзера. Декоративний – прямий силует, він застосовується для тренчкота, мандарина, угорки, болеро. Нейтральний – напівприлягаючий силует, який мають класичний жакет, шанель, неру, кардиган (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Модельний ряд асортиментного комплексу жіночих жакетів

Тип жакета	Класичний (модель 01)	Діловий (модель 02)	Блейзер (модель 03)	Шанель (модель 04)	Мандарин (модель 05)
Технічний ескіз					

Функції  $F_{11}$ ,  $F_{12}$ ,  $F_{13}$ ,  $F_{16}$  [20] забезпечують моделювання першого виду для отримання модельних конструкцій типів жакетів сучасного стильового трактування. Модулі варіантів конструктивного модифікування основних деталей за відповідними функціями наведені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

**Модулі варіантів конструктивного модифікування жіночого жакета**

Базова силуетна основа	Модифікаційна силуетна конструкція				
1	2				
<b>Формотворні елементи</b>					
<b>Горловина</b>					
<b>Крайові лінії</b>					
<b>Кишені</b>					
<b>Коміри</b>					

Наведена структура модулів типологічного ряду конструкцій деталей забезпечує ієрархічний підхід до типологічного ряду з позицій забезпечення різних якісних показників стильової функції. Внутрішні характеристики процесу модифікування конструкцій ланцюга формуються на основі характеристики конструкції деталей і засобів їхнього проектування. До внутрішніх характеристик процесу модифікування відносять параметри типових конструктивних членувань та оператори модифікування.

Для формування бази даних конструктивних прибавок доцільно використати поняття неперервності відображень топологічних просторів силуетних конструкцій на основі лінійно-змінного модифікування окремих ділянок деталей відповідно до силуетних змін моди [17]. Вектор силуетних перетворень містить дві функції: функція  $F_{11}$  – модифікування базових силуетів; функція  $F_{12}$  – модифікування похідних силуетів. Функція  $F_{11}$  забезпечує трансформацію базових силуетів виробу починаючи з нульового силуету матричної конструкції  $П_{Cu0}$  з дискретним виділенням прилягаючого  $П_{Cu1}$ , напівприлягаючого  $П_{Cu2}$ , прямого  $П_{Cu3}$  силуетів [7]. Функція  $F_{12}$  забезпечує перетворення базових силуетів в похідні методом трансформації на величину перехідного інтервалу 0,5 см.

Параметр  $П_{Cu1}$  забезпечує модифікування всіх силуетів, оскільки в параметричному ряді він може бути отриманий як додатковий варіант  $П_{Cu06}$ . Тобто,  $П_{Cu06}$  є перехідним варіантом для похідних силуетів  $П_{Cu2}$ . Перехідні варіанти похідних силуетів  $П_{Cu2}$  та  $П_{Cu3}$  є еквівалентними варіантами  $П_{Cu2,3}$  та  $П_{Cu3,1}$ .

### 3.5. Критерії коригування компонент програми проектування ланцюгів типологічного ряду

Визначення складових силуетних характеристик, які відповідають за виконання різних умов існування поверхні одягу в стані збалансованості з поверхнею фігури, є одним із головних завдань оптимізації модельної конструкції виробу. Оскільки процес формоутворення базується на принципі гармонізації структурних зв'язків між елементами форми, він дозволяє передбачити та визначити об'ємно-просторову структуру та оптимальний варіант конструкції одягу. На основі геометрії опорної поверхні виробу з урахуванням посадки на фігурі. Зважаючи на те, що плечовий виріб є одним із найбільш складних виробів на етапах конструкторської підготовки визначення відповідних геометричних умов збалансованості силуетних ліній виробу.

#### 3.5.1. Геометричні умови збалансованості силуетних ліній плечового виробу

Вихідній поверхні конструкції типу пальта відповідають п'ять конструктивних ліній (КЛ), кожна з яких, містить інформацію про баланс виробу, розміри та форму заданої поверхні одягу. Конструктивні пояси містять інформацію про особливості розподілу тулуба на поверхні з відповідним приляганням в точках змінювання кривизни. Внаслідок цього важливим значенням при побудові конструктивних ліній для конструювання є врахування криволінійності вихідних осей координат, що виникає в результаті об'єктивного відображення на площині, просторового вигинання вихідних осей вимірюваного об'єкта [21].

Збалансованість конструкції виробу визначають наступні вимоги:

1) **ортогональність конфігурації** конструктивних ліній і поясів, що характеризують об'ємну форму одягу та його зовнішній вигляд:

$$КЛ \perp КП, \quad (3.10)$$

де  $КЛ$  – конструктивні лінії;  $КП$  – конструктивні пояси.

Ця умова дозволяє розробляти конструкції одягу з хорошою посадкою.

2) **ізометричність зрізів**, полягає в ізометричній невідповідності зрізів контуру розгортки  $l_{к.р.}$  довжинам контурних зрізів деталей виробу  $l_{к.д.}$ , внаслідок зміни кутів графічної сітки:

$$l_{к.р.} = l_{к.д.} \pm \Delta l_s, \quad (3.11)$$

де  $l_{к.р.}$  – довжина контурного зрізу по розгортці;  $l_{к.д.}$  – довжина контурних зрізів деталей виробу;  $\Delta l_s$  – допустиме відхилення від номінального розміру.

Для успішного розв'язання задачі співставлення сітчастої розгортки з поверхнею об'єкта конструювання фіксують кути перекосу та довжини зрізів деталей;

3) **кут нахилу ниток основи та п'іткання**. На тканину діють сили, що змінюють кут нахилу  $\varphi$  системи ниток основи (н.о.) по осі  $OY$ , що призводить до виникнення дефектів посадки виробу та порушення прямокутної структури тканини:

$$\text{н.о.} \parallel OY, \quad (3.12)$$

$$\varphi_{\max} \leq \varphi_{\text{дон}}, \quad (3.13)$$

де  $\varphi_{\max}$  – максимальний кут перекосу системи ниток основи, п'іткання;  $\varphi_{\text{дон}}$  – допустимий кут перекосу, що залежить від вихідної поверхні та матеріалу;

4) **геометрія силуетних ліній**. Гармонічна форма поверхні чоловічого піджака забезпечує контроль збалансованості силуетних ліній, конструктивну логічність та геометричну формостійкість матеріалів:

$$\varphi_{\max} < \varphi_{\text{дон}}; \quad (3.14)$$

5) **паралельність та пропорційність** верхньої та нижньої опорних ділянок одягу. Пониження чи підвищення лінії талії, грудей, зміна положення корпусу, зміна довжини виробу призводить до зміни силуету основи конструкції. Виконання умови 5, можливе, якщо горизонтальні перерізи верхньої та нижньої частин поясу опорної поверхні зберігають паралельність. Така ситуація нормалізує формоутворюючі параметри конструкцій, що впливають на збалансованість силуету швейного виробу;

6) **спряженість зрізів**. При виникненні зміщення контурних зрізів один відносно одного і відносно базисної сітки виникає порушення зв'язку між ділянками поверхні при з'єднанні окремих деталей швом та розбалансованість деталей швейного виробу. Тому, перевірка спряженості деталей виробу дозволяє оформити кінцеві точки, які характеризують величину технологічного припуску та усунути можливі порушення та конструктивні дефекти;

7) **збалансованість за масою**. При надмірній масі виробу відбувається втрата просторово-орієнтаційної форми верхнього опорного поясу на ділянках спинки і пілочки;

8) **багатошаровість оболонки**. Вказаний фактор впливає на ступінь прилягання одягу на різних ділянках тіла та метаболізм, що характеризує стан людини та всього організму.

В якості геометричного об'єкта для урахування просторової форми виробу прийнята плоска розгортка деталей конструкції в якій представлені окремі процеси структуризації опису дотримання умов.

Кожний інформаційний процес структурування математичної моделі поділений на ієрархічні рівні (субпроцеси), які представляють окремі рівні ієрархії геометричного об'єкта. В основу проектних процедур покладено систему математичних моделей, знайдених для кожного субпроцесу, вихідні величини яких є вхідними для наступних субпроцесів. Таким чином, математична модель складного процесу, представляє собою систему рівнянь, що характеризують цей об'єкт.

Опис  $MM$  поверхні геометризovanого об'єкта першого рівня наступний:

$$MM_{nv} \subset MM_{\delta ok} \subset MM_{km}, \quad (3.15)$$

де  $MM_{nv}$  – поверхня виробу;  $MM_{\delta ok}$  – базова основа конструкції вихідної поверхні;  $MM_{km}$  – конструктивне моделювання.

У формалізованому виді структуру математичної моделі конструкції виробу можна записати у вигляді [3]:

$$[BOK] \subset CO_{1\dots}, k \in D_{1\dots}, e \in KM_{1\dots}, i, \quad (3.16)$$

де  $BOK$  – базова основа конструкції;  $CO$  – складальні одиниці конструкції;  $D$  – деталі конструкції;  $KM$  – конструктивний модуль.

$$[\ddot{A}] \subset \sum_{i=1}^{i+1} \dot{\lambda} \dot{\lambda}_{\delta} \cap \sum_{i=1}^i \dot{\lambda} \dot{\lambda}_{\epsilon}, \quad (3.17)$$

$$[MM_m] = R_k = f(t_i, p_j, c_n), \quad (3.18)$$

де  $MM_m$  – геометричний модуль задання конструктивних точок;  $MM_k$  – геометричний модуль задання конструктивних ліній;  $n$  – кількість конструктивних ділянок;  $n + 1$  – кількість конструктивних точок (початок та кінець лінії контуру).

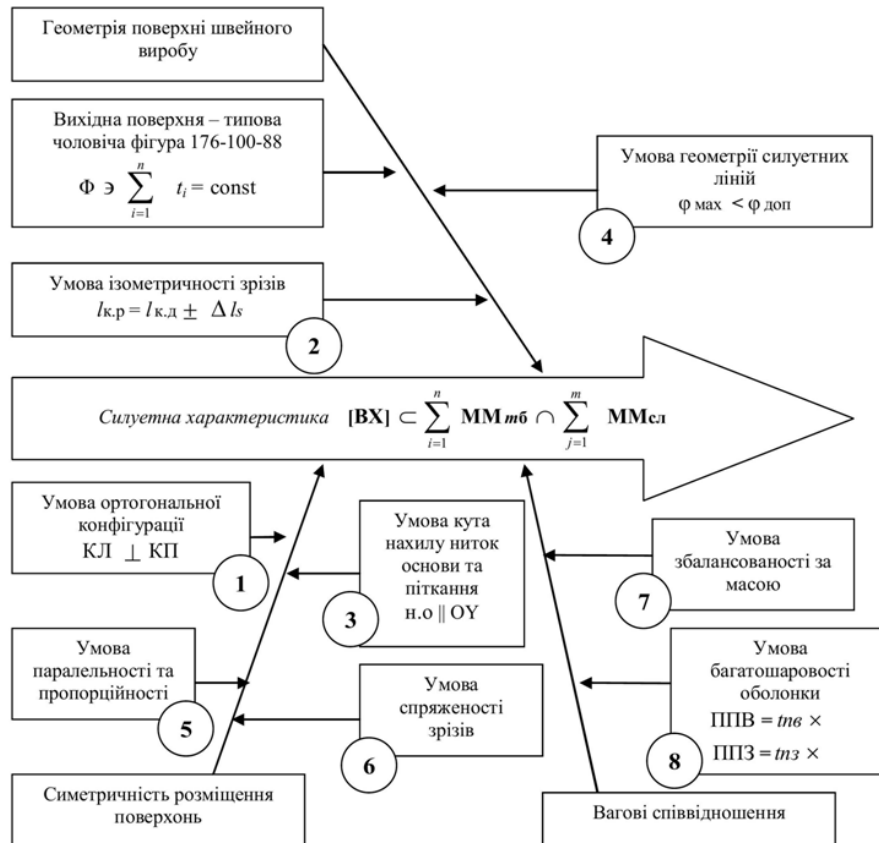


Рис. 3.10. Діаграма результатів аналізу геометричних умов збалансованості силуетної характеристики швейного виробу

Виходячи з отриманих рівнянь, структура математичної моделі силуетної характеристики представлена в наступному вигляді:

$$[BX] \subset \sum_{i=1}^{n+1} MM_{m\bar{b}} \cap \sum_{i=1}^n MM_{cl}, \quad (3.19)$$

де  $MM_{m\bar{b}}$  – геометричний модуль задання геометричних балансових (конструктивних) точок;  $MM_{cl}$  – геометричний модуль задання силуетних ліній, які впливають на положення балансових точок.

Математична модель може бути представлена діаграмою результатів аналізу геометричних умов збалансованості силуетної характеристики виробу за схемою Ісікави (див. рис. 3.10). Дотримання умов геометричної збалансованості в процесі об'єднання конструктивних ділянок виробу в силуетну конструкцію дозволяє розрахувати вихідні параметри типізації конструкції основних деталей за системою конструктивних вимірів.

### 3.5.2. Тріадний принцип формування програм конструктивно-технологічних модулів

#### виготовлення виробів ланцюга промислової серії

У технологічній підготовці виробництва підсистемами конструкторської документації на виріб є конструкція  $K$ , матеріал  $M$ , технологія  $T$ . Модулями проектної документації є деталь  $D$ , складальна одиниця  $CO$ , складальний комплекс  $CK$  [22].

Враховуючи пріоритетність конструктивних елементів у характеристиці конструктивно-технологічних модулів у складальній одиниці особливого значення набуває вибір дизайн програми для забезпечення асортиментної діяльності підприємства на засадах випуску типологічних рядів, спрямованих на брендинг торгової марки.

Взаємозв'язок елементів  $KTM$  типологічного ряду в процесі виготовлення виробів забезпечує ієрархія поетапної оптимізації технологічного процесу за видами перетворень предметів праці: складальна одиниця ( $CO$ ) → складальний комплекс ( $CK$ ) → готовий виріб ( $ГВ$ ). Вибір методу перетворень характеризує графічна інтерпретація тріад програм взаємозв'язків  $KTM$  виробів ланцюгів в технологічному процесі, яка наведена на рис. 3.11.

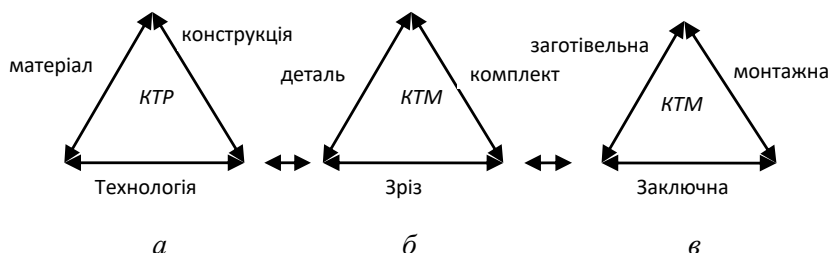


Рис. 3.11. Тріади програм формування  $KTM$  технологічного процесу виготовлення виробів промислової серії

Дизайн-програма (рис. 3.11, а) базується на методі ансамблевості  $KTP$  у капсулі моделей ланцюга промислової серії. Програма технологічності (рис. 3.11, б) – на методі ідентифікації прийомів технологічних операцій. Програма групування (рис. 3.11, в) – на методі концентрації однорідних технологічних операцій в секціях  $ТП$  [20].

Керуючою в системі асортиментної програми є дизайн-програма, яка забезпечує оновлення структури типологічного ряду асортименту відповідно до обсягів продаж товару за моделлю «Бостонської матриці» [23].

Своєчасне внесення в товар змін шляхом модифікації моделей типологічного ряду відповідає вимогам мерчендайзингу щодо формування структури колекції торговельної марки одягу. Суміщення ознак типологічного ряду за групами споживчих вподобань та якісних характеристик новизни [21] наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

**Перехресна стратифікація груп торговельної марки  
в характеристиці життєвого циклу моделей типологічного ряду**

Група ознак асортиментних вподобань		Група якісних ознак новизни	
Вербальний опис	Кодове слово	Назва	Індекс
Основна концептуальна група	Basa	Типова	<i>T</i>
Базовий асортимент для цільової аудиторії в колекції Basa	Basis	Типова	<i>T</i>
Найактуальніші і вдалі види асортименту	Bestseller	Типова, сучасна	<i>T, C</i>
Базовий асортимент з логотипом марки для масового споживача	Image	Типова	<i>T</i>
Модний асортимент за поточними тенденціями сезону	Fashion	Модна, сучасна	<i>M, C</i>
Гостромодна асортиментна група періодичного попиту	Flash	Нова, модна	<i>H, M</i>
Модний експериментальний асортимент напряму прет-а-порте	Promo	Модна	<i>M</i>
Найгостріший експериментальний одяг напряму прет-а-порте де Люкс	Pronto	Нова	<i>H</i>

Для уточнення взаємозв'язку, наведених у таблиці 3.8, груп з категоріями збуту товарів масового виробництва, для оновлення моделей ланцюга базової товарної групи Classic розроблена модель стратифікації образності моделей на засадах ансамблевості варіантів *KTP* (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

**Взаємозв'язок ознак образності моделей типологічного ряду  
в процесі оновлення ланцюга типологічного ряду**

Категорія товару на ринку збуту	Якісна характеристика новизни	Образна характеристика споживчих вподобань
Зона високої моди <i>A</i>	Нова <i>H</i>	Pronto
	Модна <i>M</i>	Flash, Promo
Зона масової моди <i>B</i>	Модна <i>M</i>	Promo, Fashion
	Сучасна <i>C</i>	Fashion, Basis, Bestseller
Зона постійного попиту <i>C</i>	Сучасна <i>C</i>	Bestseller
	Типова <i>T</i>	Basa, Bestseller, Image

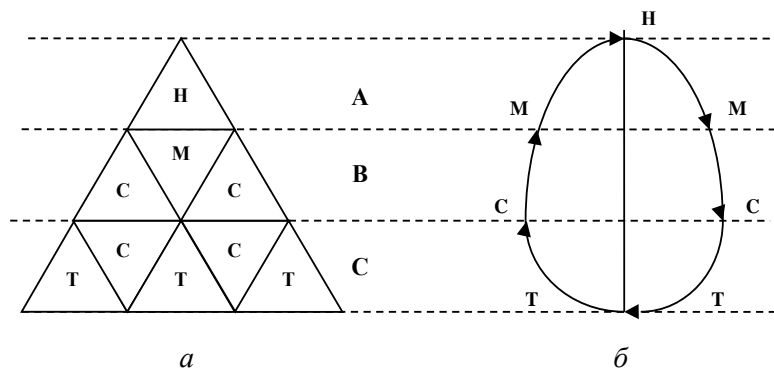


Рис. 3.12. Концептуальна модель життєвого циклу новизни асортименту

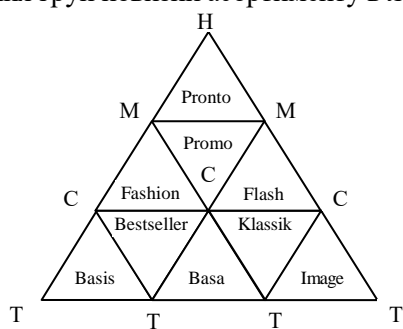
На основі прототипу трикутника категорій товару на ринку збуту [11] запропоновано три рівні *A*, *B*, *C* розвитку асортименту з виділенням триад груп новизни моделей асортименту (див. рис. 3.12, *a*): *A* – концептуальні моделі стильового розвитку асортименту; *B* – перспективні моделі базової форми асортименту; *C* – моделі сучасної сезонної колекції асортименту у вигляді систематизованого асортиментного ряду (САР).

Топологічна модель концентрації груп новизни формується відносно зони *B*, групами *C*, асортиментом Fashion. Замкнений цикл перетворень груп новизни ілюструє еліпсоподібна форма топологічних перетворень (див. рис. 3.12, *b*). Для розробки дизайн-програми формування структури ланцюга типологічного ряду застосовано принцип капсульного проектування товарних груп асортименту на рівнях *A*, *B*, *C* [20].

Критерій капсульного формування товарних груп асортименту має врахувати конкурентну рівновагу технологічних програм виготовлення виробів в технологічному процесі з позицій якості виробу в цілому. Це забезпечує дотримання наступних умов:

- структура КТР виробів ланцюга має входити в базу даних типологічного ряду моделей виробу;
- формування структури асортиментної колекції торговельної марки повинне відповідати вимогам брендингу марки;
- змінювання станів предметів праці повинне забезпечити замкненість моделі топологічних перетворень деталі у виріб;
- види товарних груп, представлених в асортиментній колекції, повинні відповідати функціональності одягу;
- групи споживчих переваг в асортименті повинні забезпечити якісні характеристики груп новизни системи моделей.

Ефективність і оптимальність виготовлення швейного виробу забезпечують програми технологічності і секційності групувань неподільних операцій, які повинні бути підпорядковані стабільності реалізації моделей ланцюга промислової серії. Вибір моделі об'єднання груп новизни асортименту в ланцюгу моделей ілюструє принцип триадності (рис. 3.13).



**Рис. 3.13.** Триадна модель об'єднання асортиментних вподобань виробів у промислову серію

Капсула образного рішення моделей асортименту містить блоки комбінаторного застосування триад моделей кодів вподобань. Зародження образності фіксує модель вершини трикутника на якій розташована концептуальна модель актуального стилю або мікростилію. Основа трикутника є лінією переходу на інший рівень споживчих переваг. Тобто, кожен трикутник може містити щонайменше три моделі, дві з яких будуть вершинами наступного рівня і мати зворотній зв'язок для розвитку попереднього рівня. Дуалізм вершин утворює промислові серії по шість моделей, що відповідає умові максимальної кількості запуску моделей в технологічний процес.

### 3.5.3. Комп'ютерна візуалізація компоненти розмірних ознак зовнішньої форми тіла споживача

Безконтактний фотограмметричний метод визначення розмірних ознак тіла людини передбачає фотографування фігури споживача цифровим фотоапаратом з наступною

комп'ютерною візуалізацією отриманих зображень, з метою отримання з них інформації про розмірні ознаки і морфологічні особливості фігур.

Для організації процесу фотографування враховані вимоги до цифрової камери, об'єкта фотографування, проведення фотографування та освітлення. У дослідженнях фотографування фігури проводилося цифровим фотоапаратом Casio QV-3000EX, технічні характеристики якого забезпечують якість фотозйомки.

Вимоги до проведення зйомки: фотографування фігури виконувалося в двох площинах: фронтальній  $A$  – вигляд спереду і ззаду; профільній  $B$  – вигляд справа, при вільно опущених руках; вигляд зліва, при зігнутих в лікті руках (щоб було видно спинний контур). Головна вертикаль при зйомці в фас проходила вздовж лінії середнесагітального перетину фігури, при зйомці в профіль – уздовж лінії передньо-заднього фронтального перетину. Положення лінії головного фронтального перетину визначали з урахуванням розташування фронтальної площини центра ваги. Зйомка експериментальних фігур здійснювалася з дотриманням наступних умов: відстань від об'єктива апарату до фігури  $R$  становила 280 см, фокусна відстань об'єктива  $f$  – 34 мм [28].

Фотографічне зображення проаналізовано в програмному продукті, зокрема, використано універсальний графічний редактор векторної графіки Xara [29, 30], який дозволяє працювати з растровим зображенням.

Визначення геометричних спотворень виконувалося шляхом вимірювання горизонтальних і вертикальних параметрів комірок в різних ділянках сітки. Визначено відносну похибку параметрів кожної клітини сітки за формулою [31]:

$$\delta = \frac{\dot{I} - h}{H} \cdot 100 \%, \quad (3.20)$$

де  $h$  – реальний розмір комірки сітки, мм;  $H$  – розмір комірки, виміряний за фотографічним зображенням сітки в програмному продукті, мм.

Розрахунки відносної похибки параметрів комірок сітки наведено у таблиці 3.10.

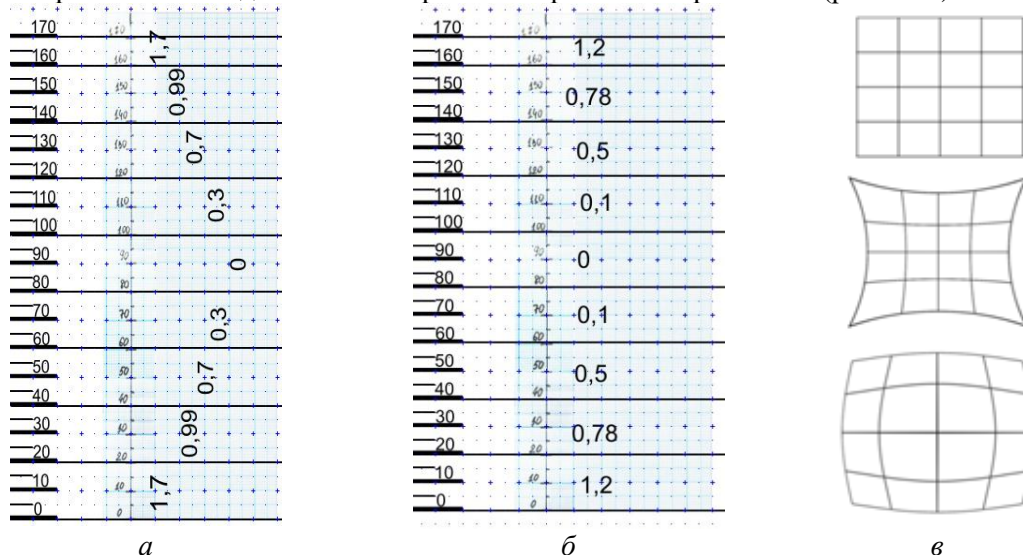
Таблиця 3.10

**Розрахунок відносної похибки спотворення  
проекційних параметрів комірок фотозображення сітки**

Номер комірки	Реальні розміри, мм (по висоті, ширині)	Розміри з фото, мм		Відносна похибка, %	
		висота	ширина	по висоті	по ширині
1	10	10,170	9,880	1,70	1,20
2	10	10,103	9,922	0,99	0,78
3	10	10,103	9,922	0,99	0,78
4	10	10,071	9,950	0,70	0,50
5	10	10,071	9,950	0,70	0,50
6	10	10,032	9,990	0,30	0,10
7	10	10,032	9,990	0,30	0,10
8	10	10,000	10,000	0	0
9	10	10,000	10,000	0	0
10	10	10,032	9,990	0,30	0,10
11	10	10,032	9,990	0,30	0,10
12	10	10,071	9,950	0,70	0,50
13	10	10,071	9,950	0,70	0,50
14	10	10,103	9,922	0,99	0,78
15	10	10,103	9,922	0,99	0,78
16	10	10,170	9,880	1,70	1,20

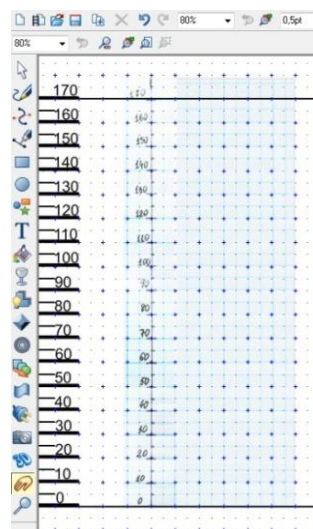
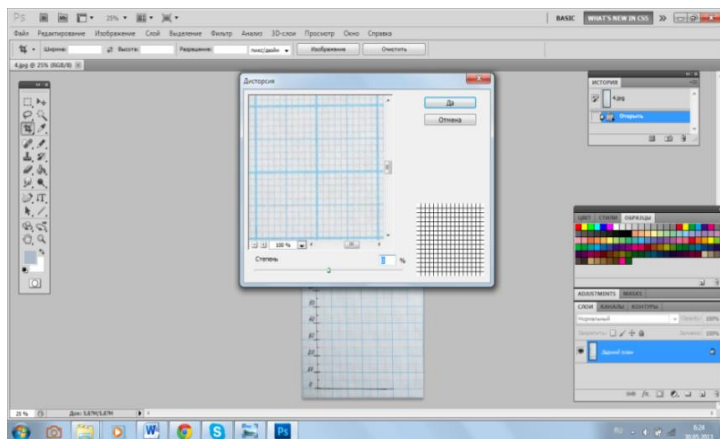
17	10	10,170	9,880	1,70	1,20
----	----	--------	-------	------	------

Аналіз спотворень досліджуваної сітки при фотографуванні дозволяє встановити закономірність зміни відстаней в комірках по вертикалі і горизонталі (рис. 3.14).



**Рис. 3.14. Аналіз спотворення фотографії сітки в графічному редакторі Хага:**  
 а) значення відносних похибок по вертикалі; б) значення відносних похибок по горизонталі;  
 в) схематичне зображення оптичних спотворень досліджуваної сітки при фотографуванні

Для усунення спотворення фотозображення запропоновано скористатися можливостями графічного редактора Adobe Photoshop. Для усунення спотворення в меню «Фільтр» на панелі управління обрано вкладку «Искажения – Дисторсия» (рис. 3.15), в якому на фотографії досліджуваної сітки усунено дисторсію. Подальша повторна детальна перевірка параметрів комірок сітки у графічному редакторі Хага показала точну відповідність їх розмірів реальним розмірам (рис. 3.16).



**Рис. 3.15. Діалогове вікно програмного продукту**

**Рис. 3.16. Фотографія сітки**

Фотографія фігури несе в собі інформацію, яка не вимагається в нормативних документах, проте вона може бути визначальною при виготовленні одягу на індивідуального замовника. Тому запропоновано додаткові розмірні ознаки, які відсутні в стандартах [32–35], і які можливо виміряти за фото. Схема вимірювання представлена на рис. 3.17, в таблиці 3.11 наведено визначення розмірних ознак і метод їх вимірювання.

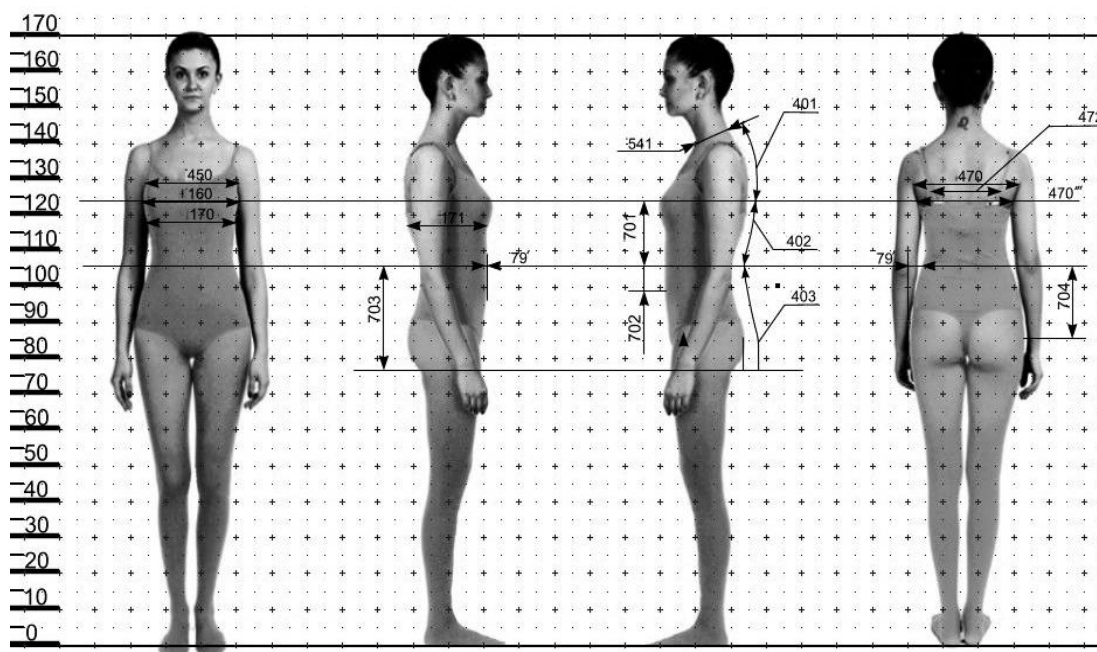


Рис. 3.17. Схема вимірювання додаткових розмірних ознак за фотографією споживача в графічному редакторі Хага

Таблиця 3.11

Додаткові розмірні ознаки індивідуальних особливостей фігури споживача

№ з/п	Позначення	Найменування розмірної ознаки	Спосіб вимірювання
1	2	3	4
1	401	Довжина спини від шийної точки до обхвату грудей III	На профільній проекції дуговий вимір від шийної точки до обхвату грудей III
2	402	Довжина спини від лінії обхвату грудей III до талії	На профільній проекції дуговий вимір від лінії талії до обхвату грудей III
3	403	Довжина від сідничної точки до лінії талії	На профільній проекції дуговий вимір від найбільш виступаючої сідничної точки до лінії талії
4	450	Поперечний діаметр грудей на рівні виміру ширини грудей	На фронтальній проекції горизонтальна проекційна відстань між точками передніх кутів підпахових впадин
5	160	Поперечний діаметр на рівні вимірювання обхвату грудей III	На фронтальній проекції горизонтальна проекційна відстань на рівні вимірювання обхвату грудей III
6	170	Поперечний діаметр обхвату грудей IV	На фронтальній проекції горизонтальна проекційна відстань на рівні вимірювання обхвату грудей IV
7	171	Передньо-задній діаметр обхвату грудей IV	На профільній проекції горизонтальна проекційна відстань на рівні вимірювання обхвату грудей IV
8	470	Поперечний діаметр спини на рівні виміру ширина спини	На фронтальній проекції горизонтальна проекційна відстань між точками задніх кутів під пахових впадин

## Розділ 3. Моделювання синергетичних зв'язків у модифікаційних перетвореннях типологічних рядів

9	470 <sup>'''</sup>	Поперечний діаметр спини на рівні виміру обхвату грудей III	На фронтальній проекції горизонтальна проекційна відстань на рівні вимірювання обхвату грудей III
10	472	Відстань між центрами лопаток	На фронтальній проекції проекційна відстань між виступаючими точками лопаток

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
11	79'	Виступ стегон щодо прогину фігури на лінії талії	На фронтальній проекції проекційна горизонтальна відстань між вертикалями, які торкаються найбільш виступаючої точки стегон та лінією талії
12	79"	Виступ живота відносно прогину на лінії талії	На профільній проекції проекційна горизонтальна відстань між вертикалями, які торкаються найбільш виступаючої точки живота та лінією талії
13	541	Передньо-задній діаметр шиї	На профільній проекції проекційна відстань між шийною точкою і точкою основи шиї
14	701	Висота від лінії талії до соскової точки	На профільній проекції проекційна відстань від лінії талії до соскової точки
15	702	Висота від лінії талії до найбільш виступаючої точки живота	На профільній проекції проекційна відстань від лінії талії до найбільш виступаючої точки живота
16	703	Висота від лінії талії до найбільш виступаючої точки сідниць	На профільній проекції проекційна відстань від лінії талії до найбільш виступаючої точки сідниць
17	704	Висота від лінії талії до найбільш виступаючої точки стегон	На фронтальній проекції проекційна відстань від лінії талії до найбільш виступаючої точки стегон

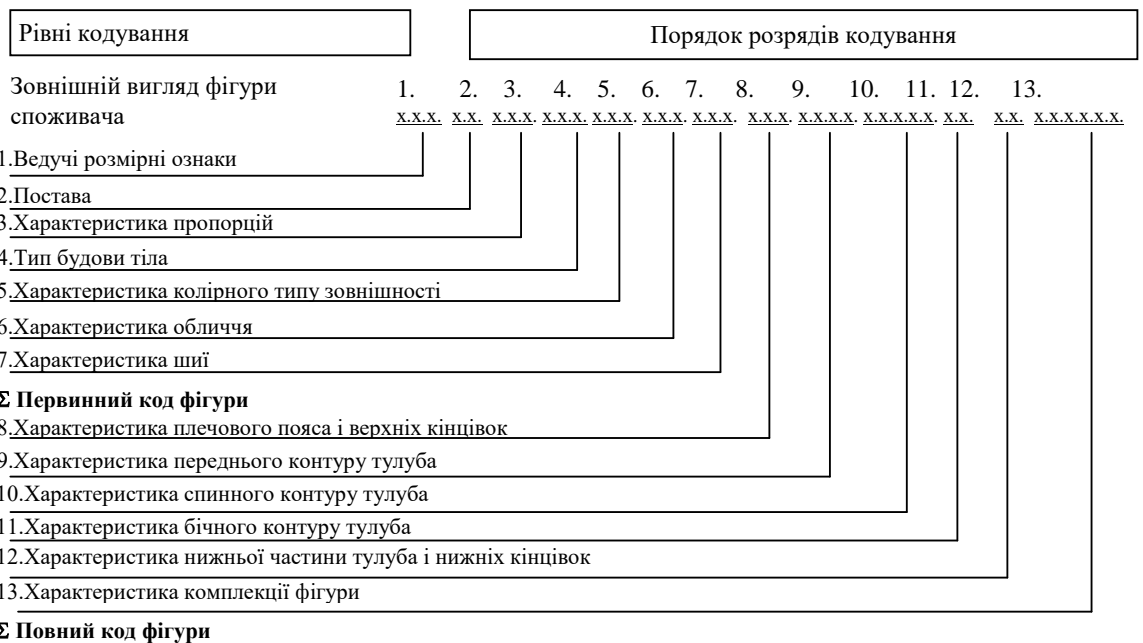
У позначеннях додаткових розмірних ознак використані третя цифра або штрих відносно номера стандартної ознаки. Додаткові розмірні ознаки визначення індивідуальних особливостей фігури споживача забезпечують розробку графічної моделі системи «костюм» для індивідуальної фігури.

З метою організації наскрізного автоматизованого процесу адресного проектування одягу з максимальним урахуванням персоніфікованих вимог споживачів розроблено структурно-логічну схему, що відображає вказаний процес на основі візуалізації зовнішнього вигляду споживача (рис. 3.18).



Рис. 3.18. Структурно-логічна схема процесу візуалізації зовнішнього вигляду споживача

Структурна схема кодування зовнішнього вигляду споживача (рис. 3.19) розбита на дві частини, відповідно до якої, загальний код першого ступеня кодування формується з семи розрядів, позиції яких формують первинний код фігури споживача. Решта шість задіяні у формуванні повного коду фігури споживача.



**Рис. 3.19. Структурна схема кодування фігури споживача**

Отже безконтактний фотограмметричний метод визначення розмірних ознак тіла людини передбачає фотографування фігури споживача цифровим фотоапаратом з наступною комп'ютерною візуалізацією отриманих зображень, з метою отримання з них інформації про розмірні ознаки і морфологічні особливості фігур [3–5].

**Список використаних джерел**

1. Славінська А. Л. Методи типового проектування одягу : навч. посіб. / А. Л. Славінська. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 179 с.
2. Славінська А. Л. Технологія формування масивів конструкторсько-технологічної документації для автоматизованого проектування офісного одягу / А. Л. Славінська, Н. Г. Савчук // Вісник Технологічного університету Поділля. – 1998. – № 4. – С. 26–29.
3. Славінська А. Л. Метод оптимізації конструктивно-технологічних ознак систематизованого ряду серії моделей швейних виробів / А. Л. Славінська // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 2. – С. 45–49.
4. Славінська А. Л. Побудова лекал деталей одягу різного асортименту : навч. посіб. / А. Л. Славінська. – Хмельницький : ХНУ, 2011. – 222 с.
5. Сушан А. Т. Інженерне проектування швейних виробів : навч. посіб. / А. Т. Сушан. – Київ : Арістей, 2005. – 172 с.
6. Славінська А. Л. Логістична координація інформаційних потоків серії моделей швейних виробів / А. Л. Славінська // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 6. – С. 100–107.
7. Славінська А. Л. Метод параметричної типізації конструкції жіночого жакета з урахуванням стильової характеристики / А. Л. Славінська, О. М. Штомпіль // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2011. – № 5. – С. 66–70.
8. Мода і стиль: современная энциклопедия / под ред. В. А. Вологодина. – М. : Аванта, 2002. – 482 с.
9. Сорини, сестры. Истоки имиджа или одежда женщины в азбуке общения. – М. : «Издательство Гном–Д», 2000. – 192 с.
10. Матузова Е. М. Разработка конструкций женских швейных изделий по моделям / Е. М. Матузова, И. Р. Соколова, И. С. Гончарук. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 224 с.
11. Мюллер М. Техника кроя / М. Мюллер. – М. : ЗАО КОМ – Лига Пресс, 2001. – 170 с.
12. Славінська А. Л. Концепція регулювання гнучкості конструкторсько-технологічної підготовки оновлення асортименту в умовах підприємства / А. Л. Славінська, О. М. Штомпіль // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – № 4 – С. 173–178.
13. Славінська А. Л. Методологія моніторингу інформаційно-комунікативних технологій конструкторської підготовки виробництва одягу / А. Л. Славінська // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 5. – С. 100–107.
14. Коблякова Е. Б. Конструирование одежды с элементами САПР : учебник / Е. Б. Коблякова ; под ред. Е. Б. Кобляковой. – 4-е изд. – М. : Легпромбытиздат, 1988. – 464 с.
15. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Теоретические основы. – М. : ЦНИИТЭИ Легпром, 1988. – Т. 1. – 169 с.
16. Справочник по математике для экономистов / [В. Е. Барбаумов, В. И. Ермаков, Н. Н. Кривенцева и др.] ; под ред. В. И. Ермакова. – М. : Высш. школа, 1987. – 336 с.
17. Славінська А. Л. Основи модульного проектування одягу : монографія / А. Л. Славінська. – Хмельницький : ХНУ, 2007 – 167 с.

18. Славінська А. Л. Модель корегування етапів конструкторської підготовки виробництва швейних виробів різних цінових груп / А. Л. Славінська // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2018. – № 3. – С. 100–107.
19. ГОСТ 4.45–86. Система показателей качества продукции. Изделия швейные бытового назначения. Номенклатура показателей. – М. : Госстандарт СССР, 1988. – 5 с.
20. Славінська А. Л. Дизайн програма ідентифікації конструктивно-технологічних модулів в структурі технологічного процесу / А. Л. Славінська // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 5. – С. 134–141.
21. Славінська А. Л. Визначення геометричних умов збалансованості силуетних ліній чоловічого піджака / А. Л. Славінська, Т. О. Березюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2011. – № 2. – С. 46–48.
22. ДСТУ 3221:2003. Система технологічної документації. Терміни та визначення основних понять: – Київ : Укрдержстандарт, 2003. – 31 с.
23. Современные формы и методы проектирования швейного производства : учеб. пособ. для вузов / Т. М. Серова, А. И. Афанасьева, Т. И. Илларионова, Р. А. Рель – М. : Москов. гос. ун-т дизайна и технологии, 2004. – 281 с.
24. Розробка колекцій одягу : навч. посіб. / А. М. Малинська, К. Л. Пашкевич, М. Р. Смирнова, О. В. Колосніченко. – Київ : ППНВЦ, Профі, 2014. – 140 с.
25. Кулешова С. Г. Розробка методики комп'ютерної візуалізації зовнішнього вигляду споживача / С. Г. Кулешова, А. Л. Славінська // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2014. – № 2. – С. 95–102.
26. Залкінд В. В. Використання методу цифрової фотографії при антропометричному обстеженні населення / В. В. Залкінд // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2007. – № 1. – С. 176–181.
27. Святкіна А. Є. Дослідження залежностей розмірних ознак жіночих фігур від кутів переміщення рук у просторі / А. Є. Святкіна // Вісник Київського національного університету технологій і дизайну. – 2005. – № 2. – С. 122–125.
28. Бояров П. И. Начала цифровой фотографии / П. И. Бояров. – СПб. : Питер, 2006. – 207 с.
29. Грузман И. С. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И. С. Грузман, В. С. Киричук, В. П. Косых. – Новосибирск : Наука, 2002. – 351 с.
30. Тайц А. М. CorelXara 2.0: графика для Internet, офиса и полиграфии / А. М. Тайц, А. А. Тайц. – СПб. : БХВ–Санкт-Петербург, 1999. – 336 с.
31. ГОСТ 17522–72. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 384 с.
32. ОСТ 17–326–81. Изделия швейные, трикотажные, меховые. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды. – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1984. – 110 с.
33. ГОСТ 26–456.1–89. Фигури типовые. Размерные признаки для проектирование чулочно-носочных изделий. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 105 с.
34. ОСТ 17–497–83. Изделия швейные. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования корсетных изделий. – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1983. – 110 с.



## Розділ 4.

### ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ГНУЧКОЇ ПЕРЕОРІЄНТАЦІЇ ШВЕЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

---

#### 4.1. Адаптація методу масштабування універсальних конструкцій для різновидів виробів ланцюгів перетворень

##### 4.1.1. Ітераційний процес проектування універсальної конструкції

Розроблений типологічний ряд містить 35 найменувань різновидів виробів жіночого плечового верхнього одягу, які об'єднуються у наступні види: жакет, пальто, плащ, куртка. Кожен вид виробу представлений у методичних вказівках з практичного конструювання рекомендаціями щодо побудови базових конструкцій.

Величина лінійного виміру ділянки конструкції складається з величини відповідного виміру тіла та прибавки на вільне облягання [1–3]. Прибавку на вільне облягання на будь-якій ділянці одягу  $P_i$  розділяють на технічну прибавку, яка забезпечує динаміку руху, дихання, повітряний прошарок і товщину пакета матеріалу, і прибавку на конструктивно-декоративне оформлення. На практиці для визначення габаритних розмірів базисної сітки виробу використовують сумарну прибавку на вільне облягання, а конфігурація опорної ділянки конструкції асортиментних БК залежить від товщини пакета матеріалу.

Математична модель побудови базової конструкції може бути представлена як функціональна залежність між змінними  $P_i$  (розмірна ознака) та  $P_i$  (прибавка на вільне облягання) [3]. Інформація про розмірні ознаки фігури відноситься до умовно-постійної, тоді як величини прибавок на вільне облягання є інформацією умовно-змінною. Тоді, за умови використання універсальної групи тканин для заданого ланцюга перетворення, задача пошуку універсальної БК зводиться до пошуку універсальних прибавок на вільне облягання і рекомендованих прибавок на пакет для видимих деталей виробу: стану (пілочки та спинки) і рукава.

Нехай  $S$  – сімейство множин базових конструкцій видів виробів жіночого плечового верхнього одягу, тоді  $S_i$  – множини, які містять базові конструкції  $i$ -го виду виробу всіх можливих силуетів  $S_i \supseteq S_{ij}$ . Зазвичай виділяють: прилягаючий, напівприлягаючий, прямий, трапецієподібний силуети. Силуетна конструкція певного виду виробу однозначно задається набором прибавок на вільне облягання по основних конструктивних лініях:  $S_{ij} = (\dot{I}_{\bar{a}_{ij}}, \dot{I}_{\bar{\delta}_{ij}}, \dot{I}_{\bar{n}_{ij}})$ . У практиці конструювання прибавки для певного виду виробу прийнято представляти у вигляді інтервалу, що належить проміжку  $[a, b]$ .

Поліваріантність інтервалів прибавок проявляється у тому, що кожен автор рекомендацій з практичного конструювання жіночого плечового верхнього одягу [2, 4–16] пропонує власні величини прибавок, які властиві тій чи іншій групі в запропонованій чи використаній ним класифікації.

Інваріантність інтервалів прибавок, а отже однозначність напряму пошуку універсальної базової конструкції, може бути досягнута шляхом використання середніх значень граничних меж рекомендованих інтервалів:

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i; \quad b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i, \quad (4.1)$$

де  $a_i$  – нижня межа інтервалу прибавок за  $i$ -ю методикою;  $b_i$  – нижня межа інтервалу прибавок за  $i$ -ю методикою (автором та ін.);  $n$  – кількість розглянутих методичних рекомендацій.

При значеннях  $n \geq 30$ , середнє значення величини як завгодно мало відрізняється від його дійсного значення і може бути використане як сталє значення розглядуваної величини для подальших розрахунків.

Отже, рекомендовані інтервали величин прибавок по лінії грудей, талії, та стегон є характеристичними властивостями, що формують множини базових конструкцій  $S_g, S_t, S_c$ , відповідно. Тоді параметри універсальної базової конструкції стану виробів типологічного ряду однозначно визначаються як перетини сімейств множин:

$$\bigcap_{g \in G} S_g = \{ \check{I}_{\bar{a}} \mid \forall g \in G, a_g < \check{I}_{\bar{a}} < b_g, \check{I}_{\bar{a}} \in S_g \}; \quad (4.2)$$

$$\bigcap_{t \in T} S_t = \{ \check{I}_{\bar{t}} \mid \forall t \in T, a_t < \check{I}_{\bar{t}} < b_t, \check{I}_{\bar{t}} \in S_t \}; \quad (4.3)$$

$$\bigcap_{c \in C} S_c = \{ \check{I}_{\bar{n}} \mid \forall \check{n} \in \check{N}, a_c < \check{I}_{\bar{n}} < b_c, \check{I}_{\bar{n}} \in S_{\check{n}} \}, \quad (4.4)$$

де  $P_g, P_t, P_c$  – прибавки на вільне облягання по лінії грудей, талії, стегон, відповідно, см;

$a_g, a_t, a_c$  – нижня межа інтервалу прибавки на вільне облягання по лінії грудей, талії, стегон, відповідно, см;

$b_g, b_t, b_c$  – верхня межа інтервалу прибавки на вільне облягання по лінії грудей, талії, стегон, відповідно, см.

Оскільки для задання силуетної конструкції потрібно три параметри, то універсальна базова конструкція для всього сімейства множин  $S$  існує тоді, і тільки тоді, коли:

$$\exists S = \left( \bigcap_{g \in G} S_g \neq \emptyset; \bigcap_{t \in T} S_t \neq \emptyset; \bigcap_{c \in C} S_c \neq \emptyset \right). \quad (4.5)$$

Сімейство множин  $S$  характеризується потужністю  $n \times k$ , де  $n$  – кількість видів виробів, а  $k$  – кількість розглянутих силуетів для кожного виду виробу. Тоді, потужність сімейства множин становить  $|S| = 4 \times 4 = 16$ . Отже, формули (4.2)–(4.4) відображають перетин 16 множин.

Як відомо [17], перетин множин/сімейства множин є асоціативною і комутативною операцією. Внаслідок асоціативності результат визначення перетину будь-якого числа множин не залежить від порядку визначення (розстановки дужок), і тому дозволяється опускає дужки при запису. Відповідно, істинним є і обернене твердження про можливість довільної розстановки дужок. Комутативність перетину множин дозволяє переставляти місцями елементи у будь-якому порядку. Тоді, якщо представити формули (3.10)–(3.12) у вигляді послідовних перетинів пар множин, отримаємо вираз:

$$\bigcap_{g \in G} S_g = S_{g_{11}} \cap S_{g_{12}} \cap \dots \cap S_{g_{ij}} = (S_{g_{11}} \cap \dots \cap S_{g_{ij}}) \cap (S_{g_{12}} \cap \dots \cap S_{g_{(i-1)(j-1)}}), \quad (4.6)$$

який може бути представлений  $\prod_{n=2}^{16} C_n^{16+n-1}$  варіантами способів ( $n$  – кількість елементів, що заключені у дужки). Тоді, завдання знаходження перетину сімейства множин зводиться до процесу ітераційного знаходження перетину множин у дужках для кожного значення  $n$ . Перебір варіантів доцільно представити у вигляді матриці, в якій кожний елемент є перетином множин  $S_{gij} \cap S'_{gij}$ , розглянутих попарно.

Для  $n = 2$  (ітерація 1) розмірність матриці  $16 \times 16$  визначається потужністю вихідного сімейства множин, елементи якого розміщені і по вертикалі, і по горизонталі. Матриця симетрична відносно головної діагоналі, тому заповнення є доцільним тільки в одній з її частин. Головна діагональ матриці є перетином вихідного сімейства множин із самим собою. Згідно з властивістю ідемпотентності перетину множин [17], головна діагональ є вихідним сімейством множин: якщо  $S_{gij} = \{P_g / P_g \in a_g < P_g < b_g\}$ , і  $S'_{gij} = \{P_g / P_g \in a_g < P_g < b_g\}$ , то  $S_{gij} \cap S'_{gij} = S_{gij} = S'_{gij}$ . Тоді матриця перебору перетинів множин при  $n = 4$  (ітерація 2) містить непусті перетини множин із першої перебіркової матриці, в склад яких входить і вихідне сімейство множин. Це означає, що в перебіркової матриці другої ітерації містяться результати знаходження перетину і для  $n = 4$ , і для  $n = 3$ . При чому головна діагональ перебіркової матриці другої ітерації містить результуюче сімейство множин матриці першої ітерації, яке є об'єднанням вихідного сімейства множин та сімейства множин отриманого попарним перетином елементів вихідного сімейства. Тоді матриця третьої ітерації  $n = 8$  міститиме результати перетинів для  $n = 5$ ,  $n = 6$ ,  $n = 7$  та  $n = 8$ . А отже, максимальна кількість ітерацій для відображення всіх можливих способів представлення формули (4.6) становить чотири ітерації ( $n = 8$ ).

Виходячи із ідентичності формул (4.2) – (4.4) можна стверджувати, що вираз (4.6) та слідує з нього висновки є справедливими і для множин  $S_t$  та  $S_c$ .

Якщо перетин множин є непустою множиною значень характеристичної властивості множини, то відповідну комірку заповнюють значеннями граничних меж величин прибавок (см), що належать шуканому перетину. Якщо перетин є пустою множиною, то комірці присвоюється знак «–». Визначення перетинів інтервалів прибавок за основними конструктивними лініями для базових конструкцій різних видів одягу різних силуетів представлено у таблиці 4.1 (ітерація 1), де прийняті наступні позначення:

ПП – пальто прилягаючого силуету;	ПЖ – жакет прилягаючого силуету;
НП – пальто напівприлягаючого силуету;	НЖ – жакет напівприлягаючого силуету;
РП – пальто прямого силуету;	РЖ – жакет прямого силуету;
ТП – пальто трапецієподібного силуету;	ТЖ – жакет трапецієподібного силуету;
ПК – куртка прилягаючого силуету;	ППЛ – плащ прилягаючого силуету;
НК – куртка напівприлягаючого силуету;	НПЛ – плащ напівприлягаючого силуету;
РК – куртка прямого силуету;	РПЛ – плащ прямого силуету;
ТК – куртка трапецієподібного силуету;	ТПЛ – плащ трапецієподібного силуету.

Після виконання кожної ітерації виконується пошук комірок, які задовольняють умову (4.5), яка забезпечує існування силуетної конструкції на всіх трьох конструктивних лініях. В якості оператора пошуку обрано логічне множення комірок перебіркових матриць. Комірці, яка містить значення діапазону величин прибавок присвоєно знак «1», комірці, яка містить символ «–», присвоєно знак «0». Кожна наступна ітерація виконується тільки з непустими множинами, результати перетинів, які виявились пустими множинами, – виключаються.



Продовження таблиці 4.1

$S'_{ij}$	$S_{ij}$															
	ПП	НП	РП	ТП	ПЖ	НЖ	РЖ	ТЖ	ПК	НК	РК	ТК	ППЛ	НПЛ	РПЛ	ТПЛ
ТЖ	–	7,6–9,1	8,7–10,2	>10,7	–	–	7,6–7,8	>7,6								
ПК	–	–	–	12,0–18,0	–	–	–	12,0–18,0	12,0–18,0							
НК	–	–	–	18,0–24,0	–	–	–	18,0–24,0	18,0	18,0–24,0						
РК	–	–	–	24,0–30,0	–	–	–	24,0–30,0	–	24,0	24,0–30,0					
ТК	–	–	–	30,0–36,0	–	–	–	30,0–36,0	–	–	30,0	30,0–36,0				
ППЛ	4,7–6,2	5,7–7,6	–	–	–	4,7–6,4	6,6–7,6	7,6	–	–	–	–	4,0–7,6			
НПЛ	–	7,6–9,1	8,7–10,2	10,7–11,3	–	–	7,6–7,8	7,6	–	–	–	–	7,6	7,6–11,3		
РПЛ	–	–	–	11,3–14,9	–	–	–	11,3–14,9	12,0–14,9	–	–	–	–	11,3	11,3–14,9	
ТПЛ	–	–	–	14,9–18,5	–	–	–	14,9–18,5	14,9–18,0	18,0–18,5	–	–	–	–	14,9	14,9–18,5
$P_c$																
ПП	4,2–5,4															
НП	4,7–5,4	4,7–6,0														
РП	–	–	7,9–9,4													
ТП	–	–	–	>11,0												
ПЖ	–	–	–	–	2,3–3,2											
НЖ	4,2–4,5	–	–	–	–	3,4–4,5										
РЖ	5,4	5,4–6,0	–	–	–	–	5,4–7,4									
ТЖ	–	–	7,9–9,4	>11,0	–	–	–	>7,8								
ПК	–	6,0	7,9–9,4	–	–	–	6,0–7,4	7,8–10,0	6,0–10,0							
НК	–	–	–	11,0–14,0	–	–	–	10,0–14,0	10,0	10,0–14,0						
РК	–	–	–	14,0–18,0	–	–	–	14,0–18,0	–	14,0	14,0–18,0					
ТК	–	–	–	18,0–22,0	–	–	–	18,0–22,0	–	–	18,0	18,0–22,0				
ППЛ	4,2–5,4	4,7–6,0	–	–	3,0–3,2	3,4–4,5	5,4–6,4	–	6,0–6,4	–	–	–	3,0–6,4			
НПЛ	–	–	7,9–9,4	–	–	–	6,4–7,4	7,8–9,8	6,4–9,8	–	–	–	6,4	6,4–9,8		
РПЛ	–	–	–	11,0–13,1	–	–	–	9,8–13,1	9,8–10,0	10,0–13,1	–	–	–	9,8	9,8–13,1	
ТПЛ	–	–	–	13,1–16,5	–	–	–	13,1–16,5	–	13,1–14,0	14,0–16,5	–	–	–	13,1	13,1–16,5

Скінченний перелік силуетних конструкцій для різних видів виробів різних силуетів, які існують на всіх трьох конструктивних лініях  $P_2$ ,  $P_m$  та  $P_c$  отримано вже в результаті другої ітерації (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Параметри універсальних базових конструкцій стану

Вид виробу	Кількість видів виробів	Умовне позначення	Прибавка, см		
			$P_2$	$P_m$	$P_c$
1. Пальто, жакет	2	ПП-НЖ	6,2–6,9	4,7–6,2	4,2–4,5
2. Пальто, плащ	2	ПП-ППЛ	6,2–6,6	4,7–6,2	4,2–5,4
3. Пальто, жакет	2	НП-РЖ	7,2–8,0	6,6–7,8	5,4–6,0
4. Пальто, жакет	2	РП-ТЖ	8,4–9,7	8,7–10,2	7,9–9,4
5. Пальто, плащ	2	РП-НПЛ	8,4–9,8	8,7–10,2	7,9–9,4
6. Пальто, жакет	2	ТП-ТЖ	9,2–9,7	>10,7	>11,0
7. Пальто, плащ	2	ТП-РПЛ	9,8–11,0	11,3–14,9	11,0–13,1
8. Жакет, плащ	2	НЖ-ППЛ	5,8–6,6	4,7–6,4	3,4–4,5
9. Жакет, плащ	2	РЖ-НПЛ	7,2–8,6	7,6–7,8	6,4–7,4
10. Жакет, куртка	2	ТЖ-ПК	8,2–9,7	12,0–18,0	7,8–10,0
11. Жакет, плащ	2	ТЖ-НПЛ	8,2–9,7	7,6	7,8–9,8
12. Куртка, плащ	2	ПК-РПЛ	8,0–12,0	12,0–14,9	9,8–10,0
13. Куртка, плащ	2	НК-ТПЛ	12,9–16,0	18,0–18,5	13,1–14,0
14. Куртка	1	ПК-НК	12,0	18,0	10,0
15. Куртка	1	НК-РК	16,0	24,0	14,0
16. Куртка	1	РК-ТК	20,0	30,0	18,0
17. Плащ	1	ППЛ-НПЛ	6,6	7,6	6,4
18. Плащ	1	НПЛ-РПЛ	9,8	11,3	9,8
19. Плащ	1	РПЛ-ТПЛ	12,9	14,9	13,1
20. Плащ, пальто, жакет	3	ППЛ-ПП-НЖ	6,2–6,6	4,7–6,2	4,2–4,5
21. Пальто, жакет, плащ	3	РП-ТЖ-НПЛ	8,4–9,7	8,7–10,2	7,9–9,4
22. Жакет, куртка, плащ	3	ТЖ-ПК-РПЛ	8,2–9,7	12,0–14,9	9,8–10,0

Результати застосування оператора пошуку до перебіркових матриць 3-ї ітерації свідчать про те, що жодна універсальна силуетна конструкція не існує одночасно на трьох конструктивних лініях. Це означає, що не існує таких параметрів універсальної базової конструкції, яка б задовольняла одночасно усі види виробів будь-якого силуету. Тому, доцільним є використання універсальних базових конструкцій в межах ланцюгів перетворення, які містять не більше трьох видів виробів.

Прибавки до обхвату плеча  $P_{on}$  тісно пов'язані з характеристикою рукава за ступенем облягання і ширини пройми виробу [6]. При виборі прибавки до обхвату плеча потрібно враховувати співрозмірність стану частин виробу та рукава [7].  $P_{on}$  визначає ширину рукава на рівні лінії пахви, а саме ширину оката рукава. Для розрахунку цієї ділянки до ширини пройми додають  $P_{on}$ .

Для встановлення перетинів інтервалів величин прибавок до обхвату плеча для рукавів різного ступеня прилягання проведено аналіз існуючих величин прибавок, рекомендованих у методичній літературі з конструювання [1, 2, 6, 8, 9, 11, 14–16, 18–24].

Результати розрахунків середньозважених значень граничних величин  $P_{on}$  представлені в таблиці 4.3.

Перебіркова матриця визначення перетинів інтервалів прибавок  $P_{on}$  для рукавів різних видів виробів і ступеня прилягання представлена у таблиці 4.4, яка побудована аналогічно до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

**Граничні межі прибавок до обхвату плеча**

Вид виробу	Прибавка до обхвату плеча $P_{on}$ для вшивних рукавів зі ступенем прилягання, см			
	Вузький	Середній	Розширений	Широкий
Жакет	5,7–7,1	0,4–9,0	9,4–11,0	10,9–12,9
Пальто	5,5–9,4	9,5–11,3	11,5–13,4	13,0–15,4
Куртка	8,0–14,0	14,1–20,0	20,1–26,0	26,1–32,0
Плащ	1,6–5,3	5,4–9,1	9,2–12,8	12,9–16,5

Таблиця 4.4

**Перебіркова матриця визначення перетинів інтервалів прибавок  $P_{on}$  для рукавів різних ступенів прилягання (ітерація 1)\***

		Пальто				Жакет				Куртка				Плащ				
		В	С	Р	Ш	В	С	Р	Ш	В	С	Р	Ш	В	С	Р	Ш	
Пальто	В	5,5–9,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	С	–	9,5–11,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Р	–	–	11,5–13,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Ш	–	–	13,0–13,4	13,0–15,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Жакет	В	5,7–7,1	–	–	–	5,7–7,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	С	7,4–9,0	–	–	–	–	7,4–9,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Р	9,4	9,5–11,0	–	–	–	–	9,4–11,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Ш	–	10,9–11,3	11,5–12,9	–	–	–	10,9–11,0	10,9–12,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Куртка	В	8,0–9,4	9,5–11,3	11,5–13,4	13,0–14,0	–	8,0–9,0	9,4–11,0	10,9–12,9	8,0–14,0	–	–	–	–	–	–	–	–
	С	–	–	–	14,1–15,4	–	–	–	–	–	14,1–20,0	–	–	–	–	–	–	–
	Р	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20,1–26,0	–	–	–	–	–	–
	Ш	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	26,1–32,0	–	–	–	–	–
Плащ	В	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,6–5,3	–	–	–	–
	С	5,5–9,1	–	–	–	5,7–7,1	7,4–9,0	–	–	8,0–9,1	–	–	–	–	5,4–9,1	–	–	–
	Р	9,2–9,4	9,5–11,3	11,5–12,8	–	–	–	9,4–11,0	10,9–12,8	9,2–12,8	–	–	–	–	–	–	9,2–12,8	–
	Ш	–	–	–	13,0–15,4	–	–	–	–	12,9	12,9–14,0	14,1–16,5	–	–	–	–	–	12,9–16,5

\*Умовні позначення: В – вузький рукав; С – середнього ступеня прилягання; Р – розширений; Ш – широкий.

Виконання наступних ітерацій перебіркової матриці доцільно виконувати окремо для кожного із ланцюгів перетворення, що містить три види виробів (див. табл. 4.2), виключаючи один з видів виробів (куртку або пальто), і скорочуючи таким чином кількість перебіркових варіантів. За відсутності універсальної базової конструкції асортименту при проектуванні ланцюга перетворення, що містить більше трьох видів виробів, для перетворень базової конструкції доцільно використати операції неоднорідного масштабування, які можуть бути застосовані як у процесах площинного конструювання, так і тривимірного проектування виробів.

**4.1.2. Алгоритм афінного перетворення операторами масштабування**

Для зменшення кількості операцій розрахунків у процесі побудови базової конструкції виробу багатьма дослідниками запропоновані різні способи. Широко відома методика [25] для проектування чоловічого одягу модифікуванням конструкції піджака.

У роботах [15, 26–28] запропоновано метод силуетної трансформації деталей виробів різного асортименту. Трансформація контурів конструкції в такому випадку передбачає зміщення основних інформаційних точок на певні величини приростів їх координат і відповідне перетворення контурних ліній, які з'єднують ці точки. Метод передбачає зміну конструкції шляхом переміщення основних конструктивних точок вихідної конст-

рукції вздовж напрямку осей координат на певну величину. Точки, що належать конструкції виробу потрібного силуету, знаходять на перетині перпендикулярів з вихідних точок.

Перехід від конструкції одного силуету до конструкції іншого силуету відбувається шляхом використання групи лінійних геометричних перетворень графічного зображення деталей конструкції за принципом градації.

Для його реалізації у працях [15, 26–28] використаний афінний метод перетворення площини, який передбачає зберігання основних рис вихідної конструкції, паралельність, відношення довжин, відношення площ ділянок [29]. Модифікацію контурів представлено як послідовність операцій зсуву на величину силуетного приросту:

$$(\tilde{\alpha}_1; \tilde{\alpha}_2) \rightarrow [(\tilde{\alpha}_0 + \Delta\tilde{\alpha}_2); (y_0 + \Delta y_0)], \quad (4.7)$$

де  $x_0, y_0$  – координати конструктивних точок вихідної конструкції, см;

$\Delta x_0, \Delta y_0$  – величини переміщення відповідних конструктивних точок, які забезпечують перехід вихідної конструкції у конструкцію інших силуетів, см.

Причому автором [27] переконливо доведено, що закономірність змінювання положень усіх конструктивних точок безпосередньо пов'язана з величинами системи прибавок. Тоді доцільно припустити, що операціями афінного перетворення, а саме зсуву координат конструктивних точок на величини приростів, що характеризують конструкції різних видів виробів, можна досягнути трансформації конструкції одного виду виробу в конструкцію іншого. Такий підхід використано у роботі [30] для розробки універсальної конструкторської поясних виробів, яка забезпечує трансформацію інтерактивної конструкції жіночої спідниці у конструкцію штанів. Схема параметричної трансформації інтерактивної конструкції жіночої спідниці побудована за аналогією зі схемами градації лекал.

З іншого боку, градація лекал може бути здійснена не тільки шляхом переміщення конструктивних точок деталей базового розміро-зросту, але і способом масштабування. Такий спосіб запропонований російськими вченими [31] і носить назву пропорціонування.

Масштабування об'єкта – це зміна його розміру зі збереженням пропорцій [29]. Відповідно, спосіб градації лекал пропорціонуванням передбачає отримання конструкції потрібного розміро-зросту переміщенням конструктивних точок вихідної конструкції на величину, яка визначається пропорційно у відповідності з розрахованими коефіцієнтами градації. Коефіцієнти розраховують як співвідношення потрібного розміру до базового:

$$K_{\bar{A}} = \frac{\bar{A}_i}{\bar{A}_j}, \quad (4.8)$$

де  $\bar{D}_i$  – величина шуканого розміру (зросту);  $\bar{D}_j$  – величина вихідного розміру (зросту).

Використання автоматизованих операцій масштабування описано користувачами сайту «3Dfashion – 3D технології в дизайні одягу» [32] для отримання віртуальної форми одягу. Операції масштабування передбачені у сучасних САПР, наприклад САПР «Грація» та САПР «Julivi» мають оператори масштабування лекал. Проте, навіть самі розробники позиціюють призначення таких команд лише для виготовлення макетів зразків виробів, які потребуватимуть додаткових перевірок та уточнень, та для врахування особливостей матеріалу (здатності до зсідання) під час розкрою, хоча і відмічають швидкодію такої розробки.

Більшість графічних редакторів векторної графіки, що підтримують можливості параметричної побудови конструкцій швейних виробів, також містять оператори масштабування. В AutoCAD це операції налаштувань властивостей блоків за осями  $X, Y$  та  $Z$ . У Rhinoceros – операції 2D- та 3D-Scale.

Масштабування є окремим випадком афінних перетворень, яке у комп'ютерній графіці [29] розглядають як розтяг/стиск вздовж координатних осей і записують формулами:

$$x_1 = ax_0, \quad y_1 = dy_0, \quad (4.9)$$

де  $a, d$  – коефіцієнт масштабування вздовж осей  $x$  та  $y$ .

Коефіцієнт масштабування – визначене число, на яке множать координати елементів об'єкта, що приводить до зміни їх розміру, стиснення чи розтягнення [29].

Якщо  $a = d$ , то має місце однорідне масштабування, якщо  $a \neq d$ , то масштабування – неоднорідне. При  $a = d > 1$  відбувається збільшення зображення, при  $a = d < 1$  – рівномірне стискування.

Величина конструктивних відрізків основ конструкції залежить від складу антропометричної інформації і структури розрахункових формул [27]. Тоді координати конструктивних точок залежать від величини розмірних ознак  $T$ , прибавок на вільне облягання  $\Pi$  та прибавок на товщину матеріалів  $\Pi_m$ , а формула (4.8), для випадку розрахунку коефіцієнта масштабування при трансформації конструкції одного виду виробу в конструкцію іншого, набуває вигляду:

$$K = \frac{\ddot{A}_i}{\ddot{A}_j} = \frac{f(T, \ddot{I}_z, \ddot{I}_{\partial_z})}{f(T, \ddot{I}_j, \ddot{I}_{\partial_j})}, \quad (4.10)$$

де  $\ddot{A}_i, \ddot{A}_j$  – відповідно, габаритна величина конструкції шуканого та вихідного виду виробу, см;

Параметр  $T$  є сталою величиною як у чисельнику, так і у знаменнику виразу (4.10), а отже найбільший вплив на величину коефіцієнта  $K$  справляють величини  $\Pi$  та  $\Pi_m$ . При цьому розмірність величини прибавок на вільне облягання  $\Pi$  на декілька порядків перевищує розмірність величини прибавок на товщину матеріалу  $\Pi_m$ . Крім того, напрям вектора прикладання прибавок на вільне облягання паралельний напрямку горизонтальної осі координат, а отже для вертикального напрямку трансформації має місце наступний вираз:

$$\ddot{A}_{zY} - \ddot{A}_{jY} = f(T, \ddot{I}_z, \ddot{I}_{\partial_z})_Y - f(T, \ddot{I}_j, \ddot{I}_{\partial_j})_Y \Rightarrow 0, \quad (4.11)$$

а для горизонтального:

$$\ddot{A}_{zX} - \ddot{A}_{jX} = f(T, \ddot{I}_z, \ddot{I}_{\partial_z})_X - f(T, \ddot{I}_j, \ddot{I}_{\partial_j})_X \neq 0. \quad (4.12)$$

Тоді, для вертикального напрямку  $K_y = d \rightarrow 1$ , а для горизонтального –  $K_x = a > 1$ . Отже, у формулі (4.91)  $a \neq d$ , а масштабування, яке доцільно використати для трансформації конструкції одного виду виробу в конструкцію іншого – неоднорідне.

Матрицю неоднорідного масштабування з коефіцієнтом  $a$  вздовж осі  $X$  та коефіцієнтом  $d$  вздовж осі  $Y$  з центром у початку координат прийнято представляти наступним чином [29]:

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{bmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & d & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

Матрицю неоднорідного масштабування з коефіцієнтом  $a$  вздовж осі  $X$  та коефіцієнтом  $d$  вздовж осі  $Y$  з центром у точці  $N(m, n)$  представляють виразом:

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{bmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & d & 0 \\ (1-a)m & (1-d)n & 1 \end{bmatrix}. \quad (4.14)$$

З геометричної точки зору центр масштабування може бути вибраний випадковим чином, і навіть може не належати масштабованому об'єкту [29]. Проте, таке твердження справедливе лише за відсутності додаткових умов щодо розподілу величин переміщень вихідних точок у шуканій конструкції відносно положення точок у вихідній. Крім того, коефіцієнт масштабування в такому випадку повинен бути розрахований на основі величин, які не залежать від координат об'єкта – за формулою (4.10). Адже величини переміщень за осями координат прямо пропорційні вихідним розмірам об'єкта: якщо порівняти праві частини виразів (4.7) та (4.9), та виконати необхідні перетворення, отримаємо функціональні залежності:

$$\Delta x_0 = x_0(a-1), \quad \Delta y_0 = y_0(d-1). \quad (4.15)$$

Тоді, якщо прийняти, що коефіцієнти масштабування  $a$  та  $d$  є сталими величинами, а координати  $x, y \in R$ , то, при нескінченному зростанні значення координат, границі функцій (4.15) дорівнюють:

$$\lim_{x_0 \rightarrow \infty} \Delta x_0 = \infty, \quad \lim_{y_0 \rightarrow \infty} \Delta y_0 = \infty. \quad (4.16)$$

Отже, для адаптації способу масштабування для отримання конструкції виробу на основі існуючої конструкції іншого виду виробу, необхідно визначити центр масштабування і визначити закономірність зміни величини коефіцієнтів масштабування залежно від зміни фігури і прибавок на свободу облягання [32–34]. Тоді математична модель масштабування для отримання конструкцій одягу різних видів полягає у формальному вираженні розрахунку коефіцієнтів масштабування для кожної з осей координат відносно встановленого центру масштабування.

За рекомендаціями з практичного конструювання одягу [6, 23, 36, 37] для конструкцій жіночого плечового одягу характерний нерівномірний розподіл частин загальної прибавки на вільне облягання по лінії грудей на ділянках пілочки, спинки, пройми. Звідси слідує необхідність масштабувати деталі пілочки та спинки окремо і з різними коефіцієнтами масштабування вздовж осі  $x$ .

З формули (4.9) випливає висновок про те, що коефіцієнти масштабування можуть бути визначені як відношення координат проектованої конструкції до координат вихідної конструкції. При чому, якщо і абсциси, і ординати усіх конструктивних точок, що визначені відносно центру масштабування, який належить деталі, належать проміжку  $[0, \infty)$ , то формула (4.10) перетворюється у вирази:

$$a = \frac{x_{1\max}}{x_{0\max}}, \quad d = \frac{y_{1\max}}{y_{0\max}}, \quad (4.17)$$

де  $x_{1\max}, y_{1\max}$  – габаритні розміри конструкції шуканого виду виробу, см;  $x_{0\max}, y_{0\max}$  – габаритні розміри конструкції вихідного виду виробу, см.

Звідси випливає, що якщо центр масштабування лежить всередині деталі, то для розрахунку коефіцієнтів масштабування для кожного напрямку осей координат, вихідну деталь потрібно розбити на окремі частини і масштабування кожної виконувати окремо.

У роботі [27] встановлено, що напрями і величини переміщення конструктивних точок залежать від положення осей градації. За основне положення осей при виконанні силуетної трансформації за принципом градації в працях [27, 28, 38] обрано лінію грудей (горизонталь) та лінію бічного зрізу (вертикаль). Відповідно точка перетину вказаних осей визначає координати центру масштабування.

Конструкція стану виробу може бути побудована за різними методиками, які відрізняються між собою. Як результат, конфігурація отриманих деталей також різна. Проте, конструкція виробу має найкраще відповідати тілобудові людини незалежно від методики конструювання. Тому на першому етапі розрахунок коефіцієнтів доцільно представити залежним від особливостей методики, а у подальших дослідженнях прийняти середньозважене його значення. Тоді коефіцієнт масштабування деталі вздовж осі  $X$  може бути визначений як середньоарифметичне значення коефіцієнтів масштабування вздовж осі  $X$  точок, що належать масштабованій деталі. Відповідно коефіцієнт масштабування частини деталі вздовж осі  $Y$  у додатному (від'ємному) напрямі – середньоарифметичне значення коефіцієнтів масштабування вздовж осі  $Y$  для тих точок, що лежать вище (нижче) лінії розрізання.

Таким чином, сукупність формул розрахунку координат вузлових точок та коефіцієнтів масштабування (формула (4.18)) складають математичний апарат масштабування для отримання конструкцій одягу різних видів:

$$k_x = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}, \quad k_y = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m}, \quad (4.18)$$

де  $a = x_1 / x_0$  – коефіцієнт масштабування вздовж осі  $X$  для  $i$ -ї конструктивної точки;  $d = y_1 / y_0$  – коефіцієнт масштабування вздовж осі  $Y$  для  $i$ -ї конструктивної точки;  $n$  ( $m$ ) – кількість конструктивних точок, що лежать в напрямі осі масштабування  $X$ ,  $Y$ .

#### 4.1.3. Дослідження процесу масштабування віртуальної форми виробу

Для визначення коефіцієнтів масштабування, проаналізовано схему перерізу одягненого манекена (рис. 4.1) [38].

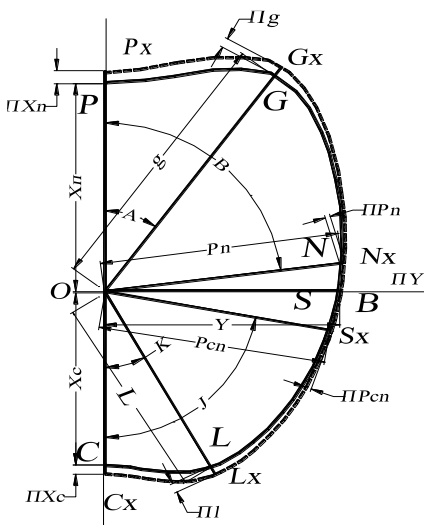


Рис. 4.1. Схема перерізу одягненого манекена по лінії грудей

На кожному із основних горизонтальних перерізів обрано вузлові точки. Так, для перерізу по лінії грудей обрано проекції наступних точок:  $G$  – соскова точка;  $N$  – передній кут пахвової впадини;  $S$  – задній кут пахвової впадини;  $P$  – середньогрудинна точка;  $C$  – точка середини спини;  $B$  – бічна точка;  $L$  – лопаткова точка [15];  $x_n, p_n, g, y, x_c, L, p_{cn}$  – довжини полярних радіусів;  $П_{xn}, П_g, П_{pn}, П_y, П_{xc}, П_l, П_{pcn}$  – прибавки на вільне облягання до довжин полярних радіусів;  $A, J, K, B$  – полярні кути;  $O$  – центр координат, центр перерізу манекена.

Для спрощення наступних розрахунків переріз розбито на перед і спинку. Для отримання математичних виразів обрано декартову систему координат, де вісь ординат  $Y$  відповідає полярному радіусу, що з'єднує центр координат (т.  $O$ ) з точкою середини спинки (пілочки), а вісь абсцис  $X$  – полярному радіусу, що з'єднує центр координат з бічною точкою перерізу.

Як видно з цього рисунка, довжини полярних радіусів віртуального виробу можуть бути розраховані як суми довжин відповідних полярних радіусів вихідного манекена і проекційних прибавок до них. З іншого боку, кожен полярний радіус масштабованого манекена є гіпотенузою відповідного прямокутного трикутника  $\Delta OG_xG$  ( $\Delta ON_xN$ ;  $\Delta OL_xL$ ;  $\Delta OS_xS$ ) в якому  $\angle G_x = 90^\circ$  ( $\angle N_x = 90^\circ$ ,  $\angle L_x = 90^\circ$ ,  $\angle S_x = 90^\circ$ ), а отже може бути визначений як сторона трикутника за правилами геометрії. При цьому довжини катетів відповідних трикутників визначаються з використанням правил тригонометрії, як довжини проєкцій відповідних полярних радіусів на осі координат, що перемножені на відповідні коефіцієнти масштабування. Тоді, довжина полярного радіуса масштабованого манекена може бути знайдена із теореми Піфагора. Шукані коефіцієнти масштабування є коренями наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} k_{xi} x_i = x_i + \ddot{I} \tilde{o}_i; \\ (g + \ddot{I} g)^2 = (g \sin Ak_y)^2 + (g \cos Ak_{xi})^2; \\ (p_n + \ddot{I} p_n)^2 = (p_n \sin Bk_y)^2 + (p_n \cos Bk_{xn})^2; \\ k_y y = y + \ddot{I} y; \\ k_{xc} x_c = x_c + \ddot{I} x_c; \\ (l + \ddot{I} l)^2 = (l \sin Jk_y)^2 + (l \cos Jk_{xc})^2; \\ (p_{cn} + \ddot{I} p_{cn})^2 = (p_{cn} \sin Kk_y)^2 + (p_{cn} \cos Kk_{xc})^2, \end{cases} \quad (4.19)$$

де  $k_{xn}$ ,  $k_{xc}$  – коефіцієнт масштабування переду (спинки) вздовж осі  $X$ ;  $k_y$  – коефіцієнт масштабування спинки і переду вздовж осі  $Y$ .

Шляхом математичних перетворень рівнянь системи отримано вираз:

$$\frac{(g + \ddot{I} g)^2 - (g \cos Ak_{xn})^2}{g^2 \sin^2 A} - \frac{(p_n + \ddot{I} p_n)^2 - (p_{cn} \cos \hat{A} k_{xn})^2}{p_{cn}^2 \sin^2 \hat{A}} = 0. \quad (4.20)$$

Аналогічні дії виконано для розрахунку коефіцієнта масштабування полярних радіусів тривимірного манекена вздовж осі абсцис:

$$\frac{(l + \ddot{I} l)^2 - (l \cos Jk_{xc})^2}{l^2 \sin^2 J} - \frac{(p_{cn} + \ddot{I} p_{cn})^2 - (p_{cn} \cos \hat{A} k_{xc})^2}{p_{cn}^2 \sin^2 \hat{A}} = 0. \quad (4.21)$$

Отримані рівняння розв'язуються шляхом заміни окремих елементів на складові квадратного рівняння. При цьому із виразів (4.20) та (4.21) знаходяться можливі корені  $k_{xn}$  та  $k_{xc}$ , а вони у свою чергу дозволяють розрахувати значення коефіцієнта масштабування  $k_y$ . Проте, таким чином отримано декілька відмінних одне від одного значень коефіцієнтів масштабування вздовж осі ординат, крім того з виразів, що належать системі рівнянь (4.19) випливає, що:

$$k_{xi} = 1 + \frac{\ddot{I} \tilde{o}_i}{x_i}, \quad k_{xc} = 1 + \frac{\ddot{I} \tilde{o}_c}{x_c}, \quad k_y = 1 + \frac{\ddot{I} y}{y}. \quad (4.22)$$

Тому кінцеві значення коефіцієнтів масштабування вздовж кожної осі доцільно визначати як середні значення розрахованих однойменних коефіцієнтів.

Масштабування забезпечує зміну розміру вихідного об'єкта, що тягне за собою врахування величини прибавки за відповідними конструктивними поясами. Тому доцільно розрахувати коефіцієнти масштабування для одягу різного ступеню прилягання до фігури. Обрано два силуети жіночого одягу: прилягаючий та напівприлягаючий, оскільки лише для них є наявні рекомендації по вибору проекційних прибавок до полярних радіусів [15, 40, 41]. Для розрахунків підготовлено масив вихідних даних, що складається з величин полярних радіусів (вузлова точка переду, спинки та бічна – на лінії талії та стегон, і вузлові точки на лінії підпахової впадини – по лінії грудей), а також встановлених відповідних їм приростів і кутів (рад) по відношенню до середини спинки чи пілочки відповідно. Всі виміри та розрахунки експериментальних коефіцієнтів масштабування виконані для віртуального манекена типової тілобудови розміру 164–88–92 (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Матриця експериментальних коефіцієнтів масштабування

Силует	Літературне джерело	Коефіцієнт масштабування								
		Лінія грудей			Лінія талії			Лінія стегон		
		$k_{xc}$	$k_{xn}$	$k_y$	$k_{xc}$	$k_{xn}$	$k_y$	$k_{xc}$	$k_{xn}$	$k_y$
Напівприлягаючий	M1 [15]	1,087	1,07	1,016	1,250	1,130	1,009	1,103	1,086	1,000
	M2 [40]	1,095	1,098	1,001	1,120	1,120	1,012	1,108	1,140	1,000
	M3 [41]	1,068	1,046	1,004	1,140	1,160	1,005	1,084	1,110	1,000
	Середнє арифметичне	1,083	1,071	1,007	1,170	1,130	1,008	1,098	1,112	1,000
Прилягаючий	M1 [15]	1,032	1,033	1,012	1,470	1,150	1,000	1,043	1,045	1,000
	M2 [40]	1,070	1,078	1,000	1,125	1,110	1,031	1,081	1,110	1,000
	M3 [41]	1,059	1,046	1,027	1,110	1,130	1,001	1,081	1,085	1,000
	Середнє арифметичне	1,053	1,052	1,013	1,235	1,130	1,011	1,068	1,080	1,000

Для оцінки адекватності отриманих розрахунковим шляхом коефіцієнтів масштабування, знайдені експериментальні значення приростів полярних радіусів. З цією метою виконано масштабування основних горизонтальних перерізів віртуального манекена, побудованого в середовищі Rhinoceros з використанням коефіцієнтів, що отримані як середні арифметичні значення розрахованих за літературними джерелами коефіцієнтів масштабування. Для масштабування використано команду Non-Uniform Scale (неоднорідне масштабування). На запит редактора щодо коефіцієнтів масштабування послідовно введені розраховані значення коефіцієнтів  $k_{xc}$ ,  $k_{xn}$ ,  $k_y$  та  $kz = 1$  (масштабування здійснюється лише в горизонтальних напрямках). За даними розрахунків  $k_{xn} \neq k_{xc}$ , а отже одночасно виконати масштабування переду і спинки – неможливо. Тому виконано попереднє розбиття перерізів манекена ріжучою фронтальною площиною (Cutting Plane), що проходить через центр координат.

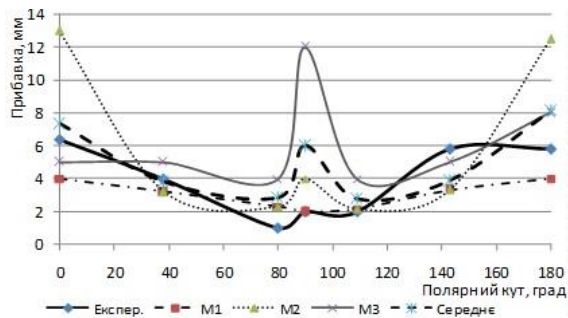
Центр масштабування  $K_m$  – це точка, що лежить на осі перетину середньо-сагітальної і фронтальної площини, задана координатами  $(0, 0, z_n)$ , де  $z_n$  – апліката відповідного перерізу. За даними [15, 40, 41] побудовано графіки залежності приросту величини полярного радіусу від полярного кута по трьох основних перерізах манекена, для прилягаючого (див. рис. 4.2) та напівприлягаючого (див. рис. 4.3) силуетів, відповідно.

Для встановлення адекватності отриманих графічних залежностей використано критерій Фішера [42]. Оскільки  $F_p = 1,04...2,31 < F_T = 3,3$ , то використання коефіцієнтів масштабування забезпечує отримання такої ж об'ємно-силуетної форми віртуального виробу, як і при використанні проекційних прибавок до полярних радіусів у розглянутих літературних джерелах [40, 15, 41].

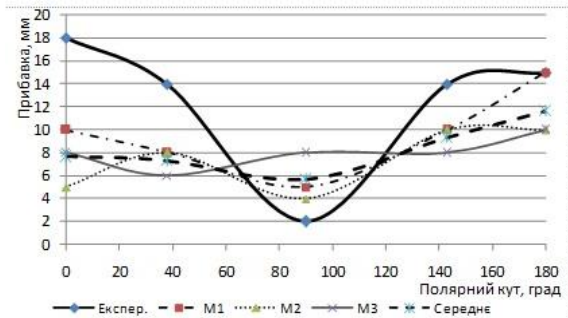
Таким чином, отримані вирази (4.20) – (4.22) можуть бути використані для розрахунку коефіцієнтів масштабування за представленими в літературних джерелах значен-

нями довжин полярних радіусів, кутів, що характеризують їх розміщення, та приростів до відповідних полярних радіусів.

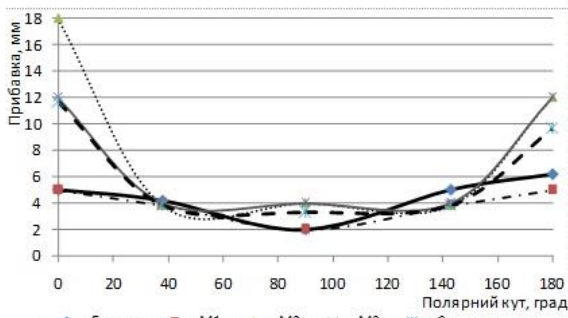
Оскільки при побудові об'ємно-силуетної форми виробу передбачається отримання певної величини силуетної прибавки (заданої проектною ситуацією), то доцільно припустити, що величина прибавки прямо залежить від величини коефіцієнтів масштабування. Проте при побудові об'ємної віртуальної форми у якості вихідних даних задають величину прибавки, а значення коефіцієнтів масштабування – невідомі.



а

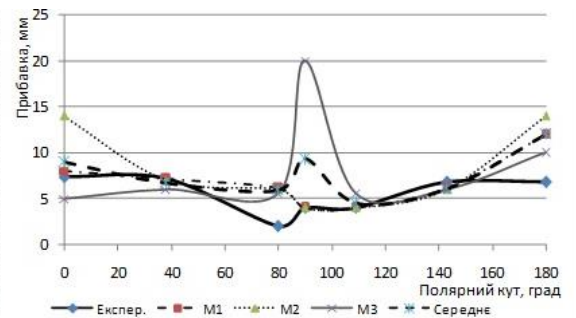


б

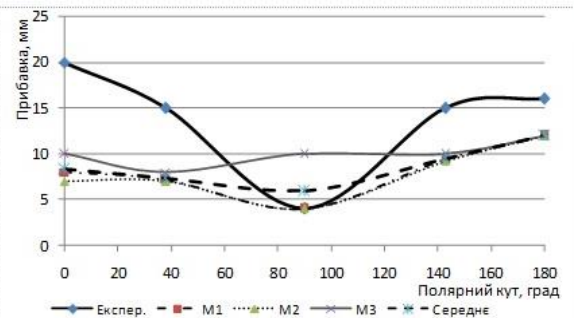


в

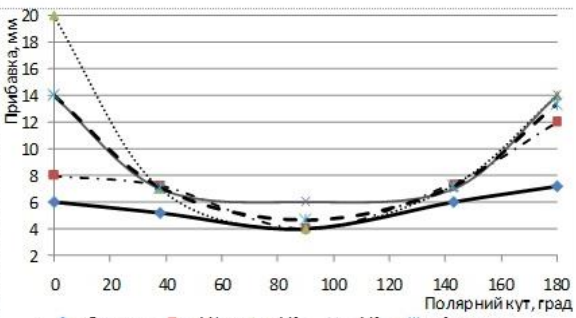
**Рис. 4.2. Графіки залежності приросту полярного радіуса від полярного кута для прилягаючого силуету а) по лінії грудей; б) талії; в) стегон**



а



б



в

**Рис. 4.3. Графіки залежності приросту полярного радіуса від полярного кута для напівприлягаючого силуету: а) по лінії грудей; б) талії; в) стегон**

Вихідна гіпотеза дослідження базується на припущенні про те, що коефіцієнт масштабування залежить від бажаної величини прибавки до відповідного обхвату (перерізу) і від величини перерізу манекена. В результаті експерименту отримано залежності коефі-

цієнтів масштабування від величин обхватів ( $O_z$ ,  $O_m$ ,  $O_c$ ) і прибавок до них ( $П_z$ ,  $П_m$ ,  $П_c$ ), по трьох досліджуваних перерізах (табл. 4.6) [38, 43].

Таблиця 4.6

## Рівняння залежностей коефіцієнта масштабування від прибавок і величини обхвату

Рівень	Коефіцієнт масштабування	Рівняння	$R^2$
грудей	$k_{xc}$	$0,022П_z - 0,001O_z + 1,093$	0,968
	$k_{xm}$	$0,0188П_z - 0,00068O_z + 1,062$	0,981
	$k_y$	$0,00216П_z - 0,00016O_z + 1,01$	0,900
талії	$k_{xc}$	$0,019П_m - 0,00098O_m + 1,087$	0,750
	$k_{xm}$	$0,0164П_m - 0,00151O_m + 1,118$	0,850
	$k_y$	$0,0014П_m - 0,00029O_m + 1,02$	0,920
стегон	$k_{xc}$	$0,021П_c - 0,00035O_c + 1,03$	0,996
	$k_{xm}$	$0,025П_c - 0,00052O_c + 1,047$	0,994
	$k_y$	1,000	1,000

З урахуванням результатів викладених досліджень розроблено алгоритм методу побудови віртуальної моделі виробу масштабуванням, що передбачає наступну послідовність дій:

1. Розбиття перерізів на дві частини (рис. 4.4).

2. Розрахунок коефіцієнтів масштабування (див. табл. 4.6).

3. Послідовне масштабування частин перерізів відповідно до розрахованих коефіцієнтів масштабування по лінії грудей, талії та стегон (рис. 4.5). Вказується частина перерізу, яка масштабується, та обирається опція масштабування Non-Uniform Scale. Для масштабування перерізу переду використовують коефіцієнти  $k_{xm}$  та  $k_y$ , а для масштабування перерізу спинки –  $k_{xc}$  та  $k_y$ .

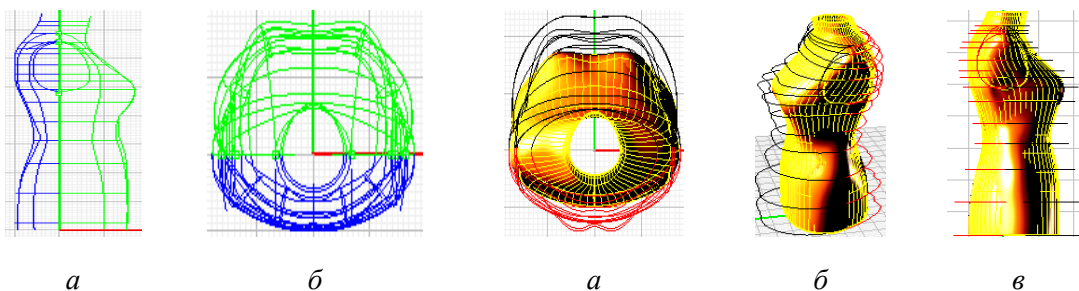


Рис. 4.4. Етапи розбиття перерізів на дві частини – вигляд:  
а) збоку; б) зверху

Рис. 4.5. Масштабування частин перерізів:  
а) вигляд зверху;  
б) перспектива; в) вигляд збоку

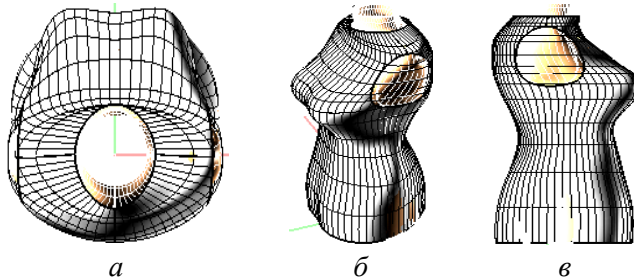
Перерізи від лінії горловини до грудей масштабують як на лінії грудей, від лінії грудей і до лінії талії – за середнім значенням коефіцієнта масштабування по лінії грудей та талії, і відповідно між талією і стегнами – за середнім значенням між двома перерізами.

4. Послідовне перетворення розбитих перерізів у замкнені криві.

5. Генерування поверхні виробу за допомогою команди Loft (див. рис. 4.6).

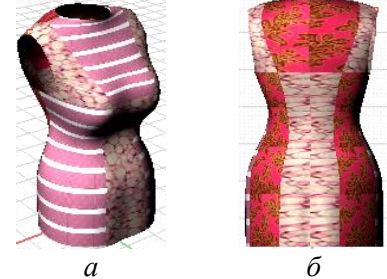
6. Розрізання поверхні виробу на деталі і задання текстури матеріалу (див. рис. 4.7).

Поверхня, побудованого манекена зовнішньої форми розрізається на окремі деталі з використанням команд панелі Surface, Cutting Plane та Split. Розрізана поверхня розгортається за допомогою опції Squish з налаштуваннями, що відповідають властивостям обраного матеріалу.



**Рис. 4.6. Генерування поверхні виробу командою Loft:**

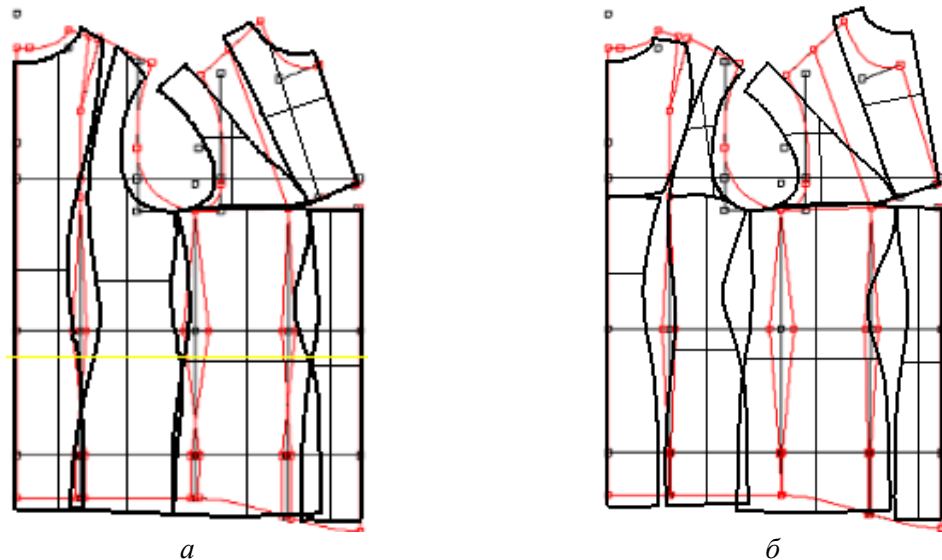
*a)* вигляд зверху; *б)* перспектива; *в)* вигляд збоку



**Рис. 4.7. Розрізані деталі виробу виконані в матеріалі:**

*a)* перспектива; *б)* вигляд ззаду

Для перевірки відповідності побудованої модельної конструкції виробу методом масштабування, у САПР «Грация» розроблено алгоритм побудови модельної конструкції виробу за методикою ЄМКО РЕВ [36]. Базова конструкція побудована на розміро-зріст 164–88–92, з використанням рекомендованих прибавок для прилягаючого (рис. 4.8, *a*) та напівприлягаючого (рис. 4.8, *б*) силуетів.



**Рис. 4.8. Комплексне креслення розгортки жіночого плечового одягу на розмір 164–88–92 у середовищі Rhinoceros та модельної конструкції у САПР «Грация»:**

*a)*  $P_z = 6,2$ ;  $P_m = 4,7$ ;  $P_c = 5,4$ ; *б)*  $P_z = 9,7$ ;  $P_m = 10,7$ ;  $P_c = 10,7$

Відхилення загальної площі розгортки виробу, отриманого методом масштабування від загальної площі деталей конструкції виробу, що побудована за методикою ЄМКО РЕВ у САПР «Грация» становить 1,3 %, що свідчить про можливість використання розрахованих коефіцієнтів масштабування для проектування віртуальних моделей одягу та їх розгортки.

#### **4.1.4. Дослідження проектування конструкцій різних видів одягу масштабуванням**

Для обґрунтування вибору центру масштабування доцільно використати доведення від супротивного і припустити можливість масштабування відносно декількох різних центрів: у вершині бокового зрізу, в нижній точці бокового зрізу, у вершині нагрудної виточки.

Початок координат для виконання розрахунків перенесено у центр масштабування. Для кожного варіанта масштабування визначені координати вузлових конструктивних точок відносно центру масштабування. Вимірювання виконані на базових конструкціях жіночого жакета і пальта, побудованих на розмір 164–88–92 за методикою конструювання ЄМКО РЕВ [36] (при цьому використовувались готові алгоритми у САПР «Julivi» і «Грация»). Для безпосереднього визначення координат використані інструменти вимірювання відповідних САПР для визначення величин відстаней (проекцій відстаней) між точками.

Алгоритми побудови конструкцій різних систем використовують для проміжних та кінцевих побудов і розрахунків величини відрізків з різною точністю: САПР «Julivi» – з точністю до 0,01 см, а САПР «Грация» – з точністю до 0,00001 см, тому координати вузлових точок відрізняються.

Коефіцієнти визначені окремо для напряму масштабування вздовж осі  $X$  і вздовж осі  $Y$ . Коефіцієнти, представлені в таблиці 4.7, розраховані як середнє арифметичне значення всіх коефіцієнтів отриманих в результаті ділення однойменних координат, які відповідають конструктивним точкам різних виробів. Залежно від центру масштабування (початку координат) змінюється кількість коефіцієнтів масштабування для кожного окремого випадку (табл. 4.7): 1 – один коефіцієнт масштабування вздовж осі  $X$  і два різних коефіцієнти для нижньої і верхньої частини деталі – вздовж осі  $Y$ ; 2 – по одному коефіцієнту вздовж кожної осі; 3 – по два коефіцієнти вздовж осі  $X$  і вздовж осі  $Y$ .

Таблиця 4.7

**Матриця коефіцієнтів масштабування пілочки**

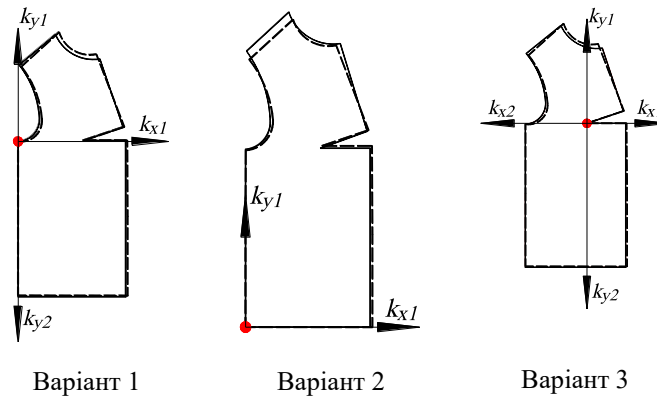
Центр масштабування	Напрямок масштабування	Коефіцієнт			
		$k_{x1}$	$k_{x2}$	$k_{y1}$	$k_{y2}$
1. Вершина бічного зрізу	Пальто→жакет	0,934	–	0,912	1,020
	Жакет→пальто	1,071	–	1,098	0,980
2. Нижня точка бічного зрізу	Пальто→жакет	0,934	–	0,995	–
	Жакет→пальто	1,071	–	1,005	–
3. Вершина нагрудної виточки	Пальто→жакет	0,956	0,906	0,907	1,021
	Жакет→пальто	1,046	1,111	1,105	0,969

Дисперсійний аналіз координат конструкцій отриманих масштабуванням показує можливість використання в якості центру масштабування будь-яку із розглянутих конструктивних точок, оскільки розрахунковий критерій Фішера менший його табличного значення для всіх розглянутих варіантів масштабування.

Для візуального порівняння конфігурації деталей виконано масштабування деталей пілочки відносно розглянутих центрів. Для масштабування обрано графічний редактор AutoCAD, в якому є вбудована функція масштабування блоків (у цьому випадку блоком виступає деталь).

Вихідну деталь пілочки розбито на частини для масштабування за варіантами: 1 – горизонталлю, що проходить через вершину бічного зрізу на верхню і нижню частини пілочки; 2 – розбиття не передбачено; 3 – горизонталлю, що проходить через центр нагрудної виточки на верхню і нижню частини, а вертикаллю, що проходить через центр нагрудної виточки – наліву і праву (таким чином, при варіанті 3 утворюється чотири частини вихідної деталі).

У вікні зміни властивостей об'єкта внесені відповідні попередньо розраховані величини коефіцієнтів масштабування для кожної частини деталі. Далі виконано суміщення частинок деталей та об'єднання у єдину деталь пілочки нового виду виробу. Отримані деталі та попередньо побудовані деталі пілочок суміщені відносно центрів масштабування (рис. 4.9).



**Рис. 4.9. Порівняння деталей пілочки пальця (масштабованої і побудованої за методикою ЄМКО РЕВ)**

Як видно із рис. 4.9 (варіант 2), при такому масштабуванні відносно нижньої точки бічного зрізу довжина пройми суттєво відрізняється від розрахованої величини, що може негативно відзначитись на якості посадки виробу на фігурі. Варіанти 1 та 3 забезпечують однакову форму деталі, але при цьому варіант 3 більш трудомісткий. Відповідно до нього, деталь попередньо потрібно розбити на чотири ділянки і провести масштабування кожної з них окремо, використовуючи при цьому два різні коефіцієнти масштабування вздовж осі  $X$  і два коефіцієнти – вздовж осі  $Y$ . Таким чином, можна зробити висновок, що найбільш доцільним центром масштабування слід вважати вершину бічного зрізу деталі. Відповідно для деталі спинки попередній експеримент виконано відносно бічного зрізу деталі. Дисперсійний аналіз координат конструкції спинки отриманої шляхом масштабування підтверджує можливість використання в якості центру масштабування вершину бічного зрізу, оскільки розрахунковий критерій Фішера менший його табличного значення.

Аналіз площ деталей отриманих шляхом побудови за методикою конструювання (ЄМКО РЕВ [36]) і за допомогою масштабування (відповідно до варіанта 1) підтверджує можливість використання запропонованого методу для отримання конструкції різних видів одягу, оскільки відхилення площі складає менше 1 %. Загальноприйнята величина похибки у швейній промисловості становить 5 %, а отже отримана величина похибки не вплине на якість посадки виробу на фігурі людини.

Для подальших досліджень закономірностей зміни величини коефіцієнтів масштабування залежно від розміру, прибавок на свободу облягання та особливостей методики конструювання доцільно використовувати математичне моделювання координат конструктивних точок відносно визначеного центру масштабування. Обраний центр масштабування є початком координат.

На першому етапі дослідження виконана регламентація вузлових точок переходу для кожної з методик конструювання (див. табл. 4.8), презентативних відносно конфігурації деталі (див. рис. 4.10) [36]. Формування масиву вихідних даних розрахунку коефіцієнтів масштабування виконано на основі чотирьох методик конструювання: ЄМКО РЕВ [36], ЦНДШП [10], «Мюллер і син» [43] і методика автора Уніфред Алдріч [4].

Відповідно до особливостей розрахунку відрізків конструкції за обраними методиками отримані формули визначення координат точок, які можуть бути використані для будь-якого розміро-зросту і виду одягу з використанням відповідних величин прибавок. У таблиці 4.9 представлено формули розрахунку координат однієї вузлової точки за чотирма методиками конструювання.

Таблиця 4.8

**Типова схема розташування вузлових точок в конструкції деталі**

Методика	Конструктивні точки пілочки											Конструктивні точки спинки								
	1п	2п	3п	4п	5п	6п	7п	8п	9п	10п	11п	1с	2с	3с	4с	5с	6с	7с	8с	9с
ЄМКО РЕВ	14	16	17	37	371'	371	47	57	541	441	341	14	121	11	31	411	511	541	441	341
ЦНДІШП	$P_5$	$A_9$	$A_4$	$A_5$	$\Gamma_3$	$T_3$	$B_3$	$B_2$	$T_2$	$T_2$	-	$P_1$	$A_2$	$A$	$\Gamma$	$T$	$B$	$B_2$	$T_2$	$T_2$
Уніфіред Алдріч	28	22	21	18	19	14	15	16	30	29	31	13	12	1	5	2	4	31	30	29
Мюллер і син	27	32	25	30	31	13	37	41	44a	43a	11a	19	16	1	9	3	40	44	43	11

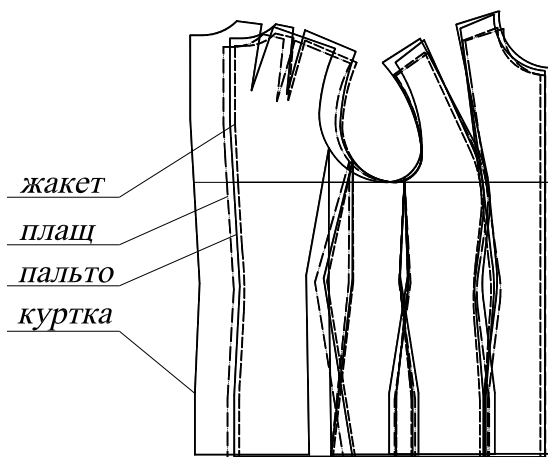


Рис. 4.10. Комплексне креслення видів виробів жіночого верхнього одягу

Таблиця 4.9

**Приклад розрахунку координат вузлових точок (точка 5п)**

Методика	Формула	
	X	Y
ЄМКО РЕВ	$0,38(T_{37}+P_{33-35})+0,5(T_{45}+T_{15}-T_{14}-1,2)+P_{35-37}-a_{17}$	$T_{36}-T_{35}-T_{40}+T_{39}+P_{33-331}+P_{11-31}+P_{46-36}-P_{11-41}$
ЦНДІШП	$A_0\dot{a}_1 - A_0\dot{a} - 0,5\dot{a}\dot{a}_2 =$ $= 0,5(\tilde{N}_{\dot{a}22} - \tilde{N}_{\dot{a}2} + \tilde{N}_{\dot{a}} - \phi_{\tilde{n}} - \phi_{\tilde{a}} + \dot{I}_{\tilde{a}} - \dot{I}_{\phi\tilde{i}} + 0,3)$	0
Уніфіред Алдріч	$X_{14}$	$B_{npz} - 0,2O_{ш} + P_{роз} + 4,75$
Мюллер і син	$X_{13}$	$Y_{37} + D_{mш} - D_{сc} - 1,75$

Для визначення коефіцієнтів масштабування для будь-якого заданого розміру зросту та величини прибавок необхідно і достатньо скористатися формулами, вихідними даними для яких є **розмірні ознаки**:

- $T_{40}, T_{36}, T_{35}, T_{39}, T_{47}, T_{57}, T_{45}, T_{15}, T_{14}, T_7, T_{12}, T_{46}$  [36];
- $C_{2ш}, Ш_c, Ш_z, C_{2п}, D_{мсп}, B_{npzп}, C_{ш}, D_{mш}, C_m$  [10];
- $O_{сз}, D_{мс}, D_{тб}, B_{npz}, O_{ш}, Ш_n, Ш_c, P_{нв}, Ш_z$  [4];
- $O_b, B_b, D_{mшп}, Ш_c, Ш_{np}, Ш_z, D_{сн}, \Gamma_{np}, Ш_c, \Gamma_{np}, Ш_n$  [43];

а також **прибавки**:

- $P_{11-41}, P_{46-36}, P_{11-31}, P_{31-33}, P_{33-35}, P_{35-37}, P_{47-57}, P_{47-46}, P_{33-331}$  [36];
- $P_2, P_m, P_b, P_{шп}, P_{шс}, P_{сnp}, P_{отс}, P_{шг}, P_{вс}$  [10];
- $P_{сз}, P_{отс}, P_{отб}, P_{вnpz}, P_{шп}, P_{шс}, P_{шг}, P_{роз}$  [4];
- $P_{сnp}, P_{шс}, P_{об}, P_b, P_{вс}$  - [43].

Таким чином, з огляду на значну кількість необхідних вихідних даних та громіздкість формул, навіть з використанням часткової автоматизації, що забезпечується можливостями MsExcel, розрахунки трудомісткі і не можуть бути використані в процесі промислового проектування одягу.

Таблиця 4.10

## Рівняння залежностей коефіцієнта масштабування від прибавок і розмірних ознак

Напрямок масштабування	Деталь	Коефіцієнт	Рівняння	$R^2$
Жакет→пальто	Пілочка	$k_1$	$1,477 - 0,02P_{\text{Ж}} + 0,022P_{\text{П}} - 0,0015T_{16}$	0,892
		$k_2$	$1,267 - 0,01(0,138T_1 - 0,1T_{16} + 0,1T_{19})$	0,608
	Спинка	$k_4$	$1,007 - 0,023P_{\text{Ж}} + 0,021P_{\text{П}}$	0,998
Пальто→жакет	Пілочка	$k_1$	$0,961 + 0,021P_{\text{Ж}} - 0,019P_{\text{П}}$	0,988
		$k_2$	$0,826 + 0,01(0,118T_1 - 0,044T_{19})$	0,770
	Спинка	$k_4$	$0,995 + 0,018P_{\text{Ж}} - 0,015P_{\text{П}}$	0,977
Жакет→куртка	Пілочка	$k_1$	$0,933 - 0,017P_{\text{Ж}} + 0,019P_{\text{К}}$	1,000
		$k_2$	$1,265 + 0,01(0,1T_{16} - 0,137T_1 - 0,1T_{19})$	0,603
	Спинка	$k_4$	$1,054 - 0,02P_{\text{Ж}} + 0,015P_{\text{К}}$	1,000
Куртка→жакет	Пілочка	$k_1$	$0,933 + 0,017P_{\text{Ж}} - 0,012P_{\text{К}}$	0,992
		$k_2$	$0,876 + 0,01(0,095T_1 - 0,056T_{19})$	0,798
	Спинка	$k_4$	$0,989 + 0,016P_{\text{Ж}} - 0,011P_{\text{К}}$	0,998
Куртка→пальто	Пілочка	$k_1$	$0,9359 - 0,0131P_{\text{К}} + 0,0169P_{\text{П}}$	0,994
		$k_2$	$1,0014 + 0,01(0,02P_{\text{П}} - 0,0017T_1 - 0,01P_{\text{К}})$	0,750
	Спинка	$k_4$	$0,9749 - 0,0152P_{\text{К}} + 0,0176P_{\text{П}}$	0,997
Пальто→куртка	Пілочка	$k_1$	$0,9923 + 0,0176P_{\text{К}} - 0,0202P_{\text{П}}$	1,000
		$k_2$	$0,9986 + 0,01(0,0017T_1 + 0,01P_{\text{К}} - 0,02P_{\text{П}})$	0,750
	Спинка	$k_4$	$1,05 + 0,019P_{\text{К}} - 0,022P_{\text{П}}$	0,999
Плащ→пальто	Пілочка	$k_1$	$0,944 - 0,02P_{\text{Пл}} + 0,018P_{\text{П}}$	0,997
		$k_2$	$1,269 + 0,01(0,1T_{16} - 0,14T_1 - 0,1T_{19})$	0,614
	Спинка	$k_4$	$1,011 - 0,02P_{\text{Пл}} + 0,021P_{\text{П}}$	0,996
Пальто→плащ	Пілочка	$k_1$	$0,949 + 0,019P_{\text{Пл}} - 0,017P_{\text{П}}$	0,998
		$k_2$	$0,879 + 0,01(0,097T_1 - 0,063T_{19})$	0,794
	Спинка	$k_4$	$0,972 + 0,019P_{\text{Пл}} - 0,013P_{\text{П}}$	0,991
Плащ→куртка	Пілочка	$k_1$	$0,974 - 0,019P_{\text{Пл}} + 0,018P_{\text{К}}$	0,988
		$k_2$	$1,261 + 0,01(0,106T_{16} - 0,138T_1 - 0,1T_{19})$	0,785
	Спинка	$k_4$	$1,031 - 0,019P_{\text{Пл}} + 0,016P_{\text{К}}$	0,998
Куртка→плащ	Пілочка	$k_1$	$0,953 + 0,017P_{\text{Пл}} - 0,014P_{\text{К}}$	0,975
		$k_2$	$0,876 + 0,01(0,095T_1 - 0,056T_{19})$	0,798
	Спинка	$k_4$	$0,999 + 0,016P_{\text{Пл}} - 0,012P_{\text{К}}$	0,993
Жакет→плащ	Пілочка	$k_1$	$0,97 - 0,021P_{\text{Ж}} + 0,02P_{\text{Пл}}$	0,997
		$k_2$	$0,9979 + 0,01(0,0023T_1 - 0,04P_{\text{Ж}} + 0,02P_{\text{Пл}})$	0,932
	Спинка	$k_4$	$1,014 - 0,024P_{\text{Ж}} + 0,021P_{\text{Пл}}$	0,996
Плащ→жакет	Пілочка	$k_1$	$0,97 + 0,02P_{\text{Ж}} - 0,018P_{\text{Пл}}$	0,991
		$k_2$	$0,9988 + 0,0004P_{\text{Ж}} - 0,0002P_{\text{Пл}}$	1,000
	Спинка	$k_4$	$0,969 + 0,022P_{\text{Ж}} - 0,018P_{\text{Пл}}$	0,999
Жакет→пальто; жакет→куртка; Плащ→пальто; плащ→куртка	Спинка	$k_5$	$1,096 - 0,01(0,002T_1 + 0,031T_{16} + 0,006T_{19})$	0,871
		$k_{3c}$	$0,983 + 0,01(0,034T_{19} - 0,003T_1 - 0,009T_{16})$	0,972
	Пілочка	$k_{3p}$	$0,994 + 0,01(0,003T_1 - 0,016T_{16} + 0,034T_{19})$	0,779
Пальто→жакет; куртка→жакет; Пальто→плащ; куртка→плащ	Спинка	$k_5$	$0,913 + 0,01(0,003T_1 + 0,028T_{16} + 0,003T_{19})$	0,884
		$k_{3c}$	$1,016 + 0,01(0,013T_{16} - 0,002T_1 - 0,025T_{19})$	0,875
	Пілочка	$k_{3p}$	$1,007 + 0,01(0,016T_{16} - 0,004T_1 - 0,028T_{19})$	0,716
Плащ→жакет; жакет→плащ; Куртка→пальто; пальто→куртка	Спинка	$k_5, k_{3c}$	1,000	1,000
	Пілочка	$k_{3p}$	1,000	1,000
Матрична конструкція→плащ	Пілочка	$k_1$	$1,064 - 0,001T_{16} + 0,019P_{\text{Пл}}$	0,789
		$k_2$	$1,3219 + 0,01(0,024P_{\text{Пл}} - 0,0688T_{16} - 0,0688T_{19})$	0,789
	Спинка	$k_4$	$0,789 + 0,001T_1 + 0,028P_{\text{Пл}}$	0,995

Продовження таблиці 4.10

Напрямок масштабування	Деталь	Коефіцієнт	Рівняння	$R^2$
Матрична конструкція→плащ; матрична конструкція→жакет	Пілочка	$k_{3p}$	$0,9941 + 0,01(0,0267T_1 - 0,0438T_{16} + 0,025T_{19})$	0,787
	Спинка	$k_5$	$1,456 - 0,01(0,175T_{16} + 0,075T_{19})$	0,967
		$k_{3c}$	$0,973 + 0,01(0,0183T_1 - 0,0563T_{16} + 0,0125T_{19})$	0,775
Матрична конструкція→жакет	Спинка	$k_4$	$0,846 + 0,01(0,107T_1 + 2,784P_{\text{жк}})$	0,997
	Пілочка	$k_1$	$1,0637 + 0,01(1,9412P_{\text{жк}} - 0,1T_{16})$	0,999
		$k_2$	$1,3275 + 0,01(0,0441P_{\text{жк}} - 0,0719T_{16} - 0,0719T_{19})$	0,780
Матрична конструкція→пальто	Пілочка	$k_1$	$1,0251 + 0,01(2,0625P_{\text{пл}} - 0,1T_{16})$	0,999
		$k_2$	$1,332 - 0,01(0,02T_1 + 0,075T_{16})$	0,771
	Спинка	$k_4$	$0,8004 + 0,01(0,4688T_{19} + 2,8854P_{\text{пл}} - 0,2625T_{16})$	0,996
Матрична конструкція→пальто; матрична конструкція→куртка	Пілочка	$k_{3p}$	$0,9772 + 0,01(0,0225T_1 - 0,0594T_{16} + 0,0906T_{19})$	0,785
	Спинка	$k_5$	$1,546 + 0,01(0,0219T_{19} - 0,0258T_1 - 0,2531T_{16})$	0,921
		$k_{3c}$	$0,9687 + 0,01(0,0167T_1 - 0,0625T_{16} + 0,0375T_{19})$	0,814
Матрична конструкція→куртка	Пілочка	$k_1$	$1,1425 + 0,01(0,5844P_{\text{жк}} - 0,1187T_{16})$	0,999
		$k_2$	$1,375 - 0,01(0,075T_{19} + 0,075T_{16})$	0,771
	Спинка	$k_4$	$1,1775 + 0,01(0,125T_1 - 0,2625T_{16} + 0,8656P_{\text{жк}})$	0,996

Для скорочення трудомісткості процесу, поставлене завдання знайти регресійні залежності між основними факторами впливу та коефіцієнтами масштабування. Тому розв'язання задачі проведено п'ятифакторний експеримент, для якого використано ортогональний центральний композиційний план другого порядку. Вибір п'яти найімовірніше найбільш значимих факторів (зріст –  $T_1$ , обхват грудей –  $T_{16}$ , обхват стегон –  $T_{19}$ , прибавка до обхвату грудей вихідного виробу та проектованого –  $P_{\text{вих}}$  та  $P_{\text{пр}}$ , відповідно) обґрунтований тим, що ці розмірні ознаки є ведучими в розмірній типології, а прибавка визначає силует і вид виробу [1].

Функції відгуку розраховані як середньоарифметичні значення коефіцієнтів масштабування для чотирьох методик конструювання [4, 10, 36, 43]. У результаті експерименту отримано залежності коефіцієнтів масштабування від розмірних ознак і прибавок по лінії грудей для вихідного і проектованого виробів (див. табл. 4.10). Отримані математичні моделі є адекватними, оскільки  $R^2 \rightarrow 1$ .

Таким чином, кожне рівняння дозволяє розрахувати коефіцієнти масштабування, в залежності від проектної ситуації, що характеризується заданням виду вихідного виробу та проектованого (тобто прибавками на вільне облягання по лінії грудей).

Алгоритм способу масштабування конструкції для отримання конструкції іншого виду виробу являє собою кінцевий набір правил, що дозволяють механічно вирішувати конкретне завдання розробки лекал проектованого виробу на основі наявних лекал іншого виду виробу. Масовість алгоритму забезпечується блоком введення даних, оскільки вихідні дані можуть змінюватися в певних межах (розміро-зріст, прибавки по лінії грудей вихідного та проектованого виробів).

Процес застосування правил до вихідних даних, тобто шлях розв'язання задачі, визначений досить однозначно, а саме через величини прибавок та розмірні ознаки. Така детермінованість алгоритму передбачає виконання послідовності, наведеної у таблиці 4.11.

Згідно з особливостями використання команди масштабування як у САПР («Julivi»), так і в середовищі графічного редактора (AutoCAD), масштабування відбувається відносно головного контуру лекала. Щоб величини припусків на шви залишились без змін, їх задають після виконання операцій масштабування.

Розрахунок коефіцієнтів масштабування доцільно виконувати в автоматизованому режимі. Для написання додатка обрано мову програмування Delfy, котра є алгоритмічною мовою програмування універсального призначення.

## Послідовність масштабування

Етап масштабування	Команда виконання у	
	САПР «Julivi»	AutoCAD
Групування деталей модельної конструкції у блоки пілочки та спинки	«Совместить точки лекал»	«Перенести» при ввімкненому режимі «Объектная привязка»
Розбиття деталей пілочки і спинки на верхню і нижню частини відносно горизонталі: проведеної через вершину бічного зрізу – для пілочки і спинки; на рівні глибини пройми – для рукава	«Прямая из точки», «Разрезать лекало на две части»	«Полилиния» при ввімкненому режимі «Орто» і «Разорвать в точке»
Вимірювання ширини виробу на лінії грудей, визначення величини прибавки на вільне облягання по лінії грудей $P = 2L - O_c$	«Расстояние между точками»	«Длина» у вікні «Свойства» або «Линейный» у спадному меню
Розрахунок коефіцієнтів масштабування за отриманими раніше залежностями або за допомогою програми «Scale factor»/ «Scale from garment block» (рис. 4.11)	Табл. 4.10	Табл. 4.10
Послідовне масштабування частин деталей	«Масштабировать лекало», у вікні параметрів масштабування ввести коефіцієнти по осях X та Y	Копіювання частин деталей і вставка їх «Вставить как блок», внесення коефіцієнтів масштабування вздовж осей X та Y у вікні властивостей об'єкта (блока)
Об'єднання частин деталей у кінцеві деталі пілочки та спинки	«Склеить два лекала»	Об'єднання частин деталей «Полилиния» або об'єднання «Редактировать полилинию»/«Соединить»
Корегування ширини лекал на рівнях талії і стегон, довжини лекал, відповідно, до виду та моделі проєктованого виробу	«Сместить точку по X», «Сместить точку по Y»	Корегування в режимі «ручок» при ввімкненому режимі «Объектная привязка»/ «Продолжение»

Розроблена комп'ютерна програма «Scale factor» – коефіцієнт масштабування – включає декілька простих алгоритмів. Кожний з них може бути викликаний із головного вікна програми натисканням на відповідну клавішу. Головне вікно програми «Scale factor» представлено на рис. 4.11 [32, 44, 45].

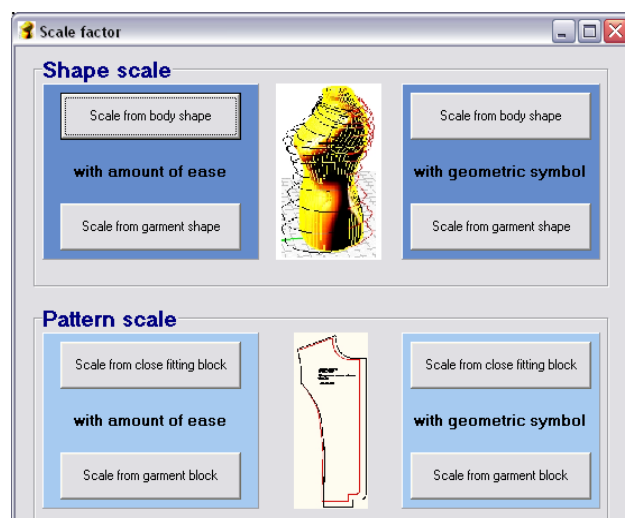


Рис. 4.11. Головне вікно програми «Scale factor»

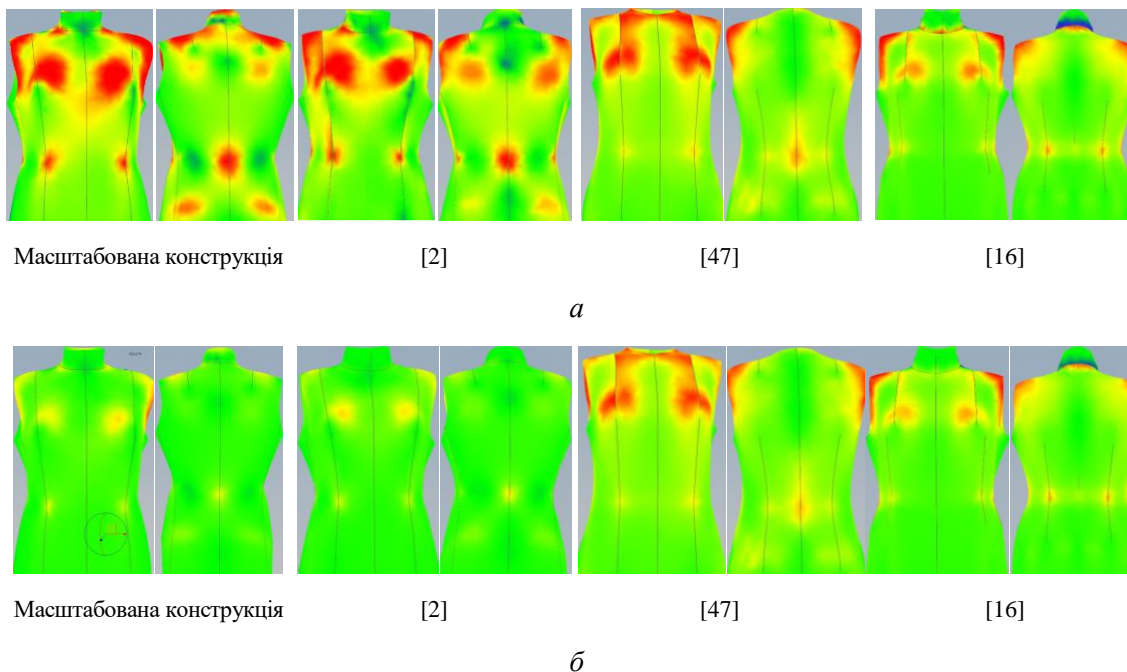
Вікно містить дві частини: «Shape scale» – масштабування форм, яке використовується для 3D-проєктування форми віртуального виробу, і «Pattern scale» – масштабування лекал – 2D-проєктування. Кожна частина включає в себе дві панелі. Кнопки на лівій панелі «З прибавками» представляють алгоритми розрахунку коефіцієнтів масштабування з використанням величин прибавок у формулах. Кнопки на правій панелі «За геометричним символом» представляють алгоритми розрахунку коефіцієнтів масштабування у тих випадках, коли величини прибавок невідомі. Натискання на кожену кнопку викликає наступне вікно. Назва вікна збігається з назвою кнопки.

Перевірку алгоритму побудови конструкції нового виду виробу масштабуванням доцільно виконувати з використанням віртуальних макетів виробів у середовищі САПР «JuliviClo3D», побудованих на розміро-зріст, який відповідає центру експерименту (164–88–92), способом масштабування та з використанням типової послідовності побудови лекал.

Для побудови вихідної конструкції жакета та конструкції пальта використано вбудовані алгоритми побудови базової конструкції плечового виробу у САПР «Julivi» (підсистема «Конструктор») за методикою ЄМКО РЕВ [2], «Мюллер і син» [43] та ЦНДШП [16]. Конструкція жакета перетворена у конструкцію пальта операціями масштабування у підсистемі «Конструктор». У середовищі «JuliviClo3D» отримано віртуальні макети пальта (з використанням масштабованої і побудованих конструкцій). Візуальний аналіз макетів свідчить про збереження типового вигляду окремих деталей і конструкції загалом при використанні методу масштабування.

У середовищі САПР «Julivi Clo3D» режим перегляду «Карта напружень» дозволяє оцінити силу тиску одягу на манекен у вказаній точці. Карта напружень представлена кольоровою діаграмою, в якій зелена область – це зона комфорту, червона – область тиску в точці, синя – область, вільна від тиску. Напруження вимірюється в  $gf/cm^2$  (кількість грамів, що тиснуть на квадратний сантиметр тіла).

Режим перегляду «Карта деформацій» дозволяє переглянути зміни форми одягу, що викликані напруженнями із попереднього аналізу. Клацання лівої клавіші миші у місцях найбільшого напруження чи деформації (зафарбовані червоним кольором) дозволяє виконати вимірювання у відповідних точках (рис. 4.12) [46].



**Рис. 4.12. Віртуальні макети жіночих пальт у картах: а) напружень; б) деформацій**

За даними дисперсійного аналізу (табл. 4.12) величини вимірювань напружень та деформацій різних віртуальних зразків виробів належать до єдиної генеральної сукупності. Тобто, макет виробу, конструкція якого отримана масштабуванням, не відрізняється від макетів виробів, конструкції яких отримані за допомогою класичних методик конструювання.

Таблиця 4.12

**Порівняльний аналіз віртуальних макетів побудованої та масштабованої конструкції пальта в «JuliviClo3D»**

Режим перегляду	Ділянка	Величина вимірювання макета, отриманого за					Дисперсія		Fp	Fm
		методом масштабування	методикою			середнє	середня	адекватності		
			[36]	[47]	[16]					
Карта напружень	I	135,55	129,88	98,66	135,55	129,88	1675,13	1363,73	1,23	8,90
	II	73,62	112,77	95,36	73,62	112,77				
	III	151,25	120,21	80,67	151,25	120,21				
Карта деформацій	I	102,28	102,52	104,17	103,06	103,25	1,64	0,80	2,05	8,90
	II	102,57	101,98	103,77	104,63	103,46				
	III	102,40	101,94	104,06	103,67	103,22				

Порівняльний аналіз площ деталей макета, конструкція якого отримана масштабуванням, з площами деталей макетів, конструкції яких побудовані за методиками конструювання, представлено у таблиці 4.13.

Таблиця 4.13

**Порівняльний аналіз площ деталей масштабованих та побудованих конструкцій різних видів одягу**

Величина відхилення площ при масштабуванні, %															
Матрична конструкція у:				Жакет у:			Плащ у:			Пальто у:			Куртка у:		
жакет	плащ	пальто	куртка	плащ	пальто	куртка	жакет	пальто	куртка	жакет	плащ	куртка	жакет	пальто	плащ
<i>Центральна частина спинки</i>															
13,50	14,15	18,71	6,48	4,81	5,26	2,31	-5,16	2,56	-1,64	0,26	5,19	1,18	7,55	1,69	11,25
<i>Бічна частина спинки</i>															
-27,07	-31,06	-22,47	-39,63	-1,33	7,11	-9,54	0,73	10,85	-7,68	-2,24	-3,42	-12,09	20,71	17,03	17,40
<i>Бічна частина пілочки</i>															
0,97	-1,63	1,95	-11,13	-4,78	10,79	-2,51	-0,31	-1,26	0,77	-5,81	-7,49	-5,57	0,17	1,51	-2,42
<i>Центральна частина пілочки</i>															
2,95	10,81	1,74	-4,04	5,20	8,44	2,93	-9,70	-12,43	-3,70	-3,94	4,17	1,82	-5,16	-5,89	2,07
<i>Всього по стану</i>															
2,01	2,32	4,81	-7,69	1,50	7,57	-0,71	-4,10	-0,47	-2,51	-2,5	0,42	-2,54	4,99	2,23	6,88
<i>Верхній рукав</i>															
1,48	8,00	-3,03	-2,89	6,60	-0,13	3,84	-9,31	-14,21	-3,44	2,77	11,82	9,60	-3,05	-10,06	4,15
<i>Нижній рукав</i>															
-6,48	-2,35	-12,78	-13,43	5,69	-2,15	1,01	-8,03	-15,49	-5,25	4,58	12,18	8,46	-0,80	-9,30	5,34
<i>Всього по рукаву</i>															
-1,27	4,39	-6,43	-6,59	6,28	-0,83	2,85	-8,87	-14,65	-4,07	3,40	11,94	9,20	-2,27	-9,79	4,56

Аналіз даних таблиці 4.13 свідчить про те, що площа окремих деталей спинки та пілочки, отриманих способом масштабування, відрізняється від площі побудованих за методикою конструювання деталей. Проте відсоток відхилення загальної площі деталей стану масштабованої і побудованої конструкцій лежить в межах допустимої в легкій промисловості похибки (5 %) за виключенням напрямів масштабування «матрична конструкція→куртка», «жакет→пальто», «куртка→плащ», в яких похибка лежить в межах 10 %. Такі відхилення пояснюються тим, що масштабування виконується з дотриманням лише габаритних параметрів конструкції, а повну відповідність силуетної форми на рівні ліній талії та стегон можна досягнути за допомогою корегування розхилів талієвих виточок та/або поздовжніх членувань.

Результати порівняння величин основних конструктивних параметрів конструкцій показують, що конструкція, отримана масштабуванням, найбільше відрізняється параметром «ширина горловини спинки», для якого відхилення перевищує інтервал варіювання типових методик за [48]. Відхилення інших параметрів входять до інтервалів варіювання. Це свідчить про те, що алгоритм побудови конструкції способом масштабування дозволяє отримати конструкцію виробу заданого розміру типової фігури, при використанні команди масштабування, вбудованої у САПР «Julivi».

## **4.2. Методичні основи сегментації деталей виробів-трансформерів**

Інваріантна модель виробу типологічного ряду – це виріб, довжина якого відповідає максимальній довжині, що характерна для однієї з моделей такого ряду. Тоді сегмент виробу-трансформера – це частина виробу, що утворюється відсіканням горизонтальною площиною від вихідного виробу [49].

Довжини окремих видів виробів типологічного ряду, відповідають типовим довжинам, що характерні для відповідних зростів, і не пов'язані між собою конкретним кроком зменшення (збільшення). Отже, сегменти виробу-трансформера – це різні за величиною (шириною та об'ємом) частини виробу, які характеризуються циліндричною формою (або наближеною до неї) і не мають самостійного функціонального призначення. При цьому перший сегмент утворюється в результаті трансформації вихідної моделі виробу-трансформера, а всі наступні – в порядку послідовного зменшення довжин виробів, що входять до ланцюга перетворення виробу.

Сегментація виробу-трансформера – процес нанесення горизонтальних ліній членувань, що забезпечують видозмінну трансформацію за рахунок розбиття вихідного виробу-трансформера на окремі сегменти.

### **4.2.1. Обґрунтування вибору факторів впливу на сегментацію виробів-трансформерів**

Для аналізу сегментації графічних зображень моделей, доцільно використовувати фактори зовнішнього вигляду виробів, оскільки інформація про існуючі вироби-трансформери широко доступна у вигляді графічних (або фотографічних) зображень моделей у літературних джерелах [50] та у мережі Інтернет ([51, 52]). Характеристики сегментації визначено на основі поєднань всіх можливих модельних рішень стану та рукава, які зустрічаються у верхньому одязі: для сегментації стану визначені особливості розміщення та оформлення внутрішніх членувань основних деталей, а для опису сегментів рукава використані характеристики просторової форми рукава.

За допомогою розробленої структури коду ознак сегментації верхнього одягу (див. табл. 4.14) виконано кодування характеристик сегментації 100 моделей верхнього одягу. Моделі вибрані випадковим чином, представлені як куртками, жакетами, пальтами, так і плащами, а отже відображають всі можливі види виробів заданого асортименту. Таким чином, вибірка є репрезентативною, а обсяг – достатнім для проведення досліджень.

Шляхом виконання факторного аналізу встановлено взаємозв'язки між змінними і поєднано між собою ознаки з високими коефіцієнтами кореляції у дев'ять факторів. Матриця повернутих компонентів конструктивно-композиційних рішень верхнього одягу (див. табл. 4.15) демонструє склад і значущість змінних, які входять до окремих факторів, які визначають характеристику сегментації одягу (див. рис. 4.13).

Таблиця 4.14

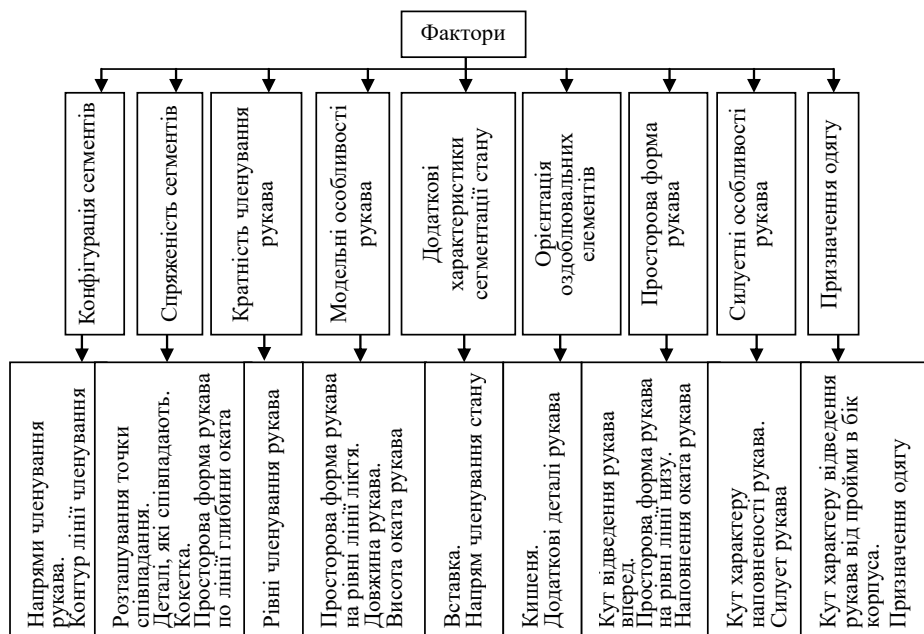
## Структура коду ознак сегментації верхнього одягу

Конструктивно-композиційне рішення			Код конструктивно-композиційного рішення				
			1	2	3	4	5
Членування стану	напря́м		Горизонтальний	Вертикальний	Фігурний	Немає	–
	Додаткові деталі	Кокетка	Пришивна	Відлітна	–	–	–
		Вставка	Горизонтальна	Вертикальна	–	–	–
Членування рукава	Рівень розташування		Верхня частина	Центральна частина	Нижня частина	–	–
	Напря́м		Горизонтальний	Вертикальний	Фігурний	Немає	–
	Додаткові деталі		Відлітна верхня частина рукава	Кишеня	Манжета	Вставка	Немає
Контур лінії членування			Прямолінійний	Овальний	Криволінійний	–	–
Область співпадання			Пройма	Бічний шов пілочки і передній шов рукава	Пройма, бічний шов пілочки і передній шов рукава	Немає	–
Деталі, які співпадають			Кокетка і верхня частина рукава	Вставка і верхня частина рукава	Кишені	Вставка на пілочки і рукаві	Інші деталі
Характеристики просторової форми рукава	Силует		Прямий	Завужений	Розширений	–	–
	Висота оката		Нормальна	Висока	–	–	–
	Наповнення оката		Плоский	Наповнений	Припіднятий	Призібраний	–
	По лінії глибини оката		Прилягаючий	Напівприлягаючий	Вільний	–	–
	На рівні ліктя		Вільний	Прилягаючий	–	–	–
	На рівні низу		Завужений	Прямий	–	–	–
	Довжина		Короткий	Середній	Довгий	–	–
	Кут відведення від площини пройми в бік корпусу		Помірний	Великий	–	–	–
	Кут відведення вперед-назад		Вертикально	Вперед	–	–	–
Кут характеру наповненості		Звичайний	Наповнений	–	–	–	

Таблиця 4.15

## Матриця повернутих компонентів ознак сегментації верхнього одягу

Конструктивно-композиційне рішення	Компонент								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напря́м членування рукава 1	<b>0,94</b>	–	–	–	–	–	–	–	–
Напря́м членування рукава 2	0,94	–	–	–	–	–	–	–	–
Контур лінії членування	0,77	–	–	–	–	–	–	–	–
Розташування точки співпадання	–	0,39	–	–	–	–	–	–	–
Деталі, які співпадають	–	0,78	–	–	–	–	–	–	–
Кокетка	–	0,76	–	–	–	–	–	–	–
Просторова форма рукава по лінії глибини оката	–	–0,53	–	–	–	–	–	–	–
Рівень членування рукава 1	–	–	<b>0,90</b>	–	–	–	–	–	–
Рівень членування рукава 2	–	–	0,85	–	–	–	–	–	–
Рівень членування рукава 3	–	–	0,56	–	–	–	–	–	–
Просторова форма рукава на рівні лінії ліктя	–	–	–	<b>–0,87</b>	–	–	–	–	–
Довжина рукава	–	–	–	0,77	–	–	–	–	–
Висота оката рукава	–	–	–	0,55	–	–	–	–	–
Вставка	–	–	–	–	<b>0,86</b>	–	–	–	–
Напря́м членування стану	–	–	–	–	–0,65	–	–	–	–
Кишеня	–	–	–	–	–	<b>0,84</b>	–	–	–
Додаткові деталі рукава	–	–	–	–	–	0,76	–	–	–
Кут відведення рукава вперед	–	–	–	–	–	–	<b>0,71</b>	–	–
Просторова форма рукава на рівні лінії низу	–	–	–	–	–	–	0,64	–	–
Наповнення оката рукава	–	–	–	–	–	–	0,56	–	–
Кут характеру наповненості рукава	–	–	–	–	–	–	–	<b>0,85</b>	–
Силует рукава	–	–	–	–	–	–	–	0,54	–
Кут відведення рукава від пройми в бік корпусу	–	–	–	–	–	–	–	–	<b>0,78</b>
Призначення одягу	–	–	–	–	–	–	–	–	–0,73



**Рис. 4.13. Фактори, які впливають на сегментацію виробів-трансформерів**

На основі значень сформованих факторів виконано кластерний аналіз даних у середовищі SPSS, що дозволяє дослідити корисні концептуальні схеми групування об'єктів [53, 54]. Відповідно, дев'ять кластерів інтерпретовано як різновиди сегментації (табл. 4.16, рис. 4.14) залежно від основних факторів впливу, які їх формують.

Таблиця 4.16

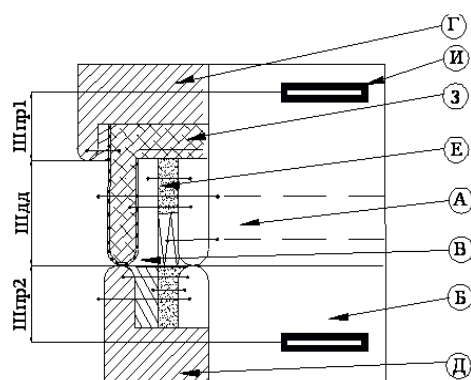
**Інтерпретація кластерів як видів сегментації**

Кластер	Фактор	Інтерпретація	Членування рукава і стану
1	2	3	4
1	Кратність членування рукава; силуетні особливості рукава; призначення одягу	Сегменти утворюються за рахунок сумісного впливу дійсного членування деталей і стану, і рукава та накладними деталями і стану, і рукава	Повинні розміщуватись на одному рівні
2	Спряженість сегментів; модельні особливості та просторова форма рукава	Сегменти утворені дійсними членуваннями на стані виробу нижче рукава або (і) прямими лініями на рукаві	Не повинні співпадати
3	Конфігурація сегментів; призначення одягу	Сегменти утворені дійсними членуваннями стану виробу або (і) рукава лініями довільної форми і напрямку, які забезпечують функціональність виробу	Можуть співпадати
4	Спряженість сегментів	Сегменти утворені дійсними членуваннями на стані виробу нижче рукава або (і) багатократними прямими лініями на рукаві	Не повинні співпадати
5	Орієнтація оздоблювальних елементів	Сегменти утворюються накладними деталями, що розміщені лише на стані виробу; рукав без членувань; дійсні членування стану нижче рукава	
6	Додаткові характеристики сегментації стану; просторова форма рукава	Сегменти утворені за рахунок декоративних членувань стану виробу без зміни довжини на рівні рукава; нижче рукава сегменти утворені шляхом дійсного членування деталей прямими лініями, забезпечуючи зміну довжини; на рукаві членування відсутні	



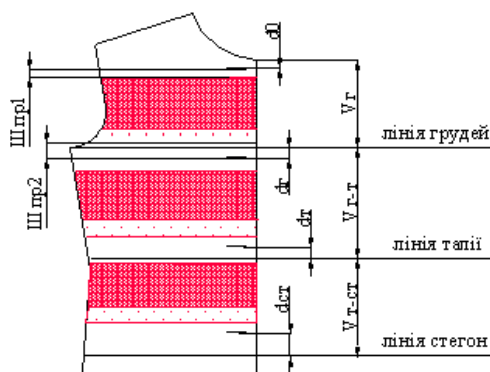
При нанесенні лінії членування, що перетинає застібку у виробі-трансформері, слід брати до уваги особливості технологічної обробки трансформуючих елементів. Мобільні сегменти у виробі-трансформері верхнього асортименту найчастіше кріплять до стабільної частини за допомогою тасьми-«блискавки», нижній зріз стабільної деталі обробляють додатковою обшивкою, а верхній зріз мобільної – підкладкою [55].

При обметуванні петель на основній деталі стабільної чи мобільної частини, їх доцільно виконувати на деякій відстані від потовщеної зони обшивання; для стабільної частини вона щонайменше дорівнює ширині обшивки (рис. 4.15) [55].



А – верхня (стабільна) частина виробу; Б – нижня (мобільна) частина виробу; В – обшивка нижнього зрізу стабільної частини виробу; Г – підкладка стабільної частини виробу; Д – підкладка мобільної частини виробу; Е – тасьма-«блискавка»; З – прокладка обшивки нижнього зрізу стабільної частини виробу; И – петля

**Рис. 4.15. Варіант конструктивно-технологічного рішення трансформуючого вузла**



**Рис. 4.16. Сегментація стану виробу-трансформера**

Для визначення граничних значень можливих діапазонів, в межах яких може здійснюватись сегментація, обрано три рівні (рис. 4.16): перший обмежений лініями горловини і грудей; другий – лініями грудей і талії; третій – лініями талії і стегон.

Як видно з цього рисунка, для встановлення діапазону нанесення членувань під час сегментації в межах між сусідніми конструктивними рівнями, слід врахувати відстані між ними, які закладені при побудові базової конструкції і залежать від розмірних ознак фігури і особливостей методики конструювання.

Тоді, якщо за нульовий рівень прийняти лінію грудей, а за початок координат – точку перетину конструктивної горизонталі та лінії напівзаносу, максимальний рівень поперечних ліній внутрішніх членувань між сусідніми петлями можна визначити як:

$$V_{2\max} = V_2 - |d_0| - Ш_{пр1} - Ш_{од}, \quad (4.23)$$

де  $V_{2\max}$  – максимальний рівень нанесення ліній членувань між сусідніми петлями для ділянки від лінії горловини до лінії грудей, см;  $V_2$  – відстань між лініями горловини і грудей, см;  $d_0$  – відстань від лінії горловини до першої петлі, см;  $Ш_{пр1}$  – ширина проміжку

між внутрішнім зрізом додаткової обшивки і петлею на основній деталі, см;  $Ш_{\partial\partial}$  – ширина додаткової обшивки нижнього зрізу основної деталі, см.

Мінімальний рівень нанесення ліній внутрішніх членувань між сусідніми петлями для ділянки від лінії горловини до лінії грудей можна знайти за формулою:

$$V_{\min} = d_z + Ш_{\partial\partial}, \quad (4.24)$$

де  $V_{\min}$  – мінімальний рівень нанесення ліній членувань між сусідніми петлями для ділянки від лінії грудей до лінії талії, см;  $d_z$  – відстань від лінії грудей до найближчої петлі, см.

Аналогічно визначено рівні для нанесення членування для інших ділянок, при цьому центр координат перенесено у точку перетину лінії напівзаносу з відповідною горизонталлю.

Модельні особливості багатьох виробів характеризуються наявністю декількох петель між розглянутими конструктивними рівнями. Тоді при введенні ліній внутрішніх членувань слід перевірити доцільність їх розміщення за умовою:

$$0,5V_{mn} \geq Ш_{\partial\partial} + Ш_{np1} + Ш_{np2}, \quad (4.25)$$

де  $V_{mn}$  – відстань між петлями, см;  $Ш_{np2}$  – ширина проміжку між лінією внутрішнього членування основної деталі і петлею на додатковій деталі, см.

Якщо нерівність виконується, то приймається рішення про можливість введення відповідної кількості петель. В іншому випадку доцільно обмежитись лише петлями на рівні основних горизонтальних конструктивних рівнів.

#### 4.2.3. Розробка методу сегментації виробу-трансформера

Характеристика різновидів сегментації свідчить про необхідність виявлення взаємозв'язків між параметрами сегментів деталей стану та рукава, оскільки окремі різновиди сегментації передбачають обов'язкове співпадання рівнів членувань стану та рукава. Крім того, декілька різновидів сегментації визначаються діагональними членуваннями рукава, які проходять на одному рівні з горизонтальним членуванням стану. Це зумовлює доцільність подальших досліджень конфігурацій різнонаправлених членувань рукавів на визначених рівнях сегментації стану. Згідно з [56] вибір місць розташування ліній внутрішніх членувань необхідно здійснювати за принципом пропорціонування, що полягає у встановленні раціональної межі поділу, при якій величини утворених відрізків співвідносяться між собою або з цілим за законом гармонії.

З метою встановлення взаємозв'язків між сегментацією стану і рукава виробу здійснено аналіз рівнів розташування горизонтальних ліній внутрішніх членувань для типової гармонійної фігури, що проходять у двох зонах для нанесення сегментації – від лінії грудей до лінії талії та від лінії талії до лінії стегон. При цьому для цих зон встановлено обмеження – мінімальні відстані від граничних конструктивних ліній до ліній членувань, в межах яких не може здійснюватись сегментація.

Для ділянки від лінії грудей до талії враховано найменші відстані від лінії грудей та лінії талії до найближчих петель, а також мінімальну ширину додаткової обшивки нижнього зрізу основної деталі – 3 см [57], що відповідають умовам рівнянь (4.23) – (4.25). Тобто, для ділянки від лінії грудей до талії членування відносно лінії грудей повинно знаходитись на відстані не меншій, ніж 6,21 см, відносно лінії талії – вище від 6,22 см. Для зони від лінії талії до лінії стегон – не нижче як на 12,6 см відносно лінії стегон.

Вказаним умовам відповідають два рівні гармонійних членувань [56], один з яких розміщений на ділянці від лінії грудей до лінії талії, інший – на ділянці від лінії талії до лінії стегон. Також для сегментації обрано рівні лінії талії та стегон, оскільки вони від-

повідують довжинам окремих різновидів виробів. Таким чином, для сегментації виробів виділено чотири рівні: вище лінії талії; на лінії талії; вище лінії стегон; на лінії стегон.

Нанесення січних площин у Rhinoceros виконано командою Cutting plane. Сегментацію просторової форми за допомогою січної площини – командою Split.

Для проведення експерименту, що дозволить встановити взаємозв'язок між параметрами сегментів стану і рукава, виділено такі формоутворюючі фактори впливу: товщина плечової накладки –  $T_{nn}$ , прибавка до обхвату плеча –  $P_{on}$ , прибавка до обхвату грудей –  $P_c$ , прибавка до обхвату талії –  $P_m$  та прибавка до обхвату стегон –  $P_c$ . Вибір факторів обґрунтовано тим, що  $P_c$ ,  $P_m$ , та  $P_c$  – це прибавки на вільне облягання до провідних розмірних ознак, а отже в найбільшій мірі визначають об'ємну форму стану виробу. Об'ємна форма рукава визначається величиною  $P_{on}$  за співвідношенням до заданої ширини пройми  $Ш_{np}$ , де  $Ш_{np} = f(T, P_c)$ , а також висотою пройми, на яку безпосередній вплив здійснює товщина обраної плечової накладки  $T_{nn}$ .

В середовищі Rhinoceros за методикою [32] побудовано вісім тривимірних моделей віртуальних макетів стану і рукава. За допомогою січних площин здійснено сегментацію віртуальних макетів та отримано розгортки сегментів стану і рукава (рис. 4.17). Розгортки виконано за допомогою команди Squish.



Рис. 4.17. Розгортки сегментів стану та рукава (в середовищі Rhinoceros)

Для встановлення залежностей між рівнями сегментації стану і рукава у середовищі Rhinoceros виміряно параметри розгорток віртуальних макетів по бічних зрізах пілочки ( $L_n$ ) і спинки ( $L_{cn}$ ), а також передньому ( $L_{pn}$ ) та ліктьовому ( $L_{pl}$ ) зрізах рукава. Величини сегментів визначені відносно рівня пройми. Для досліджень використані середні значення параметрів сегментів стану ( $L_{cm}$ ) та рукава ( $L_p$ ). Окрім факторів формоутворення, величина  $L_{cm}$  виділена як керуючий фактор, оскільки умовами дослідження задано, що лінія членування рукава повинна зорозово співпадати із лінією членування стану.

Як видно з таблиці 4.17, між факторами  $T_{nn}$ ,  $P_{on}$ ,  $P_c$ ,  $P_m$ ,  $P_c$  та функцією відгуку  $L_p$  зв'язок відсутній, оскільки значення коефіцієнтів кореляції прямують до нуля. Виключення становить залежність між величиною сегмента стану і величиною сегмента рукава, що ймовірно є лінійною (високий ступінь зв'язку [42]). Взаємозв'язок рівнів розташування членувань рукава і стану найбільш адекватно відображає лінійна залежність (див. рис. 4.18).

Отримана лінійна залежність має високе значення квадрату змішаної кореляції ( $R^2 = 0,999$ ), що свідчить про високу достовірність відображення фактичних даних.

Візуальна оцінка розгорток рукава дозволяє сформулювати декілька припущень:

– конфігурація контурів лінії членування для різних макетів рукавів на одному рівні членування є однаковою;

– конфігурація контурів ліній членувань для одного макета на різних рівнях членувань є однаковою – сегменти рукава еквідистантні.

Таблиця 4.17

## Коефіцієнти кореляції

Фактор	$T_{nn}$	$\Pi_{on}$	$\Pi_m$	$\Pi_z$	$\Pi_c$	$L_{cm}$	$L_p$
$T_{nn}$	1	–	–	–	–	–	–
$\Pi_{on}$	0	1	–	–	–	–	–
$\Pi_m$	0	0	1	–	–	–	–
$\Pi_z$	0	1	0	1	–	–	–
$L_{cm}$	-0,025	0,016	0,026	0,016	–	1	–
$L_p$	0,013	-0,013	-0,007	-0,013	–	<b>0,998</b>	1
$T_{nn}$	1	–	–	–	–	–	–
$\Pi_{on}$	0	1	–	–	–	–	–
$\Pi_m$	0	1	1	–	–	–	–
$\Pi_z$	0	0	0	–	1	–	–
$L_{cm}$	-0,017	0,013	0,013	–	0,017	1	–
$L_p$	0,002	0,007	0,007	–	0,008	<b>0,999</b>	1

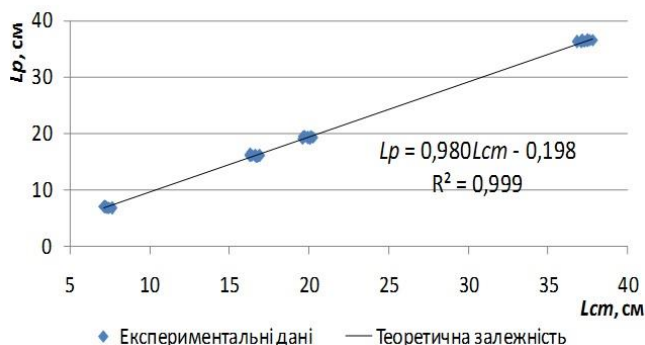


Рис. 4.18. Взаємозв'язок між параметрами сегментів стану і рукава

Для перевірки першого припущення в середовищі Rhinoceros визначено координати точок екстремумів контуру сегмента рукава. За початок двовимірної системи координат прийнято точку перетину лінії членування на розглянутому рівні та вертикальної осі, що проходить через вершину оката рукава; за додатній напрям осі  $OX$  – вправо,  $OY$  – вгору.

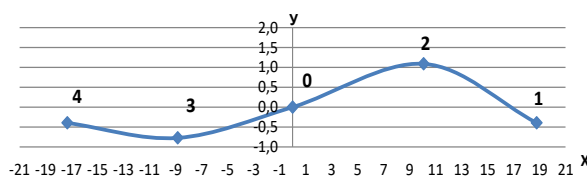
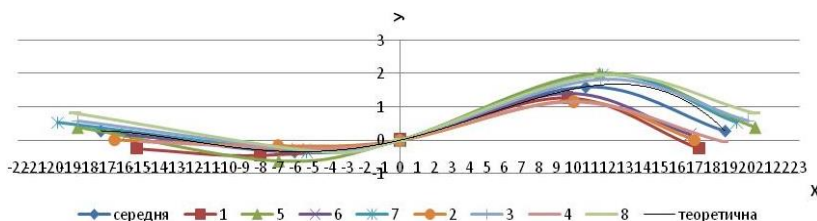


Рис. 4.19. Вузлові точки контуру ліній членування

На контурах ліній членування виділено чотири вузлові точки (рис. 4.19): крайні точки контуру для передньої т. 1 ( $x_1, y_1$ ) та ліктьової т. 4 ( $x_4, y_4$ ) частин рукава; верхню точку вигину контуру передньої частини рукава т. 2 ( $x_2, y_2$ ), а також нижню точку прогину контуру задньої частини рукава т. 3 ( $x_3, y_3$ ).

Розрахункові значення критерію Фішера не перевищують його табличного значення. Це свідчить про те, що координати окремих контурів ліній членувань рукавів, які знаходяться на одному рівні належать до однієї генеральної сукупності і їх можна описати спільною математичною моделлю (рис. 4.20).



**Рис. 4.20. Комплексне креслення ліній членування розгорток рукавів для першого рівня сегментації**

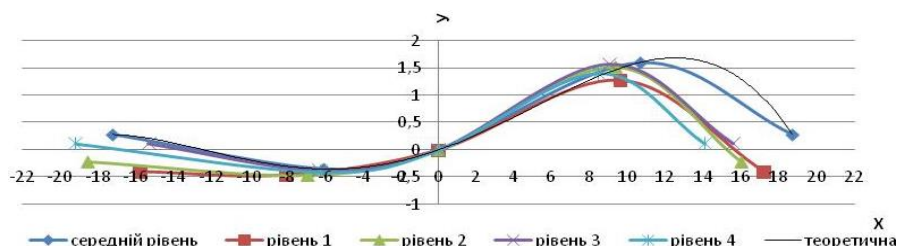
Будь-яка із представлених кривих (див. рис. 4.20) відображається параметричною моделлю ( $R^2 = 1$ ):

$$y = -2 \cdot 10^{-5} x^4 - 0,00034x^3 + 0,00911x^3 + 0,1202x - 6 \cdot 10^{-12}, \quad (4.26)$$

де  $x, y$  – координати точки, см.

Для перевірки другого припущення в середовищі Rhinoceros виміряні координати крайніх та виступаючих точок розгорток сегментів рукава.

Розрахункові значення критерію Фішера не перевищують його табличного значення. Це свідчить про те, що окремі контури ліній членувань рукава (рис. 4.21), можуть бути описані формулою (4.26).



**Рис. 4.21. Накладання контурів ліній членування розгорток рукава для різних рівнів сегментації**

Таким чином, встановлено, що контури ліній членування, які характерні для різних рівнів сегментації рукава, є еквідистантними. Тобто, їх можна описати такою ж спільною математичною моделлю (4.26), як і лінії сегментації розгорток різних рукавів, що проходять на одному рівні [58].

Побудову діагональних членувань рукава доцільно виконувати за рекомендаціями [56, 59], шляхом повороту бажаних горизонталей від вихідного положення на величину раціонального кута, що знаходиться в межах від  $0^\circ$  до  $45^\circ$ , а саме для таких гармонійних кутів:  $7^\circ, 11^\circ, 18^\circ, 24^\circ, 26^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 45^\circ$ .

Відповідно, для дослідження діагональних ліній внутрішніх членувань використано віртуальні макети стану і рукава з горизонтальними членуваннями. Шляхом повороту горизонтальних ліній членувань, що нанесені на рукав, відносно точки зорового співпадання сегментів рукава і стану отримано діагональні членування рукава. Вершина кута повороту – точка перетину горизонтальної січної площини і переднього зрізу рукава у вікні фронтальної проекції. У Rhinoceros виміряні координати основних точок контуру сегмента рукава.

Розрахункові значення критерію Фішера не перевищують табличних значень, тому діагональні членування для однакових величин кутів незалежно від інших факторів можуть бути описані спільною математичною моделлю.

Для кожного кута повороту доцільно представляти контур окремою моделлю, оскільки значення коефіцієнтів кореляції між кутом нахилу членування та координатами контуру наближаються до одиниці:

– кут повороту  $7^\circ$ :

$$y = -9 \cdot 10^{-6} x^4 - 0,00038x^3 + 0,00241x^2 + 0,1326x - 8 \cdot 10^{-14}, \quad (4.27)$$

– кут повороту  $45^\circ$ :

$$y = -9 \cdot 10^{-5} x^4 - 0,00006x^3 + 0,048x^2 + 0,137x - 0,07, \quad (4.28)$$

Адекватність відтворення даних математичними моделями підтверджена квадратом змішаної кореляції:  $R^2 = 1$  (рис. 4.22).

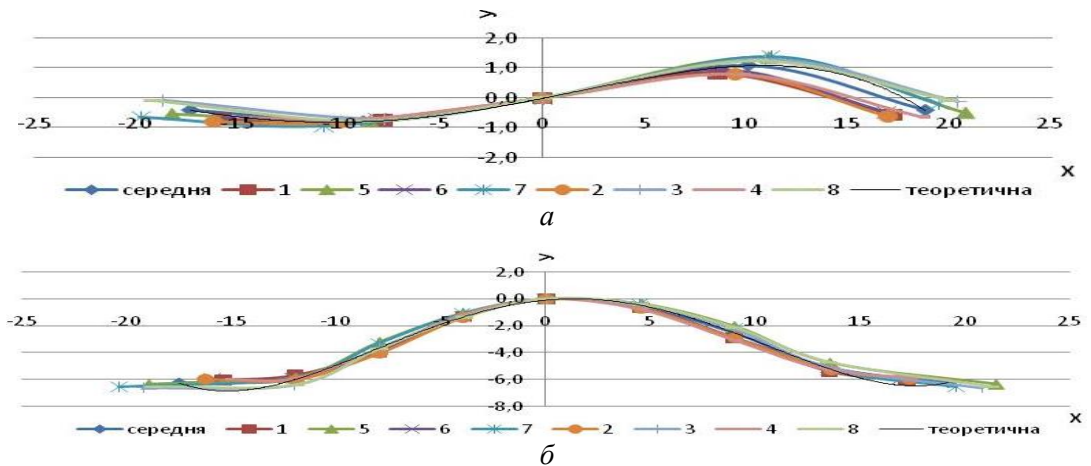


Рис. 4.22. Накладання контурів членувань рукава, що проходять під кутом: а)  $7^\circ$ ; б)  $45^\circ$

Формалізація отриманих контурів сегментації дозволяє дослідити діагональні членування рукава, що проходять під різними значеннями кутів відносно вихідної горизонталі. На рис. 4.23 представлено графічні залежності ординат точок членування рукава від кута нахилу членування ( $\alpha$ ) окремо для кожної вузлової точки, які отримані шляхом табулювання функцій (4.26) – (4.28). Адекватність рівнянь регресій, які отримані як рівняння ліній тренду в MsExcel, підтверджується критерієм  $R^2$  (табл. 4.18).

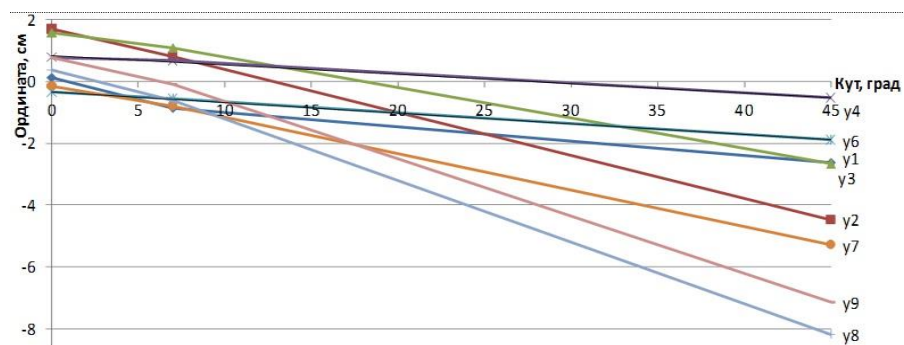


Рис. 4.23. Залежності ординат точок членування рукава від кута нахилу членування

Таблиця 4.18

## Рівняння залежностей ординат точок членувань рукава від кута нахилу членування

Точка	Ордината	Рівняння регресії	$R^2$
1	$y_1$	$-0,055\alpha - 0,147$	0,952
2	$y_2$	$-0,137\alpha + 1,720$	0,999
3	$y_3$	$-0,095\alpha + 1,661$	0,998
4	$y_4$	$-0,03\alpha + 0,822$	0,994
6	$y_6$	$-0,034\alpha - 0,332$	0,999
7	$y_7$	$-0,115\alpha - 0,076$	0,999
8	$y_8$	$-0,192\alpha + 0,541$	0,998
9	$y_9$	$-0,178\alpha + 0,944$	0,997

Таблиця рівнянь регресії дозволила отримати лекальні криві діагональних членувань для всіх гармонійних кутів нахилу (рис. 4.24).

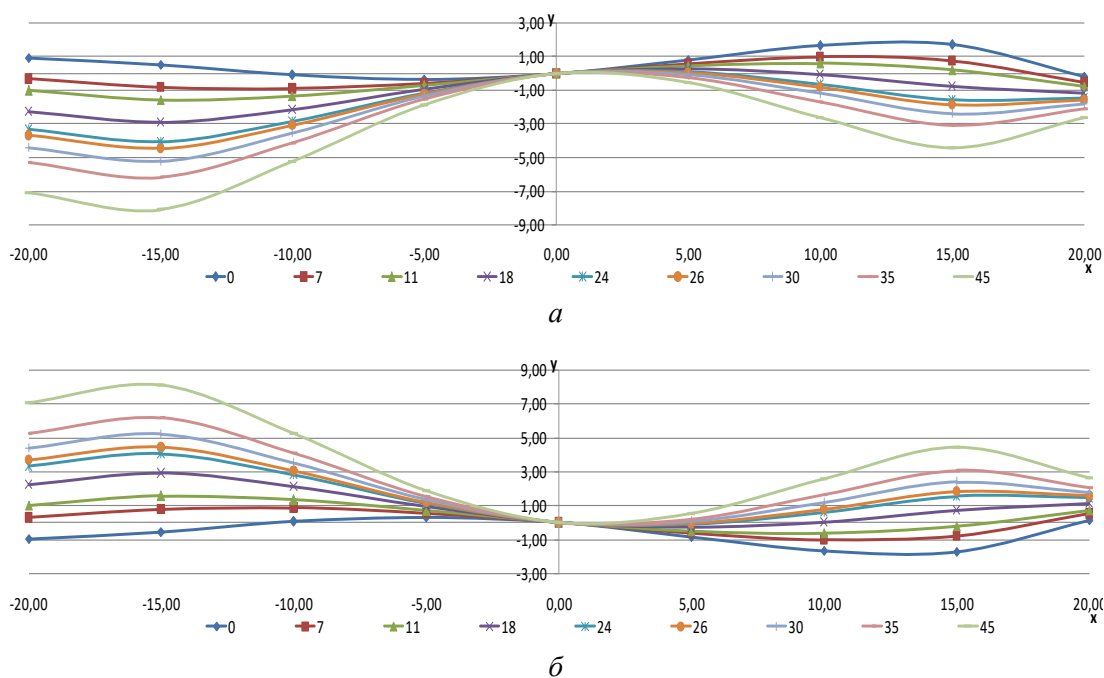


Рис. 4.24. Контури діагональних членувань рукава:

- а*) вище горизонталі (нахил горизонталі проти годинникової стрілки);  
*б*) нижче горизонталі (нахил горизонталі за годинниковою стрілкою)

Параметричні характеристики ділянок сегментації та математичні моделі для нанесення контурів членувань рукавів формують вихідні дані для розробки алгоритму методу сегментації виробів-трансформерів (див. рис. 4.25).

Розроблений алгоритм сегментації виробів-трансформерів є кінцевим набором правил, що дозволяють механічно вирішувати конкретне завдання з сегментації деталей виробів-трансформерів. При цьому, в залежності від проектної ситуації, вихідні дані можуть змінюватись в певних межах, що дозволяє використовувати алгоритм в умовах масового виробництва. Таким чином, виконання послідовності дій у відповідності із розробленою блок-схемою забезпечує можливість здійснення сегментації для різних видів виробів, що входять у ланцюг перетворення виробу-трансформера жіночого плечового одягу.

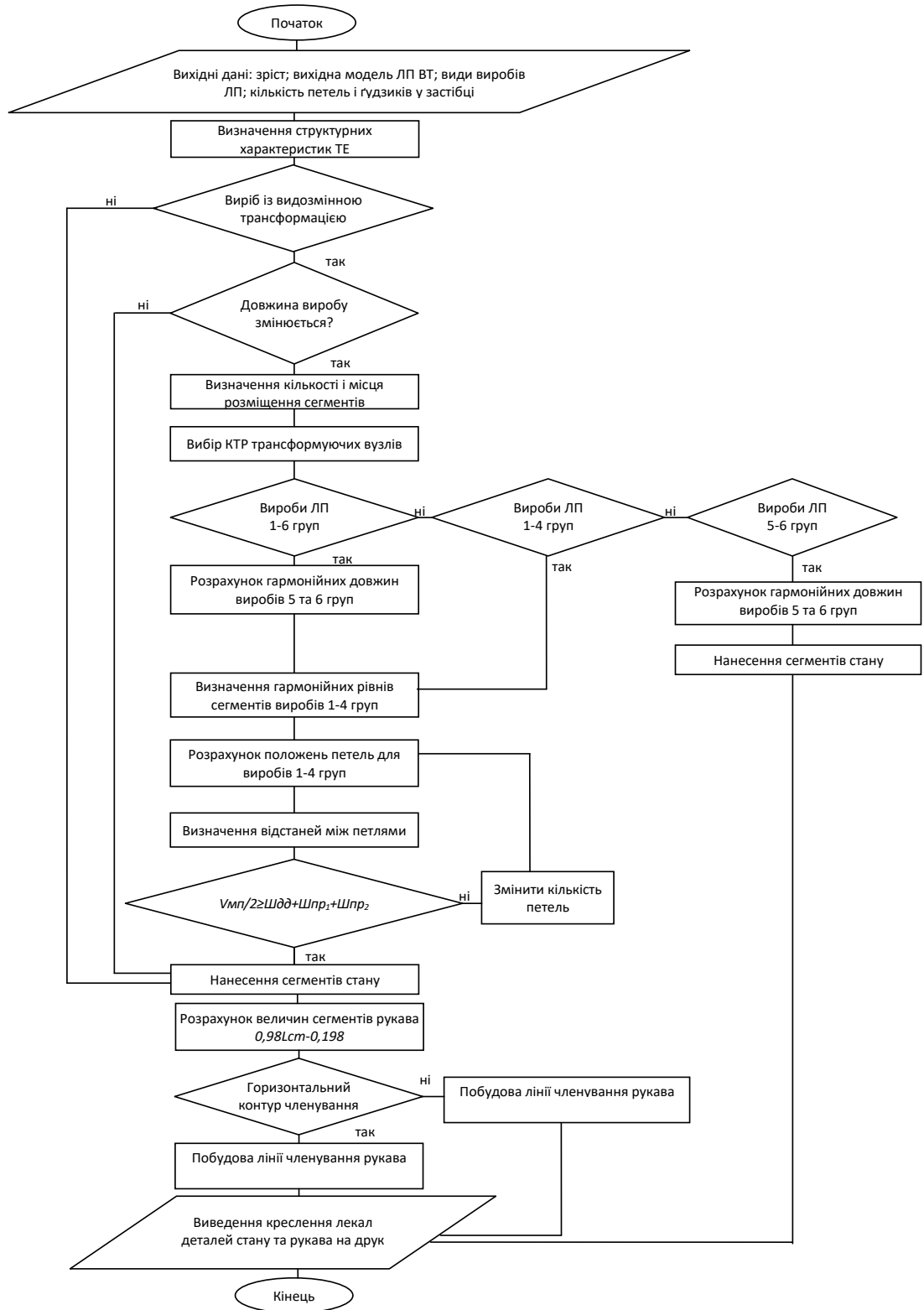


Рис. 4.25. Блок-схема загального алгоритму методу сегментації виробів-трансформерів

### 4.3. Імітаційна модель процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення

Завдання аналізу виробничої системи доцільно вирішувати шляхом імітаційного моделювання процесу конструкторської проробки ланцюгів перетворення, яке відображатиме особливості розробки швейного виробу від моменту отримання замовлення (завдання на розробку моделі) до формування пакета конструкторської документації на модель виробу [60, 61]. Для розробки імітаційної моделі процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення жіночого верхнього одягу для прогнозу роботи підприємства в умовах гнучкої переорієнтації виробництва на випуск нових видів виробів потрібно вирішити наступні завдання:

- представити графічну модель процесу конструкторської проробки;
- визначити стабільні та мобільні характеристики процесу;
- здійснити імітаційне моделювання та верифікацію моделі.

Імітаційна модель має забезпечити можливість дослідження характеристик процесу конструкторської проробки і співставлення їх із запропонованою довжиною ланцюга.

В якості інформації про об'єкт моделювання використані результати аналізу особливостей роботи швейних підприємств, а також каталоги модельних рішень виробів. В результаті анкетування представників підприємств отримані цифрові характеристики процесу розробки виробу: затрати часу на конструкторську розробку виробу, потужність підприємства, час між окремими розробками моделей (замовленнями), принцип побудови розкладу роботи конструкторів на підприємстві, кількість конструкторів, вартість розробки конструкторської документації на одну модель (табл. 4.19).

Таблиця 4.19

#### Результати анкетування представників підприємств швейної галузі

Характеристика роботи підприємства	Варіант відповіді	Частота зустрічності		Характеристика роботи підприємства	Варіант відповіді	Частота зустрічності	
		од.	%			од.	%
Вартість розробки конструкторської документації на одну модель, грн	100	1	16,70	Кількість конструкторів на підприємстві	1	2	20,00
	100–170	1	16,70		2	4	40,00
	150–200	2	33,20		3	2	20,00
	200–250	1	16,70		4	1	10,00
	350–400	1	16,70		5	1	10,00
Витрати часу на конструкторську проробку однієї моделі виробу	1–2 год	1	11,10	Розклад замовлень	Є	6	60,00
	3 год	1	11,10		Немає	4	40,00
	4–5 год	1	11,10	Період між замовленнями	1–2 тижні	4	66,00
	8–9 год	2	22,25		2–3 тижні	1	17,00
	1–3 дні	2	22,25		3–4 тижні	1	17,00
	3 дні	1	11,10	Кількість моделей в одному замовленні	1–5	2	33,00
1 тиждень	1	11,10	2–6		1	16,75	
Використання САПР	Так	7	70,00		4–8	1	16,75
	Ні	3	30,00		10	1	16,75
Потужність підприємства	Велика	1	10,00	Більше 10	1	16,75	
	Середня	4	40,00	Принцип складання графіка замовлень	Щотижневий	4	50,00
	Мала	5	50,00		Щомісячний	4	50,00

Розробка імітаційної моделі процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення виконана для двох елементарних ланцюгів «Куртка–Анорак» та «Анорак–Півпальто», які мають найбільшу частоту зустрічності у загальній номенклатурі ланцюгів перетворення і об'єднуються в ланцюг перетворення «Куртка–Анорак–Півпальто».

Для виконання досліджень використана інформація про ланцюги перетворень модельних рішень «10–1(13)–28», «10–1(31)–28», «10–1(103)–28», «10–1(104)–28», «10–1(105)–28», «10–1(106)–28». Номенклатура ланцюгів перетворення представлена цифровими позначеннями (поєднання порядкових номерів різновидів жіночого верхнього одягу в списку). Ланцюги перетворення модельних рішень з однаковим рішенням анорака (порядковий номер 1) і різними модельними рішеннями куртки (порядковий номер 10) і півпальто (порядковий номер 28), що позначені як «10–1(№ А)–28», де «10» – множина модельних рішень курток; «1» – множина модельних рішень анораків; № А – номер спільного модельного рішення анорака; «28» – множина модельних рішень півпальт.

У таблиці 2.11 показано співвідношення видів виробів у ланцюгах перетворень модельних рішень «10–1–28». Кількість моделей курток визначає множину їх моделей, яка може бути перетворена в одну і ту саму модель анорака. Відповідно моделі півпальта складають множину, в яку може бути перетворена модель анорака.

Моделі виробів – це індивідуальні елементи, які обробляються в системі, відповідно, вони є сутностями для моделювання процесу конструкторської проробки ланцюгів перетворень різновидів одягу.

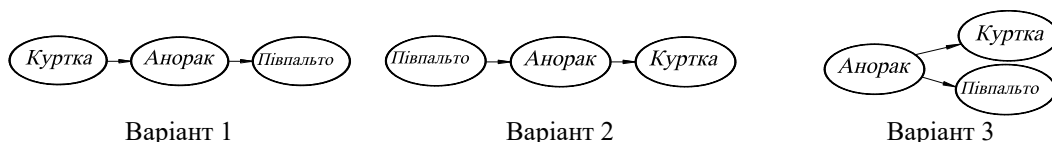


Рис. 4.26. Варіанти орграфів ланцюга перетворення «Куртка–Анорак–Півпальто»

Процес розробки нових моделей виробів на основі ланцюгів перетворення залежить від особливостей обраного ланцюга, оскільки ланцюг відображає заданий напрям розробки. Наприклад, ланцюг «Куртка–Анорак–Півпальто» може бути зображений у трьох варіантах (рис. 4.26).

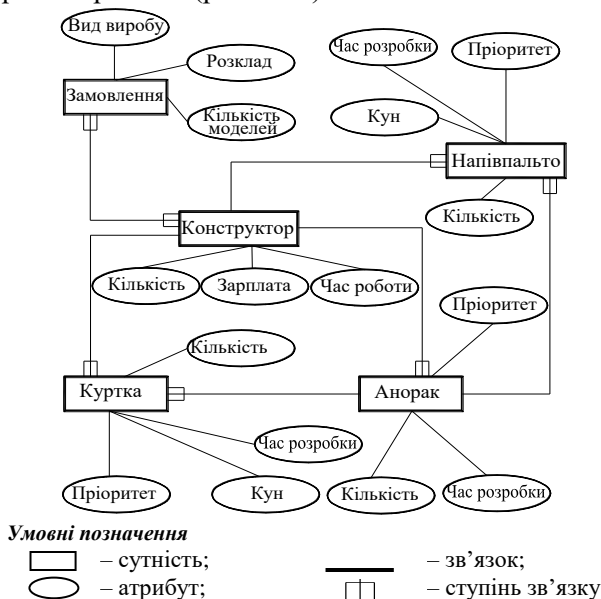


Рис. 4.27. ER-модель процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення «Куртка–Анорак–Півпальто» на основі варіанта 3 орграфа

Як видно з рисунка, варіанти відрізняються тим, що в перших двох – робота виконується послідовно в одному або в іншому напрямі. У третьому випадку спочатку виконується розробка моделі (моделей) анорака, а потім паралельно в часі розробка моделі (моделей) куртки і півпальта. Наведені ланцюги перетворення є основою для побудови концептуальної моделі у вигляді ER-моделі (рис. 4.27).

Елементами системи прийнято: ланцюг перетворення, представлений різновидами виробів (анорак, куртка, півпальто), безпосередній виконавець робіт конструкторської проробки (конструктор) та момент виникнення необхідності початку процесу розробки конструкторської документації на певну модель (моделі) виробу (замовлення).

Для представлення властивостей елементів системи (різновидів виробів) використані атрибути: кількість моделей певного різновиду виробу, пріоритет розробки (високий, середній, низький), витрати часу на конструкторську підготовку однієї моделі, коефіцієнти уніфікації для пар виробів, що входять в ланцюг перетворення (куртка – анорак, анорак – півпальто). Виконавець робіт конструкторської проробки (конструктор) містить такі атрибути – кількість конструкторів, час роботи та заробітна платня. Для представлення моменту виникнення необхідності початку процесу розробки конструкторської документації на певну модель (моделі) виробу (замовлення) використані атрибути: розклад надходження замовлення, вид виробу який слід розробити, термін виконання замовлення та кількість моделей яку слід розробити.

Як видно з рис. 4.27, надходження замовлення, конструктори, що його виконують, та безпосередньо самі замовлення (вироби) мають тісний зв'язок між собою. Ступінь зв'язку 1:М означає, що базова конструкція анорака повинна бути скопійована для подальшої розробки куртки і півпальта, при чому одна базова конструкція може бути використана для розробки більше ніж однієї моделі півпальта (куртки). Кожну із сутностей графічної моделі в імітаційній моделі доцільно представляти як окремий модуль пакета імітаційного моделювання, а кожен атрибут як його параметр.

Критеріями вибору програмного пакета моделювання є достатність і повнота засобів реалізації концептуальної моделі, доступність, простота і легкість освоєння, швидкість і коректність створення програмної моделі. Для розробки імітаційної моделі процесу конструкторської проробки доцільно використати пакет Arena (Rockwell Automation), який відповідає названим критеріям [60, 63].

Створення моделі з допомогою пакета Arena розпочинають з аналізу доступних модулів програми і їх можливого функціонального використання для імітації відомих етапів конструкторської проробки виробу на підприємстві.

В результаті сформований наступний перелік модулів: Create (точка створення сутностей) – відповідає етапу технічного завдання на розробку моделі певного виду виробу, в цьому випадку, – анорака; Process – імітація процесу розробки конструкторської документації на кожен окрему модель виробу; Decide – задання співвідношення кількості моделей різних видів виробів у одному ланцюгу перетворення модельних рішень; Resource використовується для кожної властивості як самостійний модуль, визначає кількість та особливості роботи конструкторів; Schedule – розклад надходження замовлень, план їх виконання; Separate створює копії раніше створених моделей, імітуючи процес копіювання розробленого проекту (конструкції, лекал або всього комплексу конструкторської документації), наприклад з допомогою команди «Сохранить как» – AutoCAD, «Сохранить предмет как ...» – САПР «Julivi», «Создать новый алгоритм на базе старого» – САПР «Грация». Фрагмент блок-схеми імітаційної моделі процесу конструкторської проробки з використанням ланцюга перетворення (на прикладі ланцюга 10–1(13)–28, варіант 3) представлено на рис. 4.28. Призначення властивостей модулів моделі показано у таблицях 4.20 та 4.21) [61, 62].

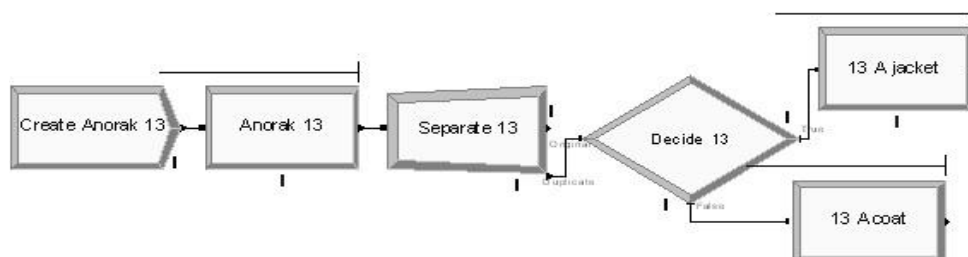


Рис. 4.28. Блок-схема імітаційної моделі процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення 10-1(13)-28 (варіант 3)

Таблиця 4.20

## Змінні параметри модулів імітаційної моделі

Призначення модуля	Опис модуля	Параметр	Призначення параметра	Опис	Значення параметрів
1	2	3	4	5	6
<b>Create</b>					
Вихідна точка для сутностей	Необхідність розробки моделі	Type	Спосіб формування потоку прибуття	Спосіб визначення кількості замовлень на розробку моделі	Constant (середнє значення) Schedule (за розкладом)
		Value	Середнє значення часу між прибуттями сутностей	Час між замовленнями на розробку моделі	Constant (середнє значення для кожного підприємства окремо)
		Schedule Name	Назва розкладу, що визначає характер прибуття сутностей в систему	Розклад, що визначає характер і частоту замовлень на розробку моделі	Schedule 1
		Units	Одиниці вимірювання часу між прибуттями сутностей	Одиниці вимірювання часу між поступленнями замовлень на розробку моделі виробу	День, година
<b>Process Anorak № A (Process Jacket № A; Process Coat № A)</b>					
Основний модуль процесу обробки сутностей	Розробка конструкторської документації на модель виробу	Priority	Приоритет модулів, які використовують один і той самий ресурс	Терміновість виконання замовлення (почерговість розробки моделей)	High, Medium, Low
		Resources	Ресурси, які будуть обробляти сутності в модулі	Кількість конструкторів на підприємстві, осіб	1–5 (визначається для кожного підприємства)
		Units	Одиниці вимірювання часу прибуття сутності в модулі	Одиниці вимірювання часу розробки конструкторської документації на модель виробу	День, година
		Allocation	Визначає необхідність обліку вартісних характеристик	Визначає необхідність обліку вартості розробки конструкторської документації на модель виробу	Value Added (враховувати вартість розробки конструкторської документації)
		Delay Type	Тип розподілу або процедура, що визначає параметри затримки сутності в модулі	Тип розподілу, що відповідає особливостям роботи людини	Triangular
<b>Separate № A</b>					
Модуль створення копій раніше створених сутностей	Копіювання файлів проєктів і/або конструкторської документації розроблених моделей	# of Duplic	Кількість створюваних копій вхідної сутності	Кількість моделей, які можуть бути створені на основі цієї моделі анорака (сума моделей курток і півпальт для конкретного ланцюга перетворення)	Табл. 4.19
<b>Decide</b>					
Опис логіки моделі з урахуванням прийняття рішення	Опис логіки моделі з урахуванням прийняття рішення	Percent True	Значення, що визначає відсоток сутностей, який піде за напрямом True	Відсоток, що визначає кількість моделей курток в ланцюгу перетворення	Табл. 4.7

Продовження таблиці 4.20

1	2	3	4	5	6
<b>Resource</b>					
Визначення ресурсів і їх властивостей	Особливості роботи конструктора	Capacity	Кількість ресурсів, що знаходяться у системі	Кількість конструкторів на підприємстві, осіб	Визначається для кожного підприємства (прогону моделі)
		Busy	Погодинна вартість обробки сутності ресурсом	Погодинна вартість розробки моделі конструктором	12 грн
		Idle	Вартість ресурсу, коли він вільний	Погодинна оплата роботи конструктора, коли він вільний	12 грн
<b>Schedule</b>					
Розклад	Частота прибуття сутностей	Type	Тип розкладу	Розклад отримання замовлень на розробку моделей	Arrival (розклад для модуля Create)

Таблиця 4.21

## Постійні параметри модулів імітаційної моделі

Параметр			Значення параметрів
Назва	Опис	Фізичний зміст	
1	2	3	4
<b>Create</b>			
Name	Ім'я модуля	Умовний номер моделі анорака	Create № A
Entity Type	Назва типу сутності	Умовний номер моделі анорака	Entity № A
Entities per arrival	Кількість сутностей, що входять в систему за 1 прибуття	Кількість моделей, що складають одне замовлення	5 шт.
Max arrivals	Максимальне число сутностей, що формується модулем (ресурс генератора)	Максимальна кількість моделей, які можуть бути замовлені для розробки	Infinite
First Creation	Час, через який приходить перша сутність у модель, від початку моделювання	Час, через який приходить перше замовлення на розробку моделі	0,0
<b>Process</b>			
Name	Ім'я модуля	Назва моделі виробу	Анорак №A (Jacket № A, Coat № A)
Type	Логічна схема модуля	Деталізація процесу конструкторської проробки моделі анорака	Standard (модуль не містить субмоделей)
Action	Тип обробки, яка проходить всередині модуля	Порядок роботи конструктора при розробці моделей анораків	Seize Delay Release (конструктор зайнятий розробкою моделі певний час, після якого звільняється)
<b>Separate</b>			
Name	Ім'я модуля	Умовний номер вихідної моделі анорака	Separate №A
Type	Спосіб розподілу сутностей, що входять до модуля	Спосіб розподілу конструкторської документації вихідної моделі анорака	Duplicate Original (дублювання конструкторської документації вихідної моделі анорака)
Percent Cost to Duplicates	Відсоток вихідних сутностей, які потрібно скопіювати	Відсоток моделей анораків, конструкторську документацію яких потрібно скопіювати	100 %

Продовження таблиці 4.21

<i>Decide</i>			
Name	Ім'я модуля	Умовний номер анорака	Decide № A
Type	Тип прийняття рішень	Визначення кількості моделей на півпальт і моделей курток у кожному ланцюгу	2-way by Chance (вибір рішення базується на ймовірності заданої відсотком моделей курток в ланцюгу, табл. 4.7)
Resource			
Name	Ім'я ресурсів	Конструктор	konstryktor
Type	Метод, який визначає місткість ресурсу	Метод, який визначає кількість конструкторів	Fixed Capacity (фіксована кількість)
Schedule Name	Назва розкладу	Назва розкладу	Schedule 1
Schedule			
Name	Назва розкладу	Назва розкладу	Schedule 1
Time Units	Масштаб осі часу у графіку розкладу	Масштаб осі часу у графіку розкладу	Дні

Розроблена модель відображає розвиток системи в часі, коли стан змінних системи змінюється у конкретні моменти часу.

Процес конструкторської підготовки досить довгий і використання механізму просування часу з постійним кроком призводить до значних затрат комп'ютерного часу. Крім того, інтервали часу між виникненням вагомих подій (отримання замовлення на розробку нової моделі, нового різновиду виробу тощо) значно відрізняються за своєю тривалістю. Тому для розробленої моделі вибрано механізм просування модельного часу «від події до події».

Параметри модулів Process, які характеризують час розробки моделі, наведені у таблиці 4.22. Значення розраховані на основі результатів опитування представників підприємств швейної промисловості (табл. 4.19) і даних про коефіцієнти уніфікації моделей виробів у ланцюгах перетворень.

Таблиця 4.22

Параметри модулів Process

Process	№A	Minimum, час	Maximum, час	Value, час	Std Dev, час
Anorak	13, 31, 103, 104, 105, 106	1	40	11,8	11,06
Jacket	13	0,3	12	3,54	3,32
Coat	13	0,4	16	4,72	4,42
Jacket	31				
Coat	31	0,3	12	3,54	3,32
Jacket	103				
Coat	103	0,2	8	2,36	2,21
Jacket, Coat	104, 105, 106	0,3	12	3,54	3,32

У вікні робочого поля моделі представлені: структура (блок-схема) моделі, годинник, календар, лічильник кількості розроблених анораків та дві діаграми, що відображають кількість розроблених півпальт і курток (див. рис. 4.29). Під час прогону імітаційної моделі всі фрагменти робочого вікна відображають статистичні параметри для певного моменту часу, що належить досліджуваному часовому проміжку.

Для запуску імітаційного моделювання процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення жіночого плечового верхнього одягу «Куртка-Анорака-Півпальто» слід викликати вікно run setup в середовищі Arena (Rockwell Automation). В запуску програми установки відмітити Project Parameters – зазначити Statistics Collection і обрати всі запропоновані звіти, крім Stations, Transporters, Conveyors.

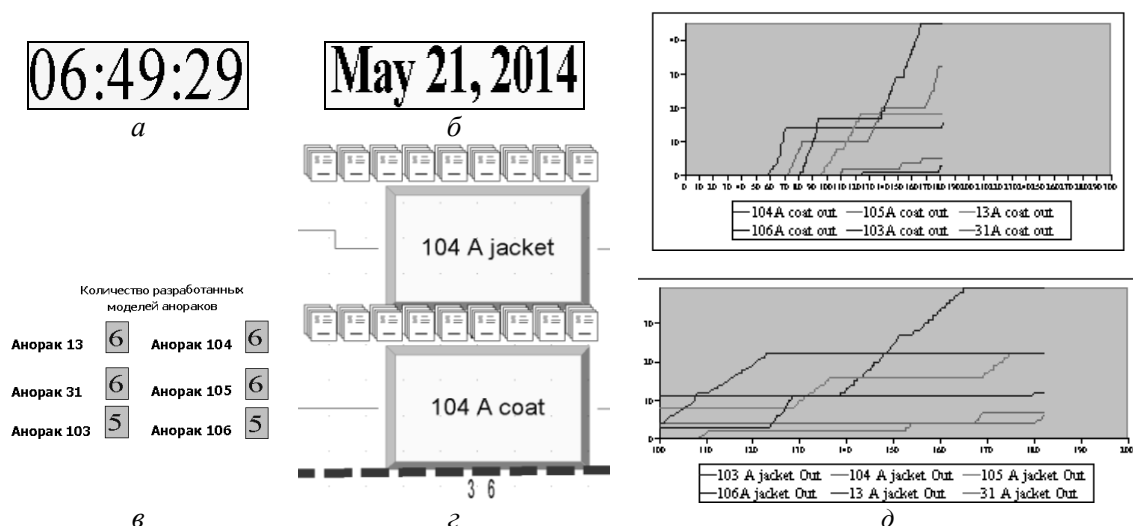


Рис. 4.29. Фрагменти робочого вікна під час прогону імітаційної моделі: а) годинник; б) календар; в) лічильник кількості розроблених моделей анораків; г) результат прогону моделі; д) діаграми, що відображають процес розробки моделей півпальт і курток

В результаті моделювання формується звіт, який містить перелік засобів оптимізації, а також аналіз вхідних і вихідних даних, а саме: короткий огляд інформації, що задана користувачем, часові характеристики виконання окремих процесів та використання ресурсів; представлена характеристики вартості розробки; звіт про ресурси (завантаженість процесу та можливі випадки простою), звіт про черговість розробки моделей. З допомогою панелі звітів можна переглянути результати імітації. На панелі звітів представлені: Category Overview (Короткий огляд категорій) і звіти за чотирма категоріями (сутності, процеси, черги і ресурси). Звіт про сутності (моделі виробів) розділений на декілька частин:

- Cycle Time – характеристики часу розробки моделі виробу;
- Total Cost – загальна вартість розробки моделей виробів;
- VA Cost – додаткова вартість розробки моделей виробів;
- Number Out (Number In) – кількість розроблених моделей (потрібно розробити);
- Wait Time – час очікування на розробку (період часу з моменту надходження моделі виробу в чергу і до моменту початку розробки);
- WIP (Work In Process) – час очікування моделей виробів у процесах;
- Usage – завантаженість конструкторів (див. рис. 4.30).

Верифікація імітаційної моделі виконана шляхом порівняння отриманих кількісних характеристик з даними офіційних сайтів підприємств [64–66], даними методичних вказівок з планування експериментальних цехів швейних підприємств [67], результатами опитування представників швейної галузі (див. табл. 4.23).

У результаті порівняння критерію Фішера розрахункового  $F_r$  і табличного  $F_t$  можна стверджувати, що імітаційна модель адекватно відображає процес конструкторської проробки на швейних підприємствах України ( $F_r = 2,81 < F_t = 4,28$ ).

Таким чином, імітаційну модель можна використати для наступних досліджень ланцюгів перетворень модельних рішень жіночого плечового верхнього одягу і формування рекомендацій з їх використання для оптимізації роботи конструктора в умовах швидкої зміни проектних ситуацій.

**Usage**

Instantaneous Utilization		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
konstryktor		0.9995	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Busy		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
konstryktor		2.9986	(Insufficient)	0.00	3.0000
Number Scheduled		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
konstryktor		3.0000	(Insufficient)	3.0000	3.0000
Scheduled Utilization		Value			
konstryktor		0.9995			
Total Number Seized		Value			
konstryktor		117.00			

**Рис. 4.30. Фрагмент звіту щодо завантаженості конструкторів**

Таблиця 4.23

**Експериментальна перевірка результатів роботи імітаційної моделі**

Назва підприємства	Кількість конструкторів	Кількість розроблених моделей, од			
		Емпіричні дані			В імітаційній моделі
		min	max	Середнє значення	
«Володарка» [65]	5	360	450	405	478
«Галичина» [64]	4	260	340	300	361
«ГАЯН» [66]	4	320	350	335	361
«Опанасенко»	3	110	130	120	114
[67]	3	105	110	107,5	114

Модель дозволяє виконати експериментальні дослідження щодо визначення залежності коефіцієнта завантаженості конструкторів від їх кількості та середньозваженого часу розробки конструкторської документації на одну модель виробу в умовах конкретного підприємства. Отримані результати доцільно використати в експертній системі для вибору допустимої довжини ланцюга перетворення під час гнучкої переорієнтації швейного виробництва.

**4.4. Структурна характеристика трансформуючих елементів**

Вироби-трансформери, на відміну від типових швейних виробів, характеризуються наявністю конструктивних елементів, які забезпечують процес трансформації, – трансформуючих елементів (ТЕ). Згідно з [16] такі конструктивні елементи як пілочка, спинка, бочок, рукав, кокетка, комір, вставка, манжета, кишень, прокладка (багатошарова), погон, капюшон можуть бути розглянуті і як деталі, і як вузли.

Вузол (складальна одиниця) виробу – це складне з'єднання частин деталей, або деталей функціонально-пов'язаних, тісно взаємодіючих, зосереджених в одному місці, яке здійснюється виконанням складальних операцій [68]. Вузли бувають першого, другого і вищих порядків. Тоді, ТЕ доцільно систематизувати за ознакою порядку вузла, який його представляє (табл. 4.24).

Для вивчення процесу трансформації виконано аналіз існуючого асортименту виробів-трансформерів [69, 70]. Розглянуто 600 моделей виробів-трансформерів жіночого плечового верхнього одягу, з яких відібрано 50 моделей, які відрізняються між собою кіль-

кістю та номінальними ознаками зовнішнього вигляду трансформ: вид матеріалу, вид виробу, силует, крій, комір, застібка, кишені, декоративні елементи.

Таблиця 4.24

## Систематизація трансформуючих елементів верхнього одягу

Ознака	Назва елемента	Перелік елементів
1-го порядку	Складальний комплекс	Стан виробу, верх виробу, підкладка виробу
2-го порядку	Основна деталь	Деталі пілочки, спинки, рукава
3-го порядку	Дрібна або оздоблювальна деталь	Манжети, комір, капюшон, кишені, клапани, пати, бретелі, хомутики, погони, пояс, баска, нижня частина стану виробу тощо

Виходячи з даних [11, 70, 71] виділено 11 видів трансформації. Виявлено, що у процесі трансформації можна застосувати як один, так і декілька видів трансформації одночасно для забезпечення бажаного результату. Аналіз показав, що серед 11-ти видів трансформації у верхньому одязі широко застосовують тільки сім, причому найчастіше використовують вид трансформації «від'єднання–приєднання» (рис. 4.31).



Рис. 4.31. Частота зустрічності (%) видів трансформації: а) в одязі; б) у верхньому одязі

У загальному, процес трансформації відрізняється ступенем змінюваності вихідного виробу. Враховуючи порядок вузлів, що беруть участь у трансформації, доцільно виділити три ступені трансформації (табл. 4.25).

Таблиця 4.25

## Характеристика процесу трансформації одягу за ступенем змінюваності вихідного виробу

Ступінь змінюваності вихідного виробу	Визначення	Приклад
I	Передбачає внесення незначних змін у вихідний виріб	Зміна довжини рукава, вкладання утеплювальної прокладки у виріб, зміна декоративних елементів, зміна розмірів одягу для вагітних
II	Характеризується зміною виду виробу за рахунок ТЕ без зміни основної функції	Перетворення пальта у жакет, куртки в жилет
III	Характеризується зміною виду виробу за рахунок ТЕ зі зміною основної функції	Перетворення куртки в рюкзак, шарфа в жилет, нижньої частини пальта в головний убір, утворення сумки з накладних кишень

Оскільки при трансформації одягу можна отримати один або декілька функціональних виробів, то доцільно розглядати одноваріантну і багатоваріантну трансформації.

Трансформуватись може як конструкція в цілому, так і окремі елементи конструкції. Тоді, процес трансформації можна розділити за ознакою повноти зміни на взаємозамінну та видозмінну трансформацію.

Взаємозамінна трансформація – це трансформація, яка передбачає зміну, перетворення виробу за рахунок окремих деталей конструкції вихідного виробу без зміни основного призначення вихідного виробу. Такому процесу трансформації характерний перший ступінь змінюваності вихідного виробу за рахунок трансформуючих елементів третього порядку.

Видозмінювана трансформація – це трансформація, яка передбачає зміну, перетворення основного призначення вихідного виробу. Такому процесу трансформації характерні другий та третій ступені змінюваності вихідного виробу за рахунок трансформуючих елементів першого та другого порядків.

Кількісний аналіз виділених характеристик представлений на рис. 4.32.

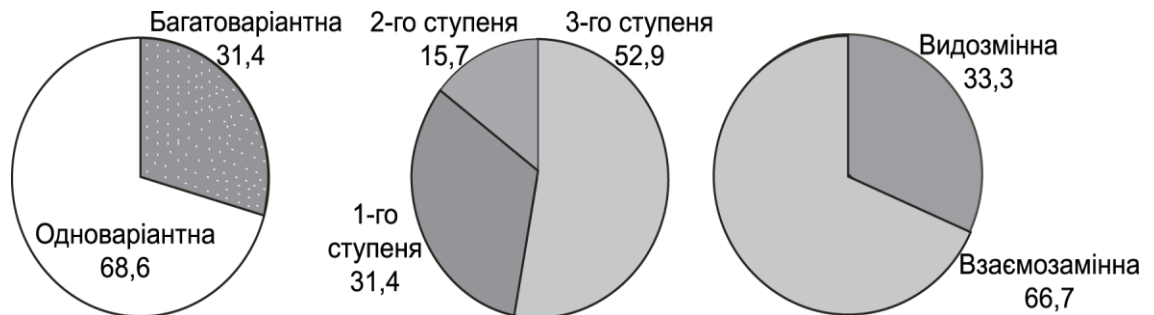


Рис. 4.32. Кількісний аналіз процесу трансформації за ознаками:  
а) варіантність; б) ступені змінюваності вихідного ВТ; в) повнота зміни

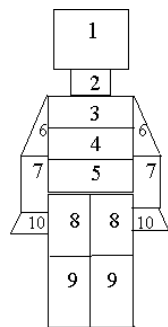


Рис. 4.33. Схема членування жіночого плечового верхнього одягу

Для характеристики розміщення ТЕ доцільно скористатися існуючою схемою умовного членування обolonки тіла людини і відповідних частин одягу [71], а також принципом локалізації антропоморфних поясів жіночої фігури [16] (рис. 4.33).

Слід відмітити, що види трансформації «від'єднання–присєднання», «заміщення», «посєднання–вкладання», «розчленування» і «вивертання» характеризуються повним від'єднанням ТЕ. Трансформації виду «регулювання–фіксація» відбуваються без від'єднання ТЕ. Вид «згортання–розгортання» ТЕ забезпечують трансформацію за рахунок їх часткового від'єднання.

Кількісний аналіз ТЕ дозволяє виділити засоби трансформації, які впливають на технологічне рішення виробу-трансформера. Обґрунтований вибір засобу трансформації вимагає наявності формальних ознак, за якими вони систематизуються. Їх доцільно виділити з існуючих класифікацій фурнітури. Виявлено, що для трансформації використовують три групи засобів трансформації: фурнітура; засоби фіксації; оздоблювальні матеріали (рис. 4.34). В одній моделі виробу-трансформера можуть бути використані як один, так і декілька засобів трансформації різного призначення. Найчастіше (64 %) в якості фурнітури використовують тасьму-«блискавку» (див. рис. 4.35).

Сучасний асортимент фурнітури, яка використовується як засоби трансформації, представлений у каталогах фірм-виробників.

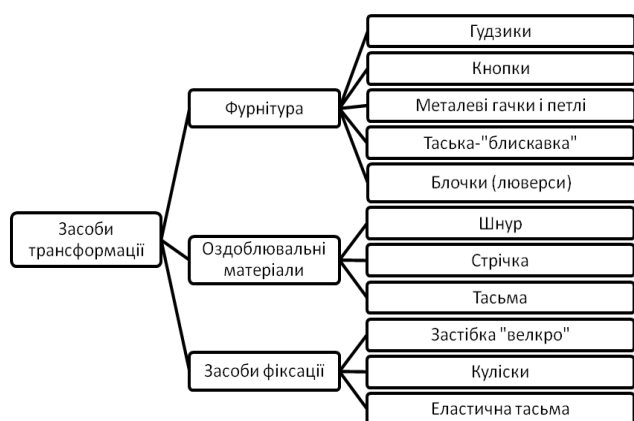


Рис. 4.34 – Засоби трансформації

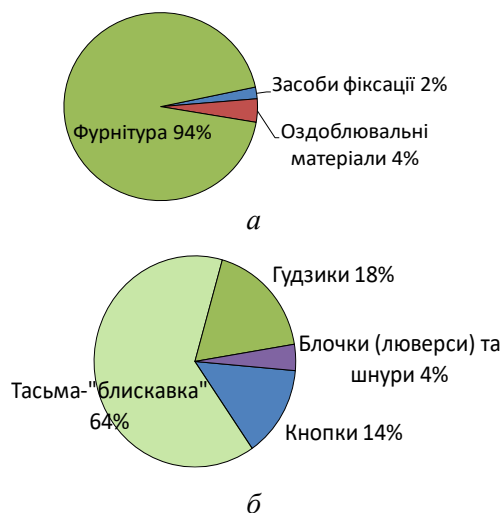


Рис. 4.35. Частота зустрічності засобів трансформації у верхньому одязі:  
а) за групами; б) у групі фурнітури

Аналіз каталогів і фільтрів пошуку у них дозволив сформувати класифікатори засобів трансформації групи фурнітура у вигляді табл. 4.26–4.29 та структур їх кодів (див. рис. 4.36).

Таблиця 4.26

**Класифікатор засобу трансформації «тасьма-«блискавка»**

Код	Характеристика	Код	Характеристика	Код	Характеристика
<b>Спосіб розтібання</b>		<b>Вид замка</b>		<b>Матеріал зубців</b>	
1	Нерознімна	1	Напівавтомат зі слайдером (пулером, бігунком)	1	Металеві
2	Рознімна	2	Автомат простий зі слайдером (пулером, бігунком)	2	Пластмасові
3	Рознімна з двома замками «Х»	3	Автомат з перекидним слайдером (пулером, бігунком)	3–9	Резерв
4	Рознімна з двома замками типу «трансформер»	4	Автомат з двома слайдерами (пулерами, бігунками)	<b>Види зубців</b>	
5	Двостороння нерознімна «О»	5–9	Резерв	1	«Трактор» (літі)
6	Екстрене розкриття	<b>Вид підсилюючого пружка</b>		2	«Спіраль» (виті)
7–9	Резерв	1	Жорстка (сітка)	3–9	Резерв
<b>Тип ланцюга</b>		2	<b>Еластична</b>	<b>Розмір зубців</b>	
1	Плаский	3–9	Резерв	1	Типи 3–8 (3–8 мм)
2	Екстра	<b>Колір ланцюга</b>		2	Типи 3–7 (3–7 мм)
3	Овал	1	Відповідний текстильний стрічці	3–9	Резерв
4	Декор	2	Контрастний		
5	Стрази	3	Алюміній		
6–9	Резерв	4	Бронза		
<b>Декоративне вирішення слайдера</b>		5	Мідь		
1	Форма	6	Антиквар		
2	Форма з додатковими матеріалами оздоблення	7	Комбінований		
3–9	Резерв	8–9	Резерв		

Таблиця 4.27

**Класифікатор засобу трансформації «гудзики»**

Код	Характеристика	Код	Характеристика	Код	Характеристика	Код	Характеристика
<i>Тип кріплення</i>		<i>Матеріал виготовлення</i>		<i>Форма</i>		<i>Декоративне рішення поверхні</i>	
1	З двома отворами	1	Пластмаса	1	Круглі	01	Гладкі
2	З чотирма отворами	2	Метал	2	Овальні	02	Плоскі
3	На ніжці	3	Перламутр	3	Квадратні	03	З бортиком
4	На потайній ніжці	4	Скло	4	Трикутні	04	Непрозорі
5-9	Резерв	5	Кістка	5	Прямокутні	05	З прозорими вставками
		6	Дерево	6	Фігурні	06	З орнаментом
		7	Спец. матеріали	7-9	Резерв	07	З написом
		8-9	Резерв			08	З перламутром
						09-99	Резерв

Таблиця 4.28

**Класифікатор засобу трансформації «кнопки»**

Код	Характеристика	Код	Характеристика	Код	Характеристика	Код	Характеристика
<i>Спосіб кріплення</i>		<i>Вид фіксації</i>		<i>Форма</i>		<i>Вид матеріалу</i>	
1	Набивні	1	Прості	1	Кругла	1	Сталь
2	З дужками	2	З S-подібним пружинним контактом	2	Кільцевидна	2	Нікель
3-9	Резерв	3	Магнітні	3	Клямерна	3	Латунь
	Діаметр кнопки	4-9	Резерв	4-9	Резерв	4	Бронза
9-17	9-17 мм					5-9	Резерв

Таблиця 4.29

**Класифікатор засобу трансформації «блочки (люверси)»**

Код	Характеристика	Код	Характеристика	Код	Характеристика	Код	Характеристика
<i>Призначення</i>		<i>Форма</i>		<i>Матеріал</i>		<i>Матеріал покриття</i>	
1	Для шкіри (з розсічкою)	1	Круглі	1	Сталь	1	Метал
2	Для тканини (без розсічки)	2	Овальні	2	Нікель	2	Емаль
3-9	Резерв	3	Квадратні	3	Латунь	3-9	Резерв
		4	Прямокутні	4	Бронза		
		5-9	Резерв	5	Алюміній		
						4-9	З використанням додаткових матеріалів і оздоблення

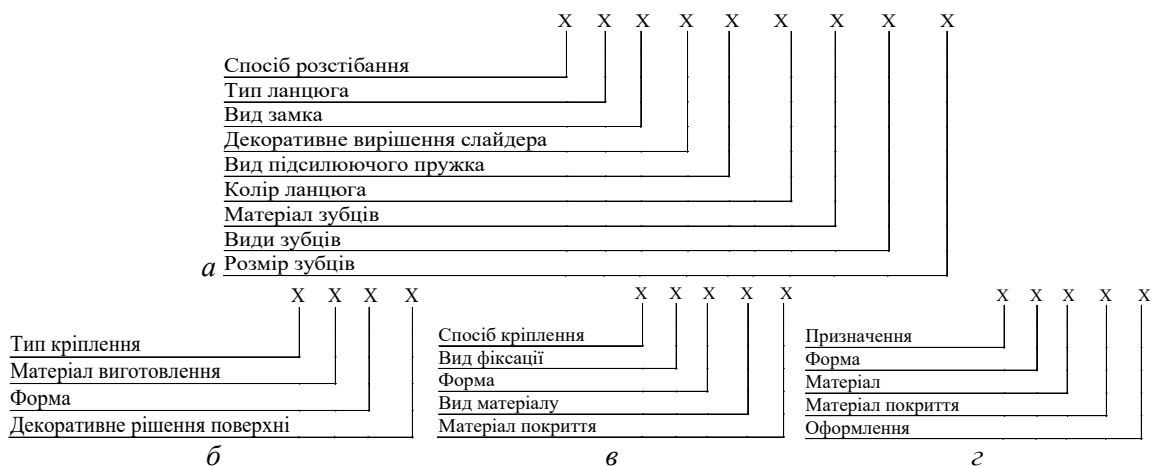


Рис. 4.36. Структури кодів засобів трансформації:

**а) тасьма-«блискавка»; б) гудзики; в) кнопки; г) блочки (люверси)**

Кількість розрядів у структурах кодів кожного із засобів трансформації визначає кількість колонок у відповідних таблицях баз даних фурнітури, які є загальнозжовженим засобом роботи конструктора у процесах конфекціонування.

Отже, структурну характеристику трансформуючих елементів представляють дев'ять груп класифікаційних ознак (рис. 4.37), які формуються за викладеною інформацією та з врахуванням таблиць 4.25 та 4.26, рис. 4.32 та 4.33. Структура коду дозволяє сформувати класифікатор трансформуючих елементів, який містить 14 розрядів коду (табл. 4.30).

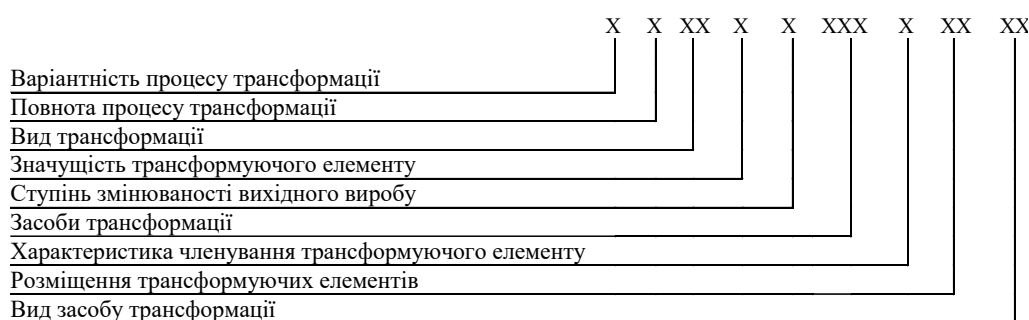


Рис. 4.37. Структура коду трансформуючих елементів

Таблиця 4.30

**Класифікатор трансформуючих елементів**

Код	Класифікаційна ознака	Код	Класифікаційна ознака	Код	Класифікаційна ознака
<b>Варіантність процесу трансформації</b>		<b>Ступінь змінюваності вихідного виробу</b>		<b>Розміщення ТЕ</b>	
1	Одноваріантна	1	I	01	Головний пояс
2	Багатоваріантна	2	II	02	Шийний пояс
3–9	Резерв	3	III	03	Плечовий пояс
<b>Повнота процесу трансформації</b>		4–9	Резерв	04	Грудний і талієвий пояс
1	Видозмінна	<b>Засоби трансформації</b>		05	Тазостегновий пояс
2	Взаємозамінна	1	Кількість	06	Плецо-ліктьовий пояс
3–9	Резерв	1.1	Без засобів трансформації	07	Передплічний пояс
<b>Вид трансформації</b>		1.2	З використанням одного засобу	08	Стегновий пояс
01	Розтяг-стиск	1.3	З використанням декількох засобів	09	Гомілковий пояс
02	Від'єднання-приєднання	1.4-1.9	Резерв	10	Кистьовий пояс
03	Регулювання фіксація	2	Призначення	11–99	Резерв
04	Згортання-розгортання	2.1	Функціональне	<b>Вид засобу трансформації</b>	
05	Зникнення-пооява	2.2	Функціональне-декоративне		
06	Заміщення	2.3–2.9	Резерв	01	Тасьма-«блискавка»
07	Вкладання	3	Група	02	Кнопки
08	Орієнтація	3.1	Фурнітура	03	Гудзики
09	Перестановка	3.2	Оздоблювальні матеріали	04	Блочки (люверси)
10	Розчленування	3.3	Засоби фіксації	05	Металеві гачки і петлі
11	Вивертання	3.3–3.9	Резерв	06	Шнур
12–99	Резерв	4–9	Резерв	07	Стрічка
<b>Значущість ТЕ</b>		<b>Характеристика членування ТЕ</b>		08	Тасьма
1	Першого порядку	1	Повне від'єднання	09	Застібка «велкро»
2	Другого порядку	2	Часткове від'єднання	10	Куліски
3	Третього порядку	3	Без від'єднання	11	Еластична тасьма
4–9	Резерв	4–9	Резерв	12–99	Резерв

Визначення поняття ступенів змінюваності вихідного виробу взаємопов'язане з повнотою процесу трансформації і значущістю ТЕ (табл. 4.31).

Таблиця 4.31

Зв'язки ТЕ та повноти трансформації

Ступінь змінюваності	Значущість ТЕ	Функція	
		виробу	трансформуючого елемента
I	$TE_3$	$\Phi_{вих} \equiv \Phi_{пр}$	$\Phi_{ТЕ} = \text{const}$
II	$TE_3, TE_2$	$\Phi_{вих} = \Phi_{пр}$	$\Phi_{ТЕ} \neq \text{const}$
III	$TE_2, TE_1$	$\Phi_{вих} \neq \Phi_{пр}$	$\Phi_{ТЕ} \neq \text{const}$

В таблиці 4.31  $\Phi_{вих}$ ,  $\Phi_{пр}$  – функція вихідного і трансформованого виробів відповідно;  $\Phi_{ТЕ}$  – функція ТЕ залежно від повноти процесу трансформації;  $TE_1$ ,  $TE_2$ ,  $TE_3$  – елементи 1–3-го порядків, відповідно.

Встановлений зв'язок між функціями ТЕ та ступенем трансформації показує, що найбільше змінюється вихідний виріб у тому випадку, коли ТЕ представлені не окремими конструктивними елементами, а вузлами (складальними одиницями), функції яких кардинально відрізняються у кожній із трансформ виробу.

#### 4.5. Організація бази даних трансформуючих елементів

Об'єктна модель відображає фактуальне знання про склад об'єктів, їх властивостей та зв'язків. Основними конструктивними елементами моделі є сутності, зв'язки між ними і їхні властивості (атрибути). Сутність – будь-який помітний об'єкт, який можна відрізнити від іншого, інформацію про який необхідно зберегти. Атрибутом сутності є будь-яка деталь, що служить для уточнення, ідентифікації, класифікації, числової характеристики або вираження стану сутності.

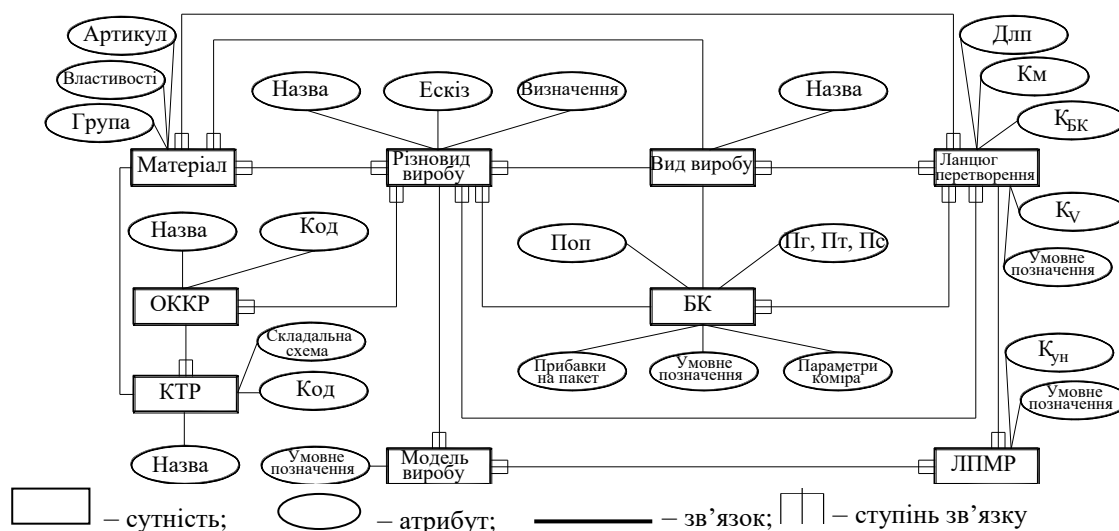
Структуру предметної області зазвичай представляють у вигляді ER-моделі (entity-relationship model – модель «сутність–зв'язок»), в якій сутності зображують позначеними прямокутниками, атрибути – позначеними овалами, а зв'язки між ними – ненаправленими ребрами, на яких може проставлятися ступінь зв'язку. Три точковий вхід у прямокутник ( $\equiv$ ,  $\parallel$ ) вказує на те, що для зв'язку можуть використовуватись багато екземплярів цієї сутності, одно точковий – у зв'язку може брати участь тільки один екземпляр сутності.

Згідно з типовою послідовністю розробки ER-моделі на першому етапі розробки ER-моделі предметної області гнучкої переорієнтації швейного виробництва одягу на основі ланцюгів перетворення формують перелік сутностей, що необхідні для опису предметної області, тобто набори подібних об'єктів, про які в системі повинна накопичуватись інформація: ланцюг перетворення; ланцюг перетворення модельних рішень (ЛПМР); вид, різновид та модель виробу; окреме конструктивно-композиційне рішення (ОККР); конструктивно-технологічне рішення (КТР); матеріал; базова конструкція (БК).

На наступному етапі обирають ключовий атрибут для кожної сутності, який однозначно її ідентифікує: назва (код або умовне позначення). Після цього виявляють залежності, що існують між визначеними сутностями, а також характеристики цього зв'язку, які відображаються у вигляді схеми (рис. 4.38): кожен ланцюг перетворення може бути представлений декількома різними варіантами ланцюгів перетворення модельних рішень виробів, кожен із яких у свою чергу складається із різних моделей різновидів виробів, які відносяться до певного виду виробу, що для плечових виробів зокрема характеризується відповідною конструкцією стану, рукава та коміра, і виготовляється із певного матеріалу. Кожен різновид виробу однозначно задається набором окремих конструктивно-композиційних рішень, кожне із яких може бути представлене множиною конструктивно-техно-

логічних рішень, залежно від обраного матеріалу, призначення, виду виробу, та заданих наперед (за напрямом моди або побажаннями споживача) модельних особливостей.

Сформована ER-модель відображає структуру таблиць бази даних експертної системи та взаємозв'язки між ними. Взаємозв'язки таблиць фактично відображають семантичні відношення (причина–наслідок; аргумент–функція; засіб–мета тощо) і є основою для формування бази знань ЕС, яка відображає дії та перетворення об'єктів відповідно до функціональної моделі.



**Рис. 4.38. ER-модель предметного середовища експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва**

Основна мета створення «Бази даних трансформуючих елементів» – отримання необхідної інформації споживачем для розробки виробу-трансформера жіночого плечового верхнього одягу. Необхідними даними для проектування ланцюгів перетворення або виробів-трансформерів жіночого плечового верхнього одягу на їх основі є:

- ланцюг перетворення видів виробів/виробу-трансформера;
- ряд прибавок, який необхідний для побудови базової конструкції ланцюга перетворення/виробу-трансформера;
- підбір матеріалів для ланцюга перетворення/виробу-трансформера;
- визначення трансформуючих елементів, які здійснюють трансформацію в межах обраного ланцюга перетворення;
- визначення засобів трансформації (ЗТ) та їх характеристик;
- оптимальні КТР трансформуючих елементів.

БД «База даних трансформуючих елементів» представляє собою набір таблиць у середовищі Ms Excel, взаємопов'язаних між собою. Записи однієї таблиці бази даних містять посилання на дані іншої таблиці (див. рис. 4.39), логічно пов'язуючи записи однієї таблиці з іншою. Усю систему роботи додатка з БД доцільно представити у вигляді трьох шарів чи модулів: сховище даних, що відповідає за збереження інформації і забезпечення її цілісності і несуперечності; логіка, яка реалізує набір правил предметної області додатка; презентаційний шар, який виводить дані у формі доступній користувачу і забезпечує інтерфейс для взаємодії з логікою (див. рис. 4.40).

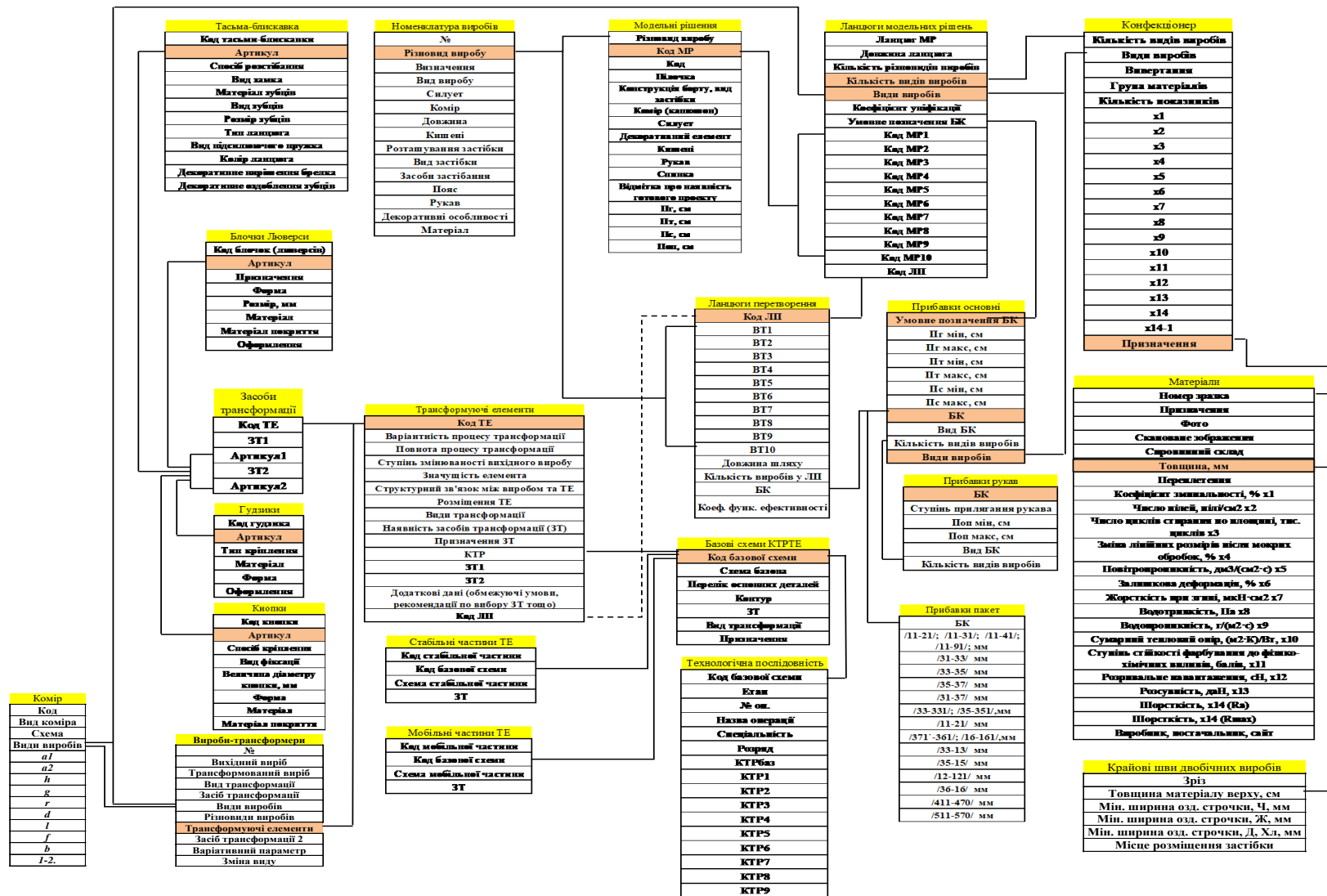
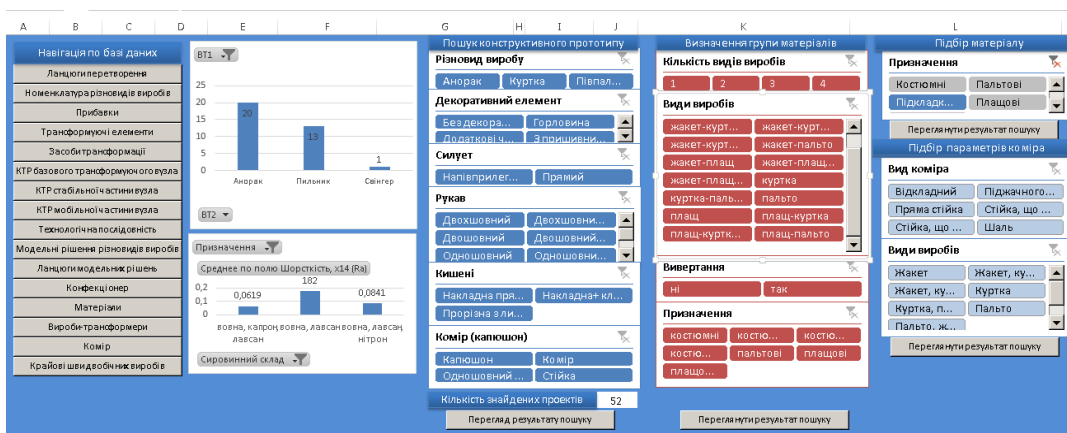


Рис. 4.39. Структура «Бази даних трансформуючих елементів»



а

Код базової схеми	Етап	№ оп.	Назва операції	Спеціальність	Розряд	КТР баз
1	Дублювання	1	Продублювати обшивку нижнього зриву верхньої частини стану вищого виробу (трансформованого виробу)	П	3	70
2	Обробка дрібних деталей	7	Запросувати згин обшивки низу стану трансформованого виробу	Пр	4	40
8	Обробка стану трансформованого виробу	27	Запросувати припуск на підгин низу стану трансформованого виробу	Пр	3	145
28	З'єднання стану трансформованого виробу з підкладкою	39	Пришити підкладку верхньої частини стану вищого виробу (трансформованого виробу) до обшивки нижнього зриву верхньої частини стану	М	4	165
40	З'єднання стану трансформованого виробу з підкладкою	43	Запросувати припуски шва пришивання підкладки стану трансформованого виробу в сторону стану	Пр	3	145
44	З'єднання стану трансформованого виробу з підкладкою	46	Намити місце розташування оздоблювальної строчки по низу стану трансформованого виробу	Р	3	50
47	З'єднання стану трансформованого виробу з підкладкою	47	Прокласти оздоблювальну строчку по низу стану трансформованого виробу, закріплюючи частину тасьми	М	4	165

б

- КТР 1 (сковати)
- КТР 2 (сковати)
- КТР 3 (сковати)
- КТР 4 (сковати)
- КТР 5 (сковати)
- КТР 6 (сковати)
- КТР 7 (сковати)
- КТР 8 (сковати)
- КТР 9 (сковати)

Рис. 4.40. Фрагмент бази даних: а) інтерфейс; б) таблиця «Технологічна послідовність»

### Список використаних джерел

1. Конструювання одягу з елементами САПР : учеб. для вузов / Е. Б. Коблякова, Г. С. Ивлева, В.Е. Романов и др. – 4-е изд., перераб. и доп. ; под ред. Е. Б. Кобляковой. – М. : Легпромбытиздат, 1988. – 464 с.
2. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Теоретические основы. Т. 1. – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1988. – 163 с.
3. Процик К. Л. Розробка технології проектування базових конструкцій одягу похідних покроїв на основі принципів трансформації : дис. канд. техн. наук : 05.19.04 / Процик Калина Лівіанівна – Київ, 2004. – 204 с.
4. Aldrich Winifred. Metric Pattern Cutting for women's wear / Winifred Aldrich. – 5th ed. – Wiley-Blackwell, 2008. – 224 p.
5. Бочкарева В. Е. Выкройки для женщин шикарных размеров: Модели на любую фигуру / В. Е. Бочкарева. – М. : РИПОЛ классик, 2006. – 608 с.

6. Конструирование одежды : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Э. К. Амирова, О. В. Саккулина, Б. С. Саккулин, А. Т. Труханова – М. : Мастерство : Высшая школа, 2001. – 496 с.
7. Кочесова Л. В. Конструирование женской одежды : учебник / Л. В. Кочесова. – 2-е изд., стереотип. – М. : Академия, 2007. – 304 с.
8. Литвин Г. В. Конструювання швейних виробів / Г. В. Литвин, А. О. Степура. – Київ : Вікторія, 2008. – 316 с.
9. Матузова Е. М. Разработка конструкций женских швейных изделий по моделям / Е. М. Матузова, Р. И. Соколова, Н. С. Гончарук. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 224 с.
10. Мешкова Е. В. Конструирование одежды : учеб. пособ. / Е. В. Мешкова. – М. : изд-во Оникс, 2006. – 176 с.
11. Патлашенко О. А. Конструювання одягу : навч. посіб. / О. А. Патлашенко. – Київ : Арістей, 2007. – 208 с.
12. Пітенін Д. М. Конструювання жіночого одягу / Д. М. Пітенін. – Київ : Техніка, 1970. – 108 с.
13. Радченко И. А. Справочник закройщика : учеб. пособ. для нач. проф. образования / И. А. Радченко, И. Б. Косинец. – М. : Академия, 2008. – 416 с.
14. Саламатова С. М. Конструирование одежды : учебник / С. М. Саламатова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 272 с.
15. Славінська А. Л. Основи модульного проектування одягу : монографія / А. Л. Славінська. – Хмельницький : ХНУ, 2007. – 167 с.
16. Труханова А. Т. Справочник молодого швейника / А. Т. Труханова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1985. – 319 с.
17. Михалін Г. О. Елементи теорії множин і теорії чисел / Г. О. Михалін, Л. І. Дюженкова. – Київ : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2003. – 128 с.
18. Бердник Т. О. Дизайн костюма / Т. О. Бердник, Т. П. Неклюдова. – Ростов н/Д : Феникс, 2000. – 448 с.
19. Бланк А. Ф. Практическая книга по моделированию женской одежды / А. Ф. Бланк, З. М. Фомина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Легпромбытиздат, 1991. – 256 с.
20. Рослякова Т. А. Дамский пиджак и пальто. Конструирование. Моделирование. Технология пошива. Серия «Учебный курс» / Т. А. Рослякова. – Ростов н/Д : Феникс, 2000. – 416 с.
21. Сивак В. Г. Легкие платья / В. Г. Сивак. – Київ : Час, 1992. – 336 с.
22. Славінська А. Л. Практикум з проектування і конструктивного моделювання одягу. В 2 ч. Ч. 1: Проектування та технічне моделювання базових конструкцій одягу : навч. посіб. / А. Л. Славінська, О. П. Сиротенко. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – 267 с.
23. Справочник по конструированию одежды / В. М. Медведков, Л. П. Боронина, Т. Ф. Дурьгина и др. ; под общ. ред. П. П. Кокеткина. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 312 с.
24. Янчевская Е. А. Конструирование верхней женской одежды : учеб. для кадров массовых профессий / Е. А. Янчевская. – М. : Легпромбытиздат, 1989. – 240 с.
25. Воронин М. Л. Конструирование и изготовление мужской верхней одежды беспримечным методом / М. Л. Воронин. – Киев : Техніка, 1985. – 232 с.
26. Мица В. В. Удосконалення методу проектування силуетних конструкцій чоловічого піджака : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.04 / Мица Вікторія Василівна. – Київ, 2005. – 214 с.
27. Міщенко О. В. Розроблення методу проектування одягу на жіночі фігури великих розмірів : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.19 / Міщенко О. В. – Хмельницький, 2008. – 239 с.
28. Славінська А. Л. Наукові основи топологічних процесів модульного проектування одягу : дис. ... д-ра техн. наук : 05.19.04 / Славінська Алла Людвигівна. – Київ, 2004. – 380 с.
29. Маценко В. Г. Комп'ютерна графіка : навч. посіб. / В. Г. Маценко. – Чернівці : Рута, 2009. – 343 с.
30. Вовк Ю. В. Удосконалення методу модульного проектування жіночих поясних виробів на основі комбінаторного синтезу : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.19 / Вовк Ю. В. – Хмельницький, 2013. – 276 с.

31. Масалова В. А. Градация методом масштабирования лекал швейных изделий / В. А. Масалова, Е. В. Шильдт // Швейная промышленность. – 2005. – № 5. – С. 38–41.
32. 3Dfashion – 3D-технологии в дизайне одежды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.3dfashion.biz>
33. Захаркевич О. В. Послідовність масштабування для отримання конструкцій швейних виробів у системі автоматизованого проектування / О. В. Захаркевич // Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність : тези доп. III Міжнар. наук.-практ. конференції, 2017 р. – Херсон. – С. 46–48.
34. Zakharkevich O. V. Development of the method of scaling patterns and virtual garments forms / O. V. Zakharkevich, S. G. Kuleshova // *Vlakna a Textil.* – 2017. – № 4. – P. 34–40.
35. Zakharkevich O. V. Methods of design of the different garments types / O. V. Zakharkevich // VI Ukrainian–Polish Scientific Dialogues: Conference Proceedings. International Scientific Conference, 21–24 October 2015, Khmelnytsky (Ukraine), Khmelnytsky National University. – 2015. – P. 58–60.
36. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Базовые конструкции женской одежды. Т. 2. – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1988. – 116 с.
37. Медведков В. М. Конструирование и моделирование женских пальто и плащей из синтетических материалов / В. М. Медведков. – М. : Легкая индустрия, 1968. – 108 с.
38. Захаркевич О. В. Метод побудови віртуальної форми жіночого плечового виробу шляхом масштабування / О. В. Захаркевич, М. В. Гречана // Наукові нотатки : міжвуз. зб. – Луцьк, 2011. – № 34. – С. 95–100.
39. Славінська А. Л. Методи типового проектування одягу : навч. посіб. / А. Л. Славінська. – Хмельницький : ХНУ, 2008. – 159 с.
40. Раздомахин Н. Н. Проекционные прибавки основа трехмерного проектирования одежды / Н. Н. Раздомахин // Швейная промышленность. – 2004. – № 3. – С. 32–34.
41. Сухарев М. И. Принципы инженерного проектирования одежды / М. И. Сухарев, А. М. Бойцова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 272 с.
42. Грушко И. М. Основы научных исследований / И. М. Грушко, В. М. Сиденко – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков, 1983. – 224 с.
43. Zakharkevich O. V. Scale factors calculating for recreating women's garments' form / O. V. Zakharkevich, S. G. Kuleshova, A. L. Slavinskaya // *Magazine textile and clothing.* – 2015. – № 6. – P. 146–151.
44. А. с. 59320 України. Комп'ютерна програма «Коефіцієнт» для автоматизації розрахунку коефіцієнтів масштабування при побудові віртуальної моделі швейного виробу / О. В. Захаркевич ; заяв. Захаркевич О. В. – № 59776 ; заявл. 18.02.2015 ; опубл. 15.04.2015.
45. А. с. 62897 України. Комп'ютерна програма «Scale from body shape» / С. Г. Кулешова, О. В. Захаркевич ; заявник Захаркевич О. В. – № 63397 ; заявл. 12.10.2015 ; опубл. 10.12.2015.
46. Zakharkevich O. V. Particularities of the evaluation the garment fitting through stress/strain map in Julivi Clo3D software / O. V. Zakharkevich // *International Scientific Journal Acta Universitatis Pontica Euxinus. Special number. XIII International Conference "Strategy of Quality in Industry and Education". Proceedings.* – 2016. – V. II. – P. 410–414.
47. Сборник Ателье-2002. М. Мюллер и сын. Техника кроя. – М. : ЗАО «ИД КОН-Лига Пресс», 2003. – С. 75–84.
48. Кудрявцева Н. В. Практикум з конструювання жіночого та чоловічого верхнього одягу за методикою ЕМКО РЕВ : навч. посіб. / Н. В. Кудрявцева, Л. В. Краснюк. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 163 с.
49. Захаркевич О. В. Обґрунтування вибору факторів впливу на сегментацію виробів-трансформерів / О. В. Захаркевич // *Легка промисловість.* – 2013. – № 1. – С. 50–52.
50. Fernando Burgo. IL MODELISMO : Tecnica del modello sartoriale e industriale donna, uomo, bambino/a. – Istituto di moda Burgo. – 2004. – 448 p.
51. Женские куртки и плащи • bonprix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bonprix.ua/kategoriya/360/kurtki-plashchi>.
52. Куртки оптом : МУЖСКАЯ ОДЕЖДА : поставка модной брендовой одежды в Москву, Санкт-Петербург и по всей России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://brand-boutique.ru/catalog/kurtkm/>

53. IBM SPSS – IBM Analytics [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.ibm.com/analytics/us/en/technology/spss/>
54. Журавлев Ю. И. «Распознавание». Математические методы. Программная система. Практические применения / Ю. И. Журавлев, В. В. Рязанов, О. В. Сенько. – М. : Фазис, 2005. – 159 с.
55. Червінська Т. В. Розробка конструктивних і технологічних рішень трансформуючих вузлів виробів-трансформерів верхнього одягу / Т. В. Червінська, Н. Г. Савчук // Наукові нотатки : міжвуз. зб. – 2011. – № 34. – С. 322–327.
56. Сиротенко О. П. Удосконалення методу гармонізації конструктивно-композиційних рішень жіночого легкого одягу : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.04 / Сиротенко Оксана Петрівна. – 2005. – 242 с.
57. Технология швейных изделий : учебник / под ред. А. В. Савостицкого. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 440 с.
58. Захаркевич О. В. Дослідження конфігурації ліній членувань рукавів у виробках-трансформерах / О. В. Захаркевич // Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (28–30 жовтня 2015 р.) – Херсон : ХНТУ, 2015. – С. 25–27.
59. Захаркевич О. В. Розробка математичних моделей кокеток, що зміщені відносно центру грудей / О. В. Захаркевич, Є. М. Решетник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 4. – С. 84–87.
60. Zakhharkevich O. V. Simulation models in process of designer's education / O. V. Zakhharkevich, S. G. Kuleshova, G. S. Shvets // International Conference on Education in Mathematics, Science & Technology. Abstract book. – 2016. – P. 145.
61. Захаркевич О. В. Основні підходи до розробки імітаційної моделі процесу конструкторської підготовки швейного виробництва / О. В. Захаркевич, У. Ф. Бабич // Сучасні тенденції розвитку промисловості : тези наук. пр. I міжнар. Інтернет-конф., 3–4 квітня 2014 р. – Хмельницький : ХНУ, 2014. – С. 121–125.
62. ARENA Users Guide, Sewickley: Systems Modeling Co., 1996.
63. Замятина О. М. Моделирование систем : учеб. пособ. / О. М. Замятина. – Томск, 2009. – 186 с.
64. Виробничо-торгове швейне підприємство «Галичина» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://galychyna.biz/contacts>
65. Володарка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.volodarka.com/>
66. Швейна фабрика «ГАЯН», ПП [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://shveyuna-fabrika-gayan.business-guide.com.ua/>
67. Сугак О. В. Проектирование швейных предприятий. Проектирование экспериментального цеха : метод. указ. / О. В. Сугак, А. И. Жереги, Д. И. Топорец. – Кишинэу, ТУМ, 2010. – 75 с.
68. Захаркевич О. В. Имитационная модель процесса конструкторской проработки цепи преобразования женской верхней одежды / О. В. Захаркевич // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2015. – № 29. – С. 43–54.
69. BestDress – сайт о платьях! [Electronic resource]. – Access mode: <http://bestdress.com.ua>
70. Безкоровайная Г. П. Проектирование детской одежды : учеб. пособ. / Г. П. Безкоровайная, С. В. Куренова. – М. : Мастерство, 2000. – 96 с.
71. Шамухитдинова Л. Ш. Разработка рациональных ассортиментных коллекций детской одежды и способов повышения ее долговечности для условий Средней Азии : автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.19.04 «Технология швейных изделий» / Л. Ш. Шамухитдинова. – М., 1992. – 23 с.
72. Славінська А. Л. Технологічний аспект багатofункціональності експлуатації виробу-трансформера / А. Л. Славінська, О. П. Сиротенко, Ю. В. Кошевка // Віснику Хмельницького національного університету. – № 1. – 2019. – С. 53–62.

## **Розділ 5.**

# **ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ У ПРОЦЕСАХ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ПІДГОТОВКИ ШВЕЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

---

### **5.1. Структура експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва**

Якщо за загальну задачу  $Z$  прийняти комплекс необхідних дій, змін, доповнень, уточнень та перевірок, що забезпечують гнучку переорієнтацію швейного виробництва жіночого плечового верхнього одягу, а сформована раніше база даних складає предметне середовище відповідної бази знань, то окремі таблиці бази даних є підзадачами  $z_1 \dots z_{12}$ , що входять до загальної задачі  $Z$ . Сформована структура ЕС наведена у таблиці 5.1.

Введення бази знань в оболонку ЕС відбувається за загальноприйнятою структурою продукційної моделі: слід ввести ім'я продукції (поняття, сутності), умову застосування ядра продукції, ядро продукції, післяумову.

Продукційна модель, або модель, що базується на правилах, – одна із моделей представлення знань. Вона дозволяє представити знання у вигляді речень виду «Якщо (умова) то (дія)» [1, 2]. Продукційна модель приваблює користувачів відносно простою, наочністю, високою модульністю, легкістю до внесення змін і доповнень, простотою схеми логічного виводу. Крім того, існує велика кількість програмних засобів, що реалізують саме продукційну модель. До таких відноситься і обрана на попередніх етапах дослідження «пуста» експертна система – оболонка ЕС «Рапана» [3–5].

Формування правил при продукційній моделі знань означає представлення їх у вигляді умов та дій. Умовна частина продукції – Умова 1, Умова 2, ..., Умова  $N$  (антецедент) або передумова (англ. *premise, antecedent*). Дієва частина продукції, дія (консеквент) або висновок (англ. *result, conclusion, consequence*).

Умовою (антецедентом) є речення-зразок, за яким здійснюється пошук у базі знань, а дією (консеквентом) – дії, що виконуються при успішних результатах пошуку. Умови, що описують поточний стан бази знань, розміщуються в робочій пам'яті. Виконувані дії можуть бути проміжними, що визначають умови для наступних дій, які утворюють конфліктну множину продукційної системи.

Правило може містити значну кількість умов. Формування правила, а саме кожної умови, виконують поетапно з метою однозначного виявлення зв'язку між багатьма незалежними змінними і однією залежною.

При формуванні правил знання набувають статусу відомих і невідомих. За основу відомих знань взято базу даних трансформуючих елементів. Невідомими знаннями є: рекомендована довжина ланцюга перетворення, склад ланцюга, а також оптимальні параметри властивостей матеріалів для конкретного ланцюга перетворення/виробу-трансформера. Невідомі знання можуть бути отримані комунікативними, текстологічними методами здобуття знань, а також за допомогою спеціальних досліджень під час формування правил.

Таблиця 5.1

**Структура експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва**

Задача	Призначення	Підзадача	Призначення	Черга виконання
<i>Ланцюг перетворення</i>				
Вибір ланцюга	Вибір ланцюга перетворення для виробу-трансформера/гнучкої переорієнтації виробництва	Визначення виду виробу	Встановлення виду виробу, до якого відноситься різновид виробу, що виготовляється на підприємстві в певний момент часу	0
		Альтернативи	Встановлення виду і різновиду виробу, на який доцільно виконувати переорієнтацію виробництва	1
		Визначення ланцюга	Визначення складу ланцюга перетворення для гнучкої переорієнтації виробництва	2
<i>Конфекціонер</i>				
Основна тканина	Вибір основної тканини верху для виробу-трансформера/ланцюга перетворення	Група тканин	Визначення групи тканин, що відповідає вимогам до видів виробів, які входять до ланцюга перетворення (виробу-трансформера)	0
		Кількість показників	Визначення кількості та складу показників, які необхідно визначити для конкретного матеріалу	0
		Підбір матеріалу	Визначення відповідності конкретного матеріалу поставленим вимогам	1
<i>Функціональний вузол</i>				
Параметри	Вибір рекомендованих параметрів конструкції вузлів виробу-трансформера/ланцюга перетворення	Вибір параметрів	Вибір рекомендованих параметрів конструкції вузлів виробу-трансформера/ланцюга перетворення	0
<i>Базова конструкція</i>				
Спосіб побудови	Вибір способу побудови базової конструкції стану та рукава, а також прибавок на вільне облягання для їх побудови	Вид виробу 1	Визначення вихідного виду виробу	0
		Вид виробу 2	Визначення виду виробу, в який перетворюється вихідний виріб	1
		Кількість БК	Кількість різних базових конструкцій, на основі яких проектується ланцюг перетворення/виріб-трансформер	2
		БК стану	Вибір базової конструкції стану для ланцюга перетворення/виріб-трансформера	3
		Вид рукава	Визначення виду рукава для ланцюга перетворення/виріб-трансформера	4
		Вибір БК	Рекомендації з вибору прибавок до універсальної конструкції стану та рукава або способу отримання базової конструкції	5

**5.2. Правила вибору ланцюга перетворення**

Ланцюг перетворення однозначно характеризується скінченною кількістю його складових, а отже може бути заданий переліком різновидів виробів, які в нього входять, кількість яких відповідає оптимальній довжині ланцюга.

Оптимальною довжиною ланцюга перетворення доцільно прийняти таку довжину, при якій конструктор раціонально використовує робочий час, забезпечуючи максимальний прибуток підприємству. Результати роботи імітаційної моделі конструкторської підготовки швейного виробництва дозволяють оцінити співвідношення між кількістю моделей, які потрібно розробити, та кількістю моделей, які розроблені, а також коефіцієнт завантаженості конструкторів.

Для проведення експерименту, що дозволить встановити завантаженість конструкторів, виділено два фактори впливу: кількість конструкторів та тривалість розробки однієї моделі. Коефіцієнт кореляції підтверджує наявність кореляційного зв'язку коефіцієнта завантаженості конструкторів та обраних факторів (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Коефіцієнти кореляції			
Фактор	$K_g$	$K_{констр}$	$t$
$K_g$	1	–	–
$K_{констр}$	–0,455	1	–
$t$	0,624	0	1

В результаті опитування (див. табл. 4.7) отримано максимальний і мінімальний час та можливу кількість конструкторів на підприємстві.

Імітаційне моделювання виконано для п'яти проектних ситуацій, які характеризувались тривалістю розробки конструкторської документації на одну модель виробу та кількістю конструкторів. Всі інші параметри імітаційної моделі залишаються незмінними. В якості функції відгуку прийнято параметр завантаженості конструкторів. Для запуску імітаційної моделі за нульовий рівень прийнято усереднені дані результатів опитування підприємств. Значення функції відгуку для плану експерименту за результатами імітаційного моделювання представлені у вигляді таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Номер експерименту	Коефіцієнт використання часу (Instantaneous Utilization)			Розрахункова кількість конструкторів (Number Busy)			Кількість за штатним розкладом (Number Scheduled)
	Прогін 1	Прогін 2	Середнє значення	Прогін 1	Прогін 2	Середнє значення	
1	0,82	0,83	0,83	0,82	0,83	0,83	1
2	0,17	0,16	0,17	0,83	0,82	0,83	5
3	0,99	0,99	0,99	4,99	4,99	4,99	5
4	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1
5	0,99	0,99	0,99	2,99	2,99	2,99	3

В результаті експерименту отримано наступне рівняння:

$$K_g = 0,831 + 0,011t - 0,084K, \quad (5.1)$$

де  $K_g$  – коефіцієнт використання робочого часу конструкторів;  $t$  – час на розробку однієї моделі, год;  $K$  – кількість конструкторів на підприємстві, осіб.

В результаті порівняння критерію Фішера розрахункового (1,25) та табличного (5,05), можна стверджувати, що рівняння регресії значиме, так як розрахункове значення менше табличного, і відповідно залежна змінна досить близько описується включеними до регресійної моделі незалежними змінними.

Таким чином, отриманим рівнянням можна користуватися для розробки правил роботи продукційної моделі експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва при виборі довжини ланцюга перетворення модельних рішень виробів, яка забезпечує оптимальну завантаженість конструкторів.

Визначення довжини ланцюга перетворення виконано за пропорційним розрахунком на основі коефіцієнта завантаженості конструкторів, що визначається за формулою (5.1) прийнявши за основу наступне співвідношення: розрахований коефіцієнт завантаженості відповідає довжині ланцюга 3 (оскільки для нього розроблена імітаційна модель), а кое-

фіцієнту 1 – оптимальна довжина ланцюга. Тоді довжина ланцюга розраховується за формулою (5.2):

$$\ddot{A}_{\dot{v}} = \frac{3}{\hat{E}_{\dot{a}}}, \quad (5.2)$$

де  $D_l$  – довжина ланцюга перетворення.

В таблиці 5.4 представлено розрахунок коефіцієнтів завантаженості конструкторів за отриманою емпіричною залежністю (5.1) для всіх можливих дискретних значень кількості конструкторів та середніх значень часу на розробку моделі з використанням САПР  $t_{\min}$  та вручну  $t_{\max}$ . Розраховані довжини ланцюгів округлені до найближчого цілого, оскільки довжина ланцюга є дискретною величиною.

Таблиця 5.4

**Розрахунок завантаженості конструкторів**

Кількість конструкторів	Коефіцієнт завантаженості конструкторів, при		Довжина ланцюга:			
			розрахункова		рекомендована	
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$
1	0,83	0,95	3,62	3,16	4	3
2	0,75	0,87	4,02	3,46	4	3
3	0,66	0,79	4,52	3,82	5	4
4	0,58	0,70	5,16	4,27	5	4
5	0,49	0,62	6,01	4,83	6	5

Як відомо, використання САПР значно скорочує час на розробку моделей виробів. Отже, можна стверджувати наявність прямого зв'язку між наявністю САПР і терміном розробки моделі. Тоді час на розробку моделі виробу може бути оцінений користувачем опосередковано в результаті відповіді на питання щодо наявності САПР на підприємстві. Тоді вибір довжини ланцюга має здійснюватись за правилом, наведеним у таблиці 5.5.

Рекомендована довжина ланцюга представлена у комірці таблиці на перетині двох умов: 1 – кількість конструкторів та 2 – наявність САПР на підприємстві.

Таблиця 5.5

**Вибір оптимальної довжини ланцюга перетворення**

Наявність САПР	Кількість конструкторів				
	1	2	3	4	5
Так	3	3	4	4	5
Ні	2	3	3	3	4

Для вирішення задачі вибору ланцюга перетворення відомі дані представлені вихідним різновидом виробу, який виготовляється на підприємствах на певний момент часу, та визначеною на попередньому етапі рекомендованою довжиною ланцюга. Такі дані не дозволяють однозначно обрати наступні складові ланцюга. Це пояснюється наявністю конфліктної ситуації, при якій вказаним умовам відповідають більше, ніж один ланцюг перетворення у базі даних трансформуючих елементів.

Для вибору кожного наступного різновиду виробу ланцюга доцільно скористатися технологією багатоальтернативного проектування. Для цього необхідно розглянути взаємодії об'єктів ланцюга перетворення у часовому аспекті.

У [6] запропонований гнучкий прийом врахування часу в задачах модифікованого методу морфологічного аналізу. Шляхом комбінування подій і тенденцій можна отримати результати розрахунку для різних сценаріїв, що визначені у процесі технологічного передбачення. Відповідно до цього методу, фактори, які можуть впливати на об'єкт з часом, –

це події, які приводять до моментальної зміни ймовірності альтернатив параметрів; тенденції або безперервні зміни ймовірностей альтернатив параметрів.

Вихідними даними для розрахунків ймовірності появи альтернатив параметрів є: морфологічна таблиця з множиною характеристичних параметрів  $F = \{F_i | i \in \overline{1, N}\}$ , в якій кожний параметр  $F_i$ , описується множиною альтернатив  $A = \{a_j^{(i)} | j \in \overline{1, n_i}\}$ ; сукупність подій та тенденцій, які впливають на об'єкт.

Згідно з результатами факторного аналізу різновидів виробів жіночого плечового верхнього одягу, кожний різновид представляється кортежем із п'яти компонент. Тоді морфологічна таблиця має розмірність  $N \times n_i$ , де  $N = 5$  (кількість компонент, які описують різновид виробу), а  $n_i$  – кількість альтернатив кожної компоненти, яка визначається як сума кількості різновидів виробів, що розміщені на сусідніх ярусах по відношенню до різновиду виробу, який проектується на підприємстві на поточний момент часу, плюс один (безпосередньо сам різновид, який проектується на поточний момент часу).

За рекомендаціями [6] набір подій залежить від вибраного проміжку часу та деталності моделювання поведінки об'єкта. Нехай  $E$  – множина подій, які можуть вплинути на об'єкт, де  $E = \{E_k | k \in \overline{1, n_E}\}$ .

Множину тенденцій позначають  $T = \{T_k | k \in \overline{1, n_T}\}$  – тенденції, які впливають на різновиди виробів, задані морфологічною таблицею. На відміну від подій, тенденції впливають на ймовірності альтернатив параметрів морфологічної таблиці, поступово змінюючи їх протягом досліджуваного проміжку часу.

Кожна подія  $E_k$  певним чином впливає на ймовірність появи альтернатив параметрів морфологічної таблиці. Ступінь впливу події  $E_k$  на альтернативу  $a_j^i$  позначають масштабним коефіцієнтом  $\sigma_{kij}$ . Масштабні коефіцієнти  $\sigma_{kij}$  визначають на основі опитування експертів за наступною шкалою (табл. 5.6) [3].

Таблиця 5.6

Шкала оцінювання впливу факторів зміни з часом

Номер рівня	Якісна характеристика рівня впливу	Значення $\sigma_{kij}$ в загальному вигляді	Значення $\sigma_{kij}$ при $q = \sqrt{2}$	Значення $\sigma_{kij}$ при $q = 2$
1	Дуже сильно негативне	$q^{-4}$	0,250	0,063
2	Сильно негативне	$q^{-3}$	0,354	0,125
3	Помірно негативне	$q^{-2}$	0,500	0,250
4	Слабо негативне	$q^{-1}$	0,707	0,500
5	Відсутнє	1	1,000	1,000
6	Слабо позитивне	$q$	1,414	2,000
7	Помірне позитивне	$q^2$	2,000	4,000
8	Сильно позитивне	$q^3$	2,828	8,000
9	Дуже сильно позитивне	$q^4$	4,000	16,000

Значення  $q$  у таблиці 5.6 вибирають залежно від проблеми. Великі значення  $q$  означають більший ступінь впливу події на альтернативи параметрів морфологічної таблиці.

Ступінь впливу тенденції  $T_k$  на альтернативу  $a_j^i$  оцінюють за допомогою масштабного коефіцієнта  $\tau_{kij}(t)$  від часу. Значення цього коефіцієнта у момент часу  $t$  визначає вплив відповідної тенденції на альтернативи параметра морфологічної таблиці, і визначається за формулою:

$$\tau_{kij}(t) = 1 + \frac{\sigma_{kij} - 1}{6} t, \quad (5.3)$$

де  $t$  – час від моменту, коли приймається рішення, до моменту часу, коли оцінюється вплив тенденції на альтернативу параметра морфологічної таблиці, міс.

Формула (5.3) передбачає розрахунок масштабних коефіцієнтів на 6-ти місячний проміжок часу. Вибір такого періоду обґрунтовано періодичністю випуску перспективних колекцій сезонів «весна–літо» або «осінь–зима» світовими будинками моди, що дозволяє прогнозувати напрям моди на відповідний момент часу та з урахуванням зміни сезонів.

Для певного моменту часу  $t$  стан об'єкта визначається з урахуванням множини  $T$  діючих тенденцій і підмножини  $E' \subset E$  подій, які відбудуться до моменту часу  $t$ , тому незалежні ймовірності альтернатив параметрів морфологічної таблиці розраховуються, як:

$$p_{ji}^{n(i)}(t) = \frac{\prod_{k=1}^{n_{E^*}} \sigma_{kij} \prod_{k=1}^{n_T} \tau_{kij}(t) p_{ji}'^{(i)}}{\sum_{j=1}^{n_i} \left( \prod_{k=1}^{n_{E^*}} \sigma_{kij} \prod_{k=1}^{n_T} \tau_{kij}(t) p_j'^{(i)} \right)}, \quad (5.4)$$

де  $p$  – початкова ймовірність альтернативи  $j$ -ї компоненти;  $i$  – номер компоненти;  $j$  – номер альтернативи  $i$ -ї компоненти;  $t$  – час, місяців;  $n_T$  – кількість тенденцій, що впливають на  $i$ -ту компоненту;  $k$  – номер події (тенденції);  $n_i$  – кількість альтернатив  $i$ -ї компоненти;  $n_{E^*}$  – кількість подій, що впливають на  $i$ -ту компоненту;  $\sigma$  – масштабний коефіцієнт впливу подій;  $\tau$  – масштабний коефіцієнт впливу тенденцій.

Умовний різновид виробу  $X(t)$ , який прогнозований для певного моменту часу  $t$ , визначається конструктивно-композиційними рішеннями, ймовірність появи яких є максимумом:

$$X(t) = (F_1(p_{\max}^{n(1)}(t)), \dots, F_5(p_{\max}^{n(5)}(t))). \quad (5.5)$$

Рекомендований різновид виробу  $Xq$  з вихідної множини альтернатив визначається мінімумом функції:

$$\rho(X(t), Xq)_n = \sqrt{\sum_{i=1}^5 (F_{X(t)i} - F_{qni})^2}, \quad (5.6)$$

де  $X(t)$  – прогнозований для деякого моменту часу  $t$  різновид виробу;  $Xq$  – різновид виробу із умовним номером  $q$ ;  $F_{X(t)1}, \dots, F_{X(t)5}$  – характеристики конструктивно-композиційних рішень прогнозованого для моменту часу  $t$  різновиду;  $F_{q1}, \dots, F_{q5}$  – характеристики конструктивно-композиційних рішень різновиду виробу із умовним номером  $q$ ;  $n$  – кількість альтернатив різновидів виробів:

$$n = 1 + n_{k+1} + n_{k-1}, \quad (5.7)$$

де  $k$  – номер ярусу, на якому знаходиться поточний різновид виробу (який підприємство виготовляє на момент виконання розрахунків) у структурно-логічній схемі типологічного ряду;  $n_{k+1}$  ( $n_{k-1}$ ) – кількість різновидів виробів, що знаходяться на відстані одного ребра від поточного різновиду виробу на ярусах нижче (вище)  $k$ -го ярусу.

Кількість моментів часу  $K_t$ , для яких визначається умовний різновид виробу  $X(t)$ , обирається виходячи з умови обмеження  $\ddot{A}_{\bar{E}I}(t) \leq \ddot{A}_{\bar{E}I_{\text{max}}} = K_t$ . Таким чином, крок визначення умовного різновиду виробу складає  $6/K_t$ , а функція визначення  $t$  приймає вигляд формули визначення члена арифметичної прогресії:

$$t_i = t_{i-1} + \frac{6}{K_t}. \quad (5.8)$$

Для кожного моменту часу  $t$  визначається умовний різновид виробу  $X(t)$  і мінімум функції (5.6), в якій для розрахунку кількості альтернатив приймають  $k$  – номер ярусу, на якому знаходиться різновид виробу, визначений на попередньому етапі розрахунку (для попереднього моменту часу). Сукупність отриманих в результаті різновидів виробів визначає склад ланцюга перетворення.

Для безпосереднього використання описаного прийому для вибору ланцюга перетворення, необхідно визначити ймовірності  $\rho_j^i$  реалізації кожної із альтернатив  $\bar{a}_j^i$  у заданий момент часу  $t$  з урахуванням подій і тенденцій, які вплинули на кожну компоненту.

Початкові ймовірності альтернатив (табл. 5.7) визначені з урахуванням рекомендацій [7]. Прийнято, що за умови, коли на компоненту не впливають зовнішні фактори, всі альтернативні значення компоненти можуть з'являтися з однаковою ймовірністю, яка дорівнює  $1/m$ , де  $m$  – кількість альтернативних варіантів кожної ОККР у таблиці 2.1.

Таблиця 5.7

Початкові ймовірності альтернатив

Характеристичний параметр $F$	$i$	Кількість альтернатив	$\rho_{j^i}^{(i)}$
$F_1$ – силует	1	5	0,2
$F_2$ – розташування застібки	2	4	0,25
$F_3$ – пояс	3	4	0,25
$F_4$ – кишені	4	4	0,25
$F_5$ – засоби застібання	5	4	0,25

Виділено дві події, які впливають на вибір альтернатив компонент: попит  $E_1$  та наявність конструктивного прототипу  $E_2$ . Тоді, якщо компонента користується попитом, то подія вважається такою, що відбулась і позначається  $+E_1$  («Користується попитом»). У випадку, якщо компонента не користується попитом, то подія вважається такою, що не відбулась і позначається  $-E_1$  («Відсутність попиту»). Аналогічно:  $+E_2$  – «Наявність конструктивного прототипу модного різновиду виробу»,  $-E_2$  – «Відсутність конструктивного прототипу модного різновиду виробу».

Крім того, виділено дві тенденції: зміна напрямку моди ( $T_1$ ) та зміна сезонів ( $T_2$ ). Тоді:  $+T_1$  – «наростання модної тенденції на компоненту (ОККР, що входять до компоненти стають модними)»;  $-T_1$  – «спадання модної тенденції на компоненту (ОККР, що входять до компоненти стають немодними)»;  $+T_2$  – «зміна сезонів, що сприяє потребі у різновиді виробу, якому характерна наявність компоненти»;  $-T_2$  – «Зміна сезонів, що виключає потребу у різновиді виробу, якому характерна наявність компоненти».

Середньозважені рівні впливу на об'єкт подій та тенденцій зміни з часом визначені в результаті виконання експертних процедур. В результаті опитування експертів 100 % респондентів вказали, що із двох подій  $E_1$  та  $E_2$ , подія  $E_1$  (попит) є більш значущою, а отже для неї  $q = 2$ . Тоді для події  $E_2$  (наявність конструктивного прототипу)  $q = \sqrt{2}$ . Ана-

логічно визначено переважання вагомості тенденції  $T_1$  (зміна напрямку моди,  $q = 2$ ) над тенденцією  $T_2$  (зміна сезонів,  $q = \sqrt{2}$ ).

Таким чином, отримані оцінки експертів щодо впливу подій на вибір альтернативних компонент, які описують різновид виробу, використані для вибору масштабних коефіцієнтів із таблиці 5.6. Результати представлені у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8

**Розрахунок масштабних коефіцієнтів впливу подій**

Умовне позначення	Подія	$\sigma_{kij}$ для компоненти				
		$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$
$+E_1$	Користується попитом	8,000	4,000	4,000	8,000	4,000
$-E_1$	Відсутність попиту	0,250	0,500	0,500	0,250	0,250
$+E_2$	Наявність конструктивного прототипу модного різновиду виробу	2,000	2,000	1,000	1,414	1,000
$-E_2$	Відсутність конструктивного прототипу модного різновиду виробу	0,707	0,707	1,000	0,707	1,000

Масштабні коефіцієнти впливу тенденцій розраховано окремо за кожною компонентою (табл. 5.9) для 12 моментів часу з кроком 0,5 місяця.

Таблиця 5.9

**Розрахунок масштабних коефіцієнтів впливу тенденцій**

Компонента	Характеристика рівня впливу тенденції на компоненту		$q$	$\sigma_{kij}$	Формула для розрахунку $\tau_{kij(t)}$	$\tau_{kij(t)}$ , якщо $t =$											
	Вихідна	У заданий момент часу				0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
<b><math>+T_1</math>, наростання модної тенденції на компоненту (ОККР, що входять до компоненти стають модними)</b>																	
$F_1$	Відсутнє	Сильно позитивне	2	8	$1+1,17t$	1,585	2,170	2,755	3,340	3,925	4,510	5,095	5,680	6,265	6,850	7,435	8,020
$F_2$		Помірне позитивне	2	4	$1+0,5t$	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000	3,250	3,500	3,750	4,000
$F_3$		Помірне позитивне	2	4	$1+0,5t$	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000	3,250	3,500	3,750	4,000
$F_4$		Помірне позитивне	2	4	$1+0,5t$	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000	3,250	3,500	3,750	4,000
$F_5$		Сильно позитивне	2	8	$1+1,17t$	1,585	2,170	2,755	3,340	3,925	4,510	5,095	5,680	6,265	6,850	7,435	8,020
<b><math>-T_1</math>, спадання модної тенденції на компоненту (ОККР, що входять до компоненти стають немодними)</b>																	
$F_1$	Відсутнє	Помірно негативне	2	0,25	$1-0,125t$	0,938	0,875	0,813	0,750	0,688	0,625	0,563	0,500	0,438	0,375	0,313	0,250
$F_2$		Слабо негативне	2	0,5	$1-0,083t$	0,959	0,917	0,876	0,834	0,793	0,751	0,710	0,668	0,627	0,585	0,544	0,502
$F_3$		Слабо негативне	2	0,5	$1-0,083t$	0,959	0,917	0,876	0,834	0,793	0,751	0,710	0,668	0,627	0,585	0,544	0,502
$F_4$		Відсутнє	2	1	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$F_5$		Сильно негативне	2	0,125	$1-0,146t$	0,927	0,854	0,781	0,708	0,635	0,562	0,489	0,416	0,343	0,270	0,197	0,124
<b><math>+T_2</math>, зміна сезонів, що сприяє потребі у різновиді виробу, якому характерна наявність компоненти</b>																	
$F_1$	Відсутнє	Відсутнє	$\sqrt{2}$	1	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$F_2$		Слабо позитивне	$\sqrt{2}$	1,414	$1+0,069t$	1,035	1,069	1,104	1,138	1,173	1,207	1,242	1,276	1,311	1,345	1,380	1,414
$F_3$		Слабо позитивне	$\sqrt{2}$	1,414	$1+0,069t$	1,035	1,069	1,104	1,138	1,173	1,207	1,242	1,276	1,311	1,345	1,380	1,414
$F_4$		Помірне позитивне	$\sqrt{2}$	2	$1+0,167t$	1,084	1,167	1,251	1,334	1,418	1,501	1,585	1,668	1,752	1,835	1,919	2,002
$F_5$		Помірне позитивне	$\sqrt{2}$	2	$1+0,167t$	1,084	1,167	1,251	1,334	1,418	1,501	1,585	1,668	1,752	1,835	1,919	2,002
<b><math>-T_2</math>, зміна сезонів, що виключає потребу у різновиді виробу, якому характерна наявність компоненти</b>																	
$F_1$	Відсутнє	Слабо негативне	$\sqrt{2}$	0,707	$1-0,049t$	0,976	0,951	0,927	0,902	0,878	0,853	0,829	0,804	0,780	0,755	0,731	0,706
$F_2$		Слабо негативне	$\sqrt{2}$	0,707	$1-0,049t$	0,976	0,951	0,927	0,902	0,878	0,853	0,829	0,804	0,780	0,755	0,731	0,706
$F_3$		Слабо негативне	$\sqrt{2}$	0,707	$1-0,049t$	0,976	0,951	0,927	0,902	0,878	0,853	0,829	0,804	0,780	0,755	0,731	0,706
$F_4$		Слабо негативне	$\sqrt{2}$	0,707	$1-0,049t$	0,976	0,951	0,927	0,902	0,878	0,853	0,829	0,804	0,780	0,755	0,731	0,706
$F_5$		Помірно негативне	$\sqrt{2}$	0,5	$1-0,083t$	0,959	0,917	0,876	0,834	0,793	0,751	0,710	0,668	0,627	0,585	0,544	0,502

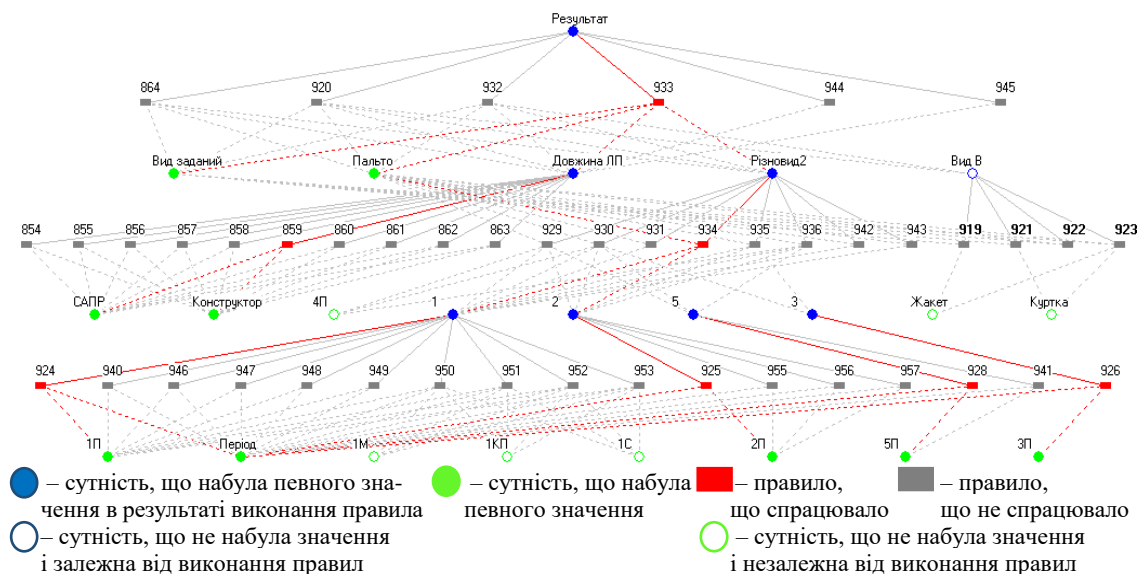
Очевидно, що в формулі (5.4) чисельник і знаменник містять ланки, які мають однакові складові. Для скінченної наперед заданої кількості розглянутих подій і тенденцій, масштабні коефіцієнти яких відомі і початкові альтернативи визначені, розрахунок однотипних ланок представляють, виключивши знак добутку членів послідовності (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

**Формули розрахунку однотипних ланок формули (5.4)**

X-ка	Тенденція	Подія				
		$+E_1$		$-E_1$		
		$+E_2$	$-E_2$	$+E_2$	$-E_2$	
$F_1$	$+T_1$	$+T_2$	$3,2(1+1,17t)$	$1,13(1+1,17t)$	$0,1(1+1,17t)$	$0,035(1+1,17t)$
		$-T_2$	$3,2(1+1,17t)(1-0,049t)$	$1,13(1+1,17t)(1-0,049t)$	$0,1(1+1,17t)(1-0,049t)$	$0,035(1+1,17t)(1-0,049t)$
	$-T_1$	$+T_2$	$3,2(1-0,125t)$	$1,13(1-0,125t)$	$0,1(1-0,125t)$	$0,035(1-0,125t)$
		$-T_2$	$3,2(1-0,125t)(1-0,049t)$	$1,13(1-0,125t)(1-0,049t)$	$0,1(1-0,125t)(1-0,049t)$	$0,035(1-0,125t)(1-0,049t)$
$F_2$	$+T_1$	$+T_2$	$2(1+0,5t)(1+0,069t)$	$0,707(1+0,5t)(1+0,069t)$	$0,25(1+0,5t)(1+0,069t)$	$0,088(1+0,5t)(1+0,069t)$
		$-T_2$	$2(1+0,5t)(1-0,049t)$	$0,707(1+0,5t)(1-0,049t)$	$0,25(1+0,5t)(1-0,049t)$	$0,088(1+0,5t)(1-0,049t)$
	$-T_1$	$+T_2$	$2(1-0,083t)(1+0,069t)$	$0,707(1-0,083t)(1+0,069t)$	$0,25(1-0,083t)(1+0,069t)$	$0,088(1-0,083t)(1+0,069t)$
		$-T_2$	$2(1-0,083t)(1-0,049t)$	$0,707(1-0,083t)(1-0,049t)$	$0,25(1-0,083t)(1-0,049t)$	$0,088(1-0,083t)(1-0,049t)$
$F_3$	$+T_1$	$+T_2$	$(1+0,5t)(1+0,069t)$		$0,125(1+0,5t)(1+0,069t)$	
		$-T_2$	$(1+0,5t)(1-0,049t)$		$0,125(1+0,5t)(1-0,049t)$	
	$-T_1$	$+T_2$	$(1-0,083t)(1+0,069t)$		$0,125(1-0,083t)(1+0,069t)$	
		$-T_2$	$(1-0,083t)(1-0,049t)$		$0,125(1-0,083t)(1-0,049t)$	
$F_4$	$+T_1$	$+T_2$	$2,828(1+0,5t)(1+0,167t)$	$1,414(1+0,5t)(1+0,167t)$	$0,088(1+0,5t)(1+0,167t)$	$0,044(1+0,5t)(1+0,167t)$
		$-T_2$	$2,828(1+0,5t)(1-0,049t)$	$1,414(1+0,5t)(1-0,049t)$	$0,088(1+0,5t)(1-0,049t)$	$0,044(1+0,5t)(1-0,049t)$
	$-T_1$	$+T_2$	$2,828(1+0,167t)$	$1,414(1+0,167t)$	$0,088(1+0,167t)$	$0,044(1+0,167t)$
		$-T_2$	$2,828(1-0,049t)$	$1,414(1-0,049t)$	$0,088(1-0,049t)$	$0,044(1-0,049t)$
$F_5$	$+T_1$	$+T_2$	$(1+1,17t)(1+0,167t)$		$0,063(1+1,17t)(1+0,167t)$	
		$-T_2$	$(1+1,17t)(1-0,083t)$		$0,063(1+1,17t)(1-0,083t)$	
	$-T_1$	$+T_2$	$(1-0,146t)(1+0,167t)$		$0,063(1-0,146t)(1+0,167t)$	
		$-T_2$	$(1-0,146t)(1-0,083t)$		$0,063(1-0,146t)(1-0,083t)$	

Використання формул (5.5) та (5.6) завершує процес вибору складових ланцюга перетворення для моменту часу  $t$ . Шлях прийняття рішення підзадачі «Вибір ланцюга» підсистеми ЕС «Ланцюг перетворення» представлено у вигляді дерева рішень (рис. 5.1), яке складається з набору сутностей, правил та зв'язків між ними [5, 8].



**Рис. 5.1. Дерево рішень підсистеми ЕС «Ланцюг перетворення»**

Діалогові вікна підсистеми представлені на рис. 5.2. Таким чином, сформовано правила функціонування підсистеми ЕС «Ланцюг перетворення», результати роботи якої формують необхідні вихідні дані для підсистем вибору базової конструкції та її параметрів.

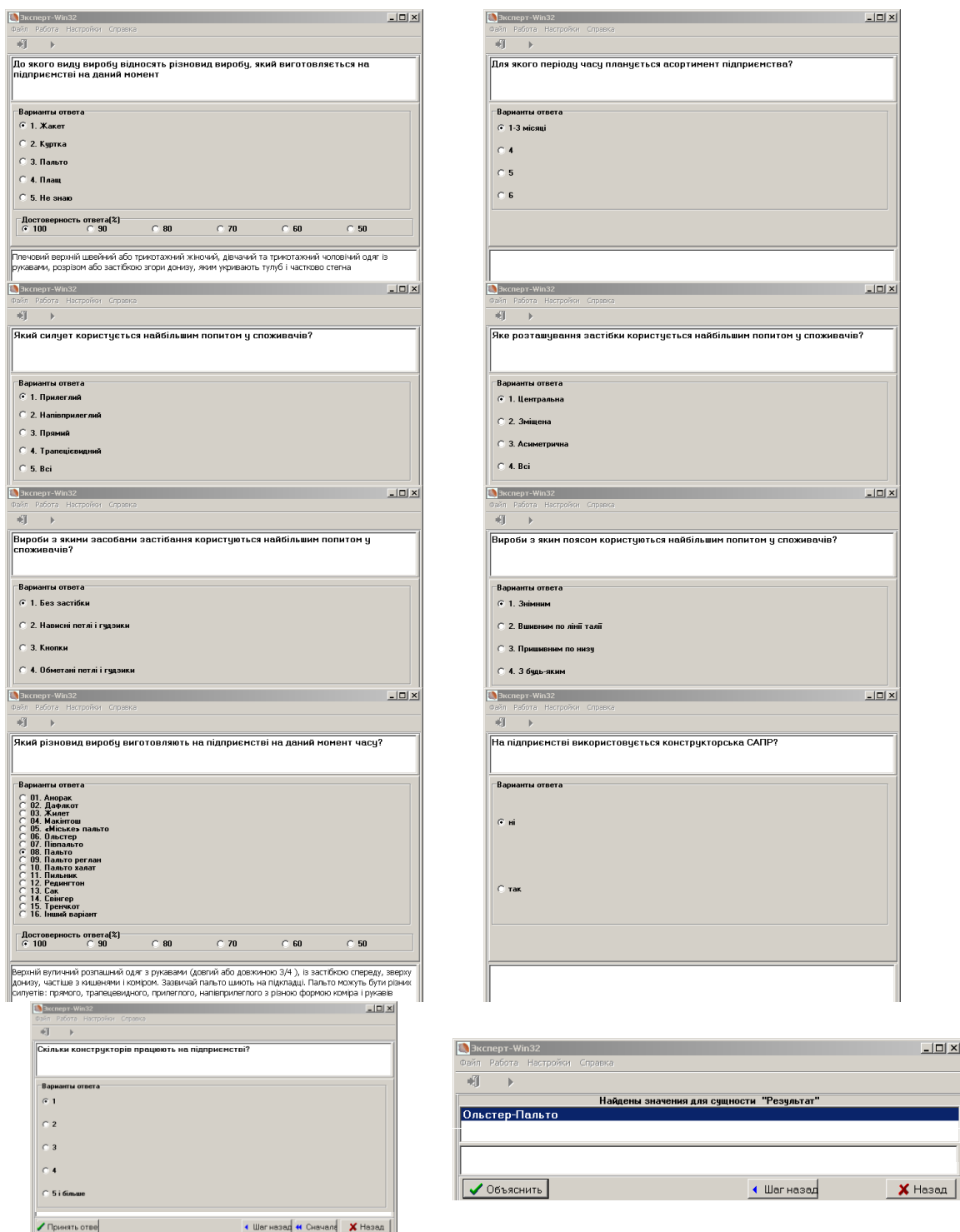


Рис. 5.2. Діалогові вікна підсистеми ЕС «Ланцюг перетворення»

### 5.3. Сценарій результату діалогу підсистеми ЕС «Базова конструкція»

Правило вибору прибавок на свободу облягання на основних конструктивних рівнях стану виробу для типових БК представлено у вигляді таблиці 5.11. Вони знаходяться у клітинці на перетині двох умов: умови 1 (силует), умови 2 (БК).

Таблиця 5.11

#### Правило вибору прибавок (см) для типових БК

Базова конструкція			
Жакет	Пальто	Плащ	Куртка
<i>Прилягаючий силует</i>			
$P_z = 4,6-5,5$	$P_z = 6,2-6,8$ см	$P_z = 3,5-6,6$	$P_z = 8,0-12,0$
$P_z = 4,6-5,5; P_m = 2,9-3,9$	$P_z = 6,2-6,8; P_m = 4,7-6,2$	$P_z = 3,5-6,6; P_m = 4,0-7,6$	$P_z = 8,0-12,0; P_m = 12,0-18,0$
$P_z = 4,6-5,5; P_m = 2,9-3,9; P_{cm} = 2,3-3,2$	$P_z = 6,2-6,8; P_m = 4,7-6,2; P_{cm} = 4,2-5,4$	$P_z = 3,5-6,6; P_m = 4,0-7,6; P_{cm} = 3,0-6,4$	$P_z = 8,0-12,0; P_m = 12,0-18,0; P_{cm} = 6,0-10,0$
<i>Напівприлягаючий силует</i>			
$P_z = 5,8-6,9$	$P_z = 7,0-8,0$	$P_z = 6,6-9,8$	$P_z = 12,0-16,0$
$P_z = 5,8-6,9; P_m = 4,7-6,4$	$P_z = 7,0-8,0; P_m = 5,7-9,1$	$P_z = 6,6-9,8; P_m = 7,6-11,3$	$P_z = 12,0-16,0; P_m = 18,0-24,0$
$P_z = 5,8-6,9; P_m = 4,7-6,4; P_{cm} = 3,4-4,5$	$P_z = 7,0-8,0; P_m = 5,7-9,1; P_{cm} = 4,7-6,0$	$P_z = 6,6-9,8; P_m = 7,6-11,3; P_{cm} = 6,4-9,8$	$P_z = 12,0-16,0; P_m = 18,0-24,0; P_{cm} = 10,0-14,0$
<i>Прямий силует</i>			
$P_z = 7,2-8,6$	$P_z = 8,4-10$	$P_z = 9,8-12,9$	$P_z = 16,0-20,0$
$P_z = 7,2-8,6; P_m = 6,6-7,8$	$P_z = 8,4-10; P_m = 8,7-10,2$	$P_z = 9,8-12,9; P_m = 11,3-14,9$	$P_z = 16,0-20,0; P_m = 24,0-30,0$
$P_z = 7,2-8,6; P_m = 6,6-7,8; P_{cm} = 5,4-7,4$	$P_z = 8,4-10; P_m = 8,7-10,2; P_{cm} = 7,9-9,4$	$P_z = 9,8-12,9; P_m = 11,3-14,9; P_{cm} = 9,8-13,1$	$P_z = 16,0-20,0; P_m = 24,0-30,0; P_{cm} = 14,0-18,0$
<i>Трапецевидний силует</i>			
$P_z = 8,2-9,7$	$P_z = 9,2-11$	$P_z = 12,9-16,0$	$P_z = 20,0-24,0$
$P_z = 8,2-9,7; P_m \leq 7,6$	$P_z = 9,2-11; P_m < 10,7$	$P_z = 12,9-16,0; P_m = 14,9-18,5$	$P_z = 20,0-24,0; P_m = 30,0-36,0$
$P_z = 8,2-9,7; P_m \leq 7,6; P_{cm} \leq 7,8$	$P_z = 9,2-11; P_m \leq 10,7; P_{cm} \leq 11$	$P_z = 12,9-16,0; P_m = 14,9-18,5; P_{cm} = 13,1-16,5$	$P_z = 20,0-24,0; P_m = 30,0-36,0; P_{cm} = 18,0-22,0$

Таблиця 5.12

#### Правило вибору прибавок (см) на вільне облягання до основних конструктивних рівнів стану та рукава для спільних БК (фрагмент)

Тип рукава	Силуети і види БК виробів			...
	НП-РЖ	ТП-ТЖ	ПП-НЖ	
ВП-ВЖ	$P_z = 9,5-9,7; P_m = 10,7; P_{cm} = 10,7; P_{on} = 5,7-7,1$	$P_z = 7,2-8,0; P_m = 6,6-7,8; P_{cm} = 5,4-6,0; P_{on} = 5,7-7,1$	$P_z = 6,2-6,9; P_m = 4,7-6,2; P_{cm} = 5,8-6,2; P_{on} = 5,7-7,1$	...
ВП-СЖ	$P_z = 9,5-9,7; P_m = 10,7; P_{cm} = 10,7; P_{on} = 7,4-9,0$	$P_z = 7,2-8,0; P_m = 6,6-7,8; P_{cm} = 5,4-6,0; P_{on} = 7,4-9,0$	$P_z = 6,2-6,9; P_m = 4,7-6,2; P_{cm} = 5,8-6,2; P_{on} = 7,4-9,0$	...
ВП-РЖ	$P_z = 9,5-9,7; P_m = 10,7; P_{cm} = 10,7; P_{on} = 9,4$	$P_z = 7,2-8,0; P_m = 6,6-7,8; P_{cm} = 5,4-6,0; P_{on} = 9,4$	$P_z = 6,2-6,9; P_m = 4,7-6,2; P_{cm} = 5,8-6,2; P_{on} = 9,4$	...
СП-РЖ	$P_z = 9,5-9,7; P_m = 10,7; P_{cm} = 10,7; P_{on} = 9,5-11$	$P_z = 7,2-8,0; P_m = 6,6-7,8; P_{cm} = 5,4-6,0; P_{on} = 9,5-11$	$P_z = 6,2-6,9; P_m = 4,7-6,2; P_{cm} = 5,8-6,2; P_{on} = 9,5-11,0$	...
СП-ШЖ	$P_z = 9,5-9,7; P_m = 10,7; P_{cm} = 10,7; P_{on} = 10,9-11,3$	$P_z = 7,2-8,0; P_m = 6,6-7,8; P_{cm} = 5,4-6,0; P_{on} = 10,9-11,3$	$P_z = 6,2-6,9; P_m = 4,7-6,2; P_{cm} = 5,8-6,2; P_{on} = 10,9-11,3$	...
РП-ШП	$P_z = 9,5-9,7; P_m = 10,7; P_{cm} = 10,7; P_{on} = 13-13,4$	$P_z = 7,2-8,0; P_m = 6,6-7,8; P_{cm} = 5,4-6,0; P_{on} = 13-13,4$	$P_z = 6,2-6,9; P_m = 4,7-6,2; P_{cm} = 5,8-6,2; P_{on} = 13-13,4$	...
РП-ШЖ	$P_z = 9,5-9,7; P_m = 10,7; P_{cm} = 10,7; P_{on} = 11,5-12,9$	$P_z = 7,2-8,0; P_m = 6,6-7,8; P_{cm} = 5,4-6,0; P_{on} = 11,5-12,9$	$P_z = 6,2-6,9; P_m = 4,7-6,2; P_{cm} = 5,8-6,2; P_{on} = 11,5-12,9$	...
РЖ-ШЖ	$P_z = 9,5-9,7; P_m = 10,7; P_{cm} = 10,7; P_{on} = 10,9-11,0$	$P_z = 7,2-8,0; P_m = 6,6-7,8; P_{cm} = 5,4-6,0; P_{on} = 10,9-11,0$	$P_z = 6,2-6,9; P_m = 4,7-6,2; P_{cm} = 5,8-6,2; P_{on} = 10,9-11,0$	...
...	...	...	...	...

Якщо БК є спільною для обраного ланцюга, то на перетині стовпця з умовою 1 (форма рукава) і умовою 2 (силуети виробів ланцюга перетворення), запропоновані прибавки. Формування правила наведено у таблиці 5.12. У ній прийняті такі умовні скорочення:

ПП – пальто прилягаючого силуету, НП – пальто напівприлягаючого силуету, РП – пальто прямого силуету, ТП – пальто трапецієподібного силуету;

ПЖ – жакет прилягаючого силуету, НЖ – жакет напівприлягаючого силуету, РЖ – жакет прямого силуету, ТЖ – жакет трапецієподібного силуету;

ВП – пальто (куртка) з вузьким рукавом, СП – пальто (куртка) з рукавом середнього ступеня прилягання, РП – пальто (куртка) з розширеним рукавом, ШП – пальто (куртка) з широким рукавом;

ВЖ – жакет (плащ) з вузьким рукавом, СЖ – жакет (плащ) з рукавом середнього ступеня прилягання, РЖ – жакет (плащ) з розширеним рукавом, ШЖ – жакет (плащ) з широким рукавом.

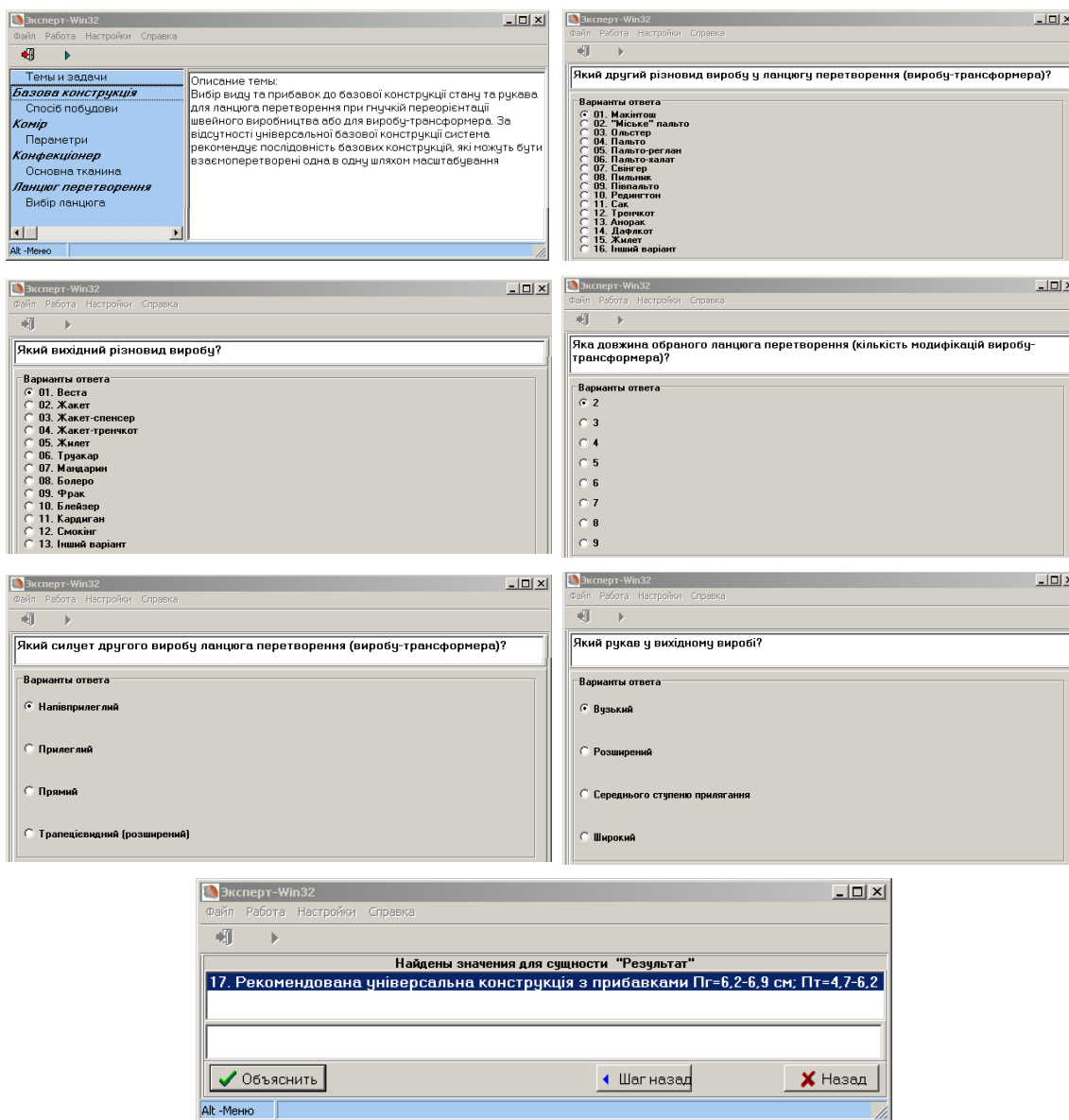


Рис. 5.3. Діалогові вікна підсистеми ЕС «Базова конструкція»

Діалогові вікна підсистеми «Базова конструкція», які представлені на рис. 5.3, показують порядок роботи ЕС при вирішенні задачі вибору параметрів базової конструкції у проектній ситуації, що відповідає рис. 5.4.

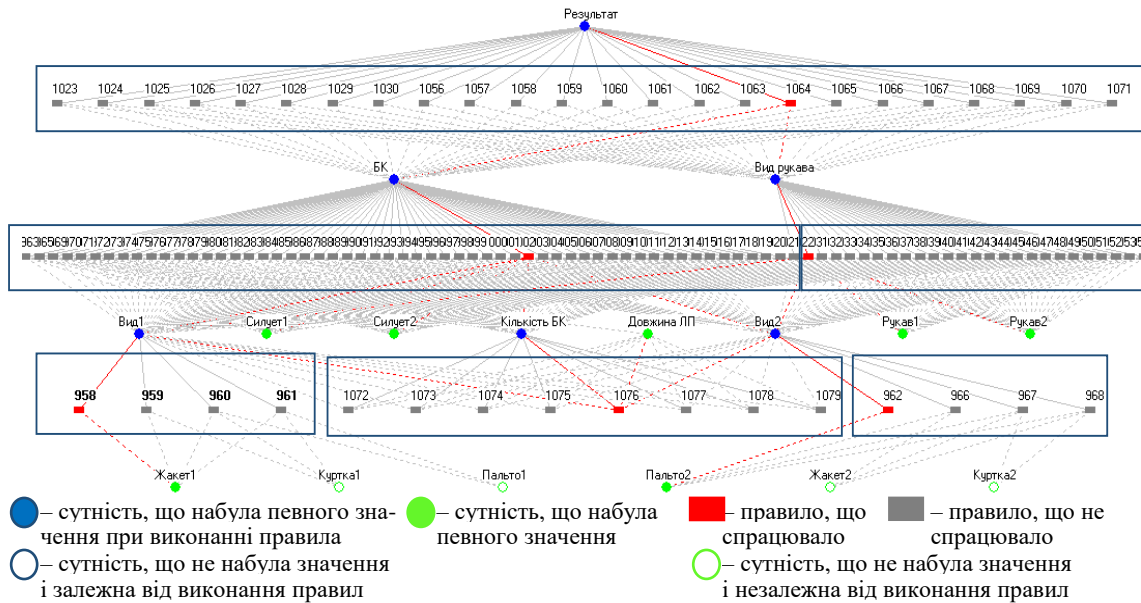


Рис. 5.4. Дерево рішень підсистеми ЕС «Базова конструкція»

Перелік сутностей та їх значень визначається інформацією з бази даних трансформуючих елементів (силует, види виробів, різновиди виробів, вид рукава). Порядок взаємодії правил представлено на рис. 5.5.

**Результати діалога:**

1)17. Рекомендована універсальна конструкція з прибавками Пг = 6,2-6,9 см; Пт=4,7-6,2 см; Пст=5,8-6,2 см; Поп=5,7-7,1 см - КД=100

**Хід діалога:**

Вопрос: "Який вихідний різновид виробу?"

Ответ: "03. Жакет-спенсер"

-Сработало правило 958. Подзадача : БК стану, КД = "100" "Вид виробу 1" принимает значение: "Жакет"

если "Різновид жакета 1" Не равно" "13. Інший варіант"

Определено: "Вид виробу 1" принимает значение "Жакет" КД = 100

Вопрос: "Який другий різновид виробу у ланцюгу перетворення (виробу-трансформера)?"

Ответ: "09. Півпальто"

-Сработало правило 962. Подзадача : БК стану, КД = "100" "Вид виробу 2" принимает значение: "Пальто"

если "Різновид пальта 2" Не равно" "16. Інший варіант"

Определено: "Вид виробу 2" принимает значение "Пальто" КД = 100

Вопрос: "Яка довжина обраного ланцюга перетворення (кількість модифікацій виробу-трансформера)?"

Ответ: "2"

-Сработало правило 1076. Подзадача : БК стану, КД = "100"

"Кількість БК" принимает значение: "2" если "Вид виробу 1" Равно" "Жакет" и "Вид виробу 2" Не равно" "Жакет" и "Довжиналанцюга" Равно" "2"

Определено: "Кількість БК" принимает значение "2" КД = 100

Вопрос: "Який силует вихідного виробу?"

Ответ: "Напівприлягаючий"

Вопрос: "Який силует другого виробу ланцюга перетворення (виробу-трансформера)?"

Ответ: "Прилягаючий"

-Сработало правило 1003. Подзадача : БК стану, КД = "100"

"Базова конструкція" принимает значение: "ПП-НЖ"

если "Вид виробу 1" Равно" "Жакет" и "Вид виробу 2" Равно" "Пальто" и "Кількість БК" Равно" "2" и "Силует виробу 1" Равно" "Напівприлягаючий"

и "Силует виробу 2" Равно" "Прилягаючий"

Определено: "Базова конструкція" принимает значение "ПП-НЖ" КД = 100

Вопрос: "Який рукав у вихідному виробі?"

Ответ: "Вузкий"

Вопрос: "Який рукав у перетвореному виробі?"

Ответ: "Вузкий"

-Сработало правило 1031. Подзадача : БК стану, КД = "100"

"Вид рукава" принимает значение: "ВП-ВЖ"

если "Вид виробу 1" Не равно" "Куртка" и "Вид виробу 1" Не равно" "Пальто" и "Вид виробу 2" Не равно" "Жакет"

и "Вид виробу 2" Не равно" "Плащ" и "Рукав вихідний" Равно" "Вузкий" и "Рукав перетворений" Равно" "Вузкий"

Определено: "Вид рукава" принимает значение "ВП-ВЖ" КД = 100

-Сработало правило 1064. Подзадача : БК стану, КД = "100"

"Результат" принимает значение: "17. Рекомендована універсальна конструкція з прибавками Пг=6,2-6,9 см; Пт=4,7-6,2 см; Пст=5,8-6,2 см; Поп=5,7-7,1 см"

если "Базова конструкція" Равно" "ПП-НЖ" и "Вид рукава" Равно" "ВП-ВЖ"

Определено: "Результат" принимает значение

"17. Рекомендована універсальна конструкція з прибавками Пг=6,2-6,9 см; Пт=4,7-6,2 см; Пст=5,8-6,2 см; Поп=5,7-7,1 см" КД = 100

Рис. 5.5. Пояснення результатів діалогу підсистеми ЕС «Базова конструкція2»

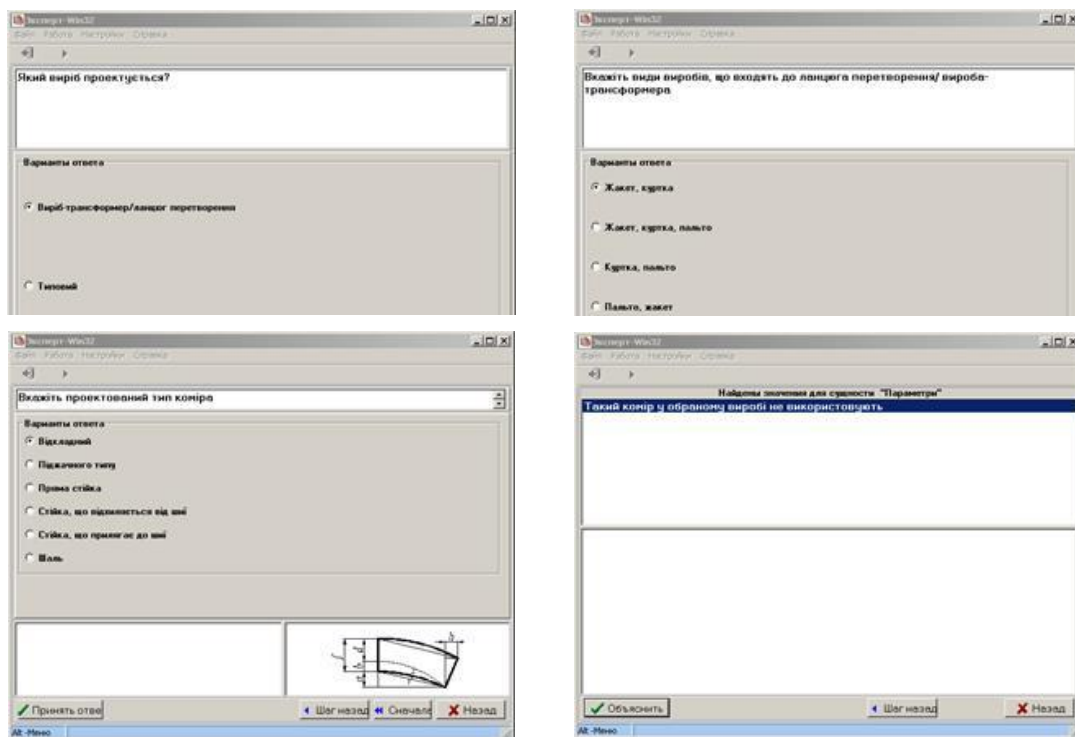


Рис. 5.6. Діалогові вікна підсистеми ЕС «Функціональний вузол»

**Результати діалогу:**  
 1)  $a_1=4,6-8,4$  см;  $h=1,8-3,6$  см;  $d=4,4-7,2$  см;  $b=4,3-6,6$  см - КД=100  
**Ход діалогу:**  
 Вопрос: "Який виріб проектується?"  
 Ответ: "Виріб-трансформер / ланцюг перетворення"  
 Вопрос: "Вкажіть види виробів, що входять до ланцюга перетворення / виробу-трансформера"  
 Ответ: "Куртка, пальто"  
 Вопрос: "Вкажіть проєктований тип коміра"  
 Ответ: "Стойка, що відхиляється від шиї"  
 -Сработало правило 891. Подзадача :Вибір параметрів, КД = "100"  
 "Параметри" принимает значение: " $a_1=4,6-8,4$  см;  $h=1,8-3,6$  см;  $d=4,4-7,2$  см;  $b=4,3-6,6$  см"  
 если "Вид виробу-трансформера" Равно "Куртка, пальто" и "Виріб" Равно "Виріб-трансформер/ланцюгперетворення" и "Тип коміра" Равно "Стойка, що відхиляється від шиї"  
 Определено: "Параметри" принимает значение " $a_1=4,6-8,4$  см;  $h=1,8-3,6$  см;  $d=4,4-7,2$  см;  $b=4,3-6,6$  см" КД = 100

Рис. 5.7. Пояснення результатів діалогу

Аналогічну структуру має підсистема ЕС «Функціональний вузол», яка дозволяє підібрати параметри коміра залежно від заданих видів виробів, що входять до ланцюга перетворення/ виробу-трансформера [9]. Перелік сутностей та їх значень визначається інформацією з бази даних трансформуючих елементів. Робота підсистеми ЕС «Функціональний вузол» наведена на рис. 5.6–5.8.

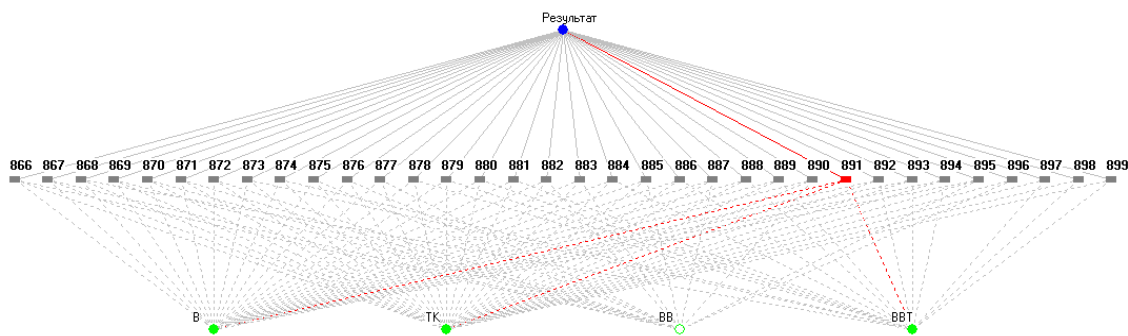


Рис. 5.8. Дерево рішень підсистеми ЕС «Функціональний вузол»

#### **5.4. Сценарій вибору матеріалів для проектування виробів у підсистемі ЕС «Конфекціонер»**

Оскільки одяг є багатошаровим виробом, його зовнішній вигляд і збереження заданої просторової форми при експлуатації значною мірою залежать від якості матеріалу верху, внутрішніх шарів матеріалів, від формостійкості деталей, від способу їх з'єднання. При проектуванні нової моделі одягу обов'язково аналізують асортимент текстильних матеріалів для її виготовлення, їхні фізико-механічні, формотворчі, естетичні та інші властивості. Адже саме завдяки особливостям конкретного матеріалу виріб набуває своєї художньої виразності, конкурентоспроможності та відповідності попиту споживача [10].

Вибір матеріалу залежить від вимог до нового виробу. Кожен окремий показник властивостей матеріалу задовольняє певній вимозі, а їх ранжування відбувається залежно від призначення виробу. Отже, на кожному етапі проектування висувається певна вимога до матеріалів, що вибираються для виготовлення виробу. Дослідженням властивостей текстильних матеріалів, їх показників та удосконаленням методів їх визначення займалися Б.А. Бузов, Н.Д. Алименкова, Г.П. Румянцева [8, 12], О.В. Чепелюк [13], Н.Г. Савчук [14], Л.В. Орленко, Н.П. Супрун [15, 16], А.М. Слізков [17] та ін.

Для виготовлення виробів-трансформерів застосовують сучасні матеріали, значення показників властивостей яких відмінні від нормованих значень показників, що вказані у стандартах, або взагалі в них не наведені. Крім того, відсутні алгоритми адаптації основних показників властивостей сучасних матеріалів для виробів, що можуть змінювати функціональне призначення. Тоді як трансформація одягу значно розширює період експлуатації одного виробу: перетворення зимового одягу в демісезонний, плаща – в куртку, куртки – в жилет тощо.

Трансформація виробів-трансформерів передбачає наявність спільної конструкції і перетворення у інші види (різновиди) виробів лише за рахунок трансформуючих елементів. Тому, для проектування конкретного виробу-трансформера необхідно обрати властивості матеріалу верху, який би з достатнім рівнем якості забезпечив вимоги до всіх трансформ, що йому належать. Результати вибору матеріалу для виробу визначають умови вибору прибавок на пакет. У багатьох роботах розглянуті особливості вибору прибавок для багатошарового одягу [18–28], проте в них не розглянуті питання вибору прибавок для двобічного багатошарового одягу.

Для одношарових двобічних виробів використовують тканини, у яких практично однакові переплетення лицевого і виворітного боків. Вони відрізняються лише обробкою, різною структурою поверхні або різним кольоровим вирішенням боків матеріалу. Багатошарові двобічні вироби виготовляються з декількох шарів тканин різної кольорової гами, різного переплетення і фактури. Крім того, матеріали для виготовлення цих виробів повинні володіти такими властивостями, які були б притаманні як для зовнішнього, так і для внутрішнього шару.

Незалежно від кількості шарів у двобічному виробі в конкретній ситуації залежно від умов експлуатації кожний із шарів матеріалу стає верхнім почергово. Звідси випливає, що зовнішній шар може бути внутрішнім, і навпаки. Особливістю двобічних багатошарових виробів є те, що підкладка змінює своє традиційне функціональне призначення і замінюється «підкладкою» з основної тканини.

Гладкість поверхні підкладки та її здатність ковзати прийнято характеризувати коефіцієнтом тангенціального опору (КТО) [8]. Тангенціальний опір, як фізичне явище, присутній як у багатьох технологічних операціях, так і в процесі експлуатації швейних виробів. Від тангенціального опору залежать умови виконання та параметри таких техно-

логічних операцій як настилання, розрізання та зшивання матеріалів, вибір конструкції швів, методів обробки [12].

Значення коефіцієнта тангенціального опору для різних тканин змінюється в широких межах (від 0,3 до 1,0). Наприклад, КТО при русі сталюю поверхнею при навантаженні 2 даН для бавовняного сатину становить 0,1, для напіввовняного шевіоту – 0,17, сукні – 0,2; при русі по тканині він зростає до 0,6 [12].

Дослідженнями, проведеними у Костромському державному технологічному університеті [29], визначені значення коефіцієнтів тангенціального опору для тканин різного сировинного складу. Це дозволило узагальнити показники КТО і розробити градацію тканин за їх величиною: перша група характеризується низькою величиною (КТО < 0,4); друга група – середньою величиною (КТО = 0,4–0,8); третя група – високою величиною (КТО > 0,8). Гладку поверхню мають матеріали першої групи. Як приклад такої тканини автори наводять саржу підкладкову із віскозних ниток (КТО = 0,32). Проте дослідження [29, 30] направлені на прогнозування величини КТО при відомих структурних характеристиках лляних тканин (коефіцієнт переплетення) і не дозволяють порівняти КТО тканин різного призначення без додаткових інструментальних вимірювань.

Визначення значення КТО для конкретного матеріалу зустрічається з рядом труднощів. На сьогодні відсутній регламентований стандартом метод визначення тангенціального опору текстильних полотен. Крім того, відсутні нормативні дані для сучасних матеріалів. Ситуація ускладнюється неоднозначністю трактування показників, які характеризують тангенціальний опір текстильного матеріалу, що, в свою чергу, унеможливає порівняння їх між собою. Тоді як при виборі матеріалів верху для двобічного виробу потрібно порівняти КТО матеріалу верху із відповідним показником матеріалу підкладки.

Різні методи визначення коефіцієнта тангенціального опору передбачають наявність багатьох змінних факторів. Істотний вплив на значення КТО мають: стан поверхні матеріалів, тиск між ними, швидкість прикладання навантаження, час контакту, температура, вологість, сировинний склад та ін. Проте достеменно відомо, що коефіцієнт тангенціального опору прямо пов'язаний із тертям, яке в свою чергу залежить від характеристик двох шорстких дотичних поверхонь [12]. Взаємозв'язок коефіцієнтів тангенціального опору і показників шорсткості поверхні тканин доведено у працях [31, 32]. Крім того, у дослідженнях [29] зазначено, що взаємодія полотен «площина по площині» адекватно характеризує процес настилання та розкрою матеріалів, але практично не зустрічається при експлуатації одягу. Тому для визначення можливості використання матеріалу в якості підкладки доцільно оцінити шорсткість однієї поверхні, а не двох дотичних.

Крім того, дослідженнями [31–35] доведено, що шорсткість та гладкість тканини є важливим аспектом контролю якості в процесі її виробництва, а також для забезпечення бажаного зовнішнього вигляду тканини та виробів із неї.

Шорсткість матеріалу характеризують параметрами, що наведені у ДСТУ 2409–94 [36]. Дослідженнями [33] доведено, що в якості числових характеристик шорсткості текстильних матеріалів доцільно використовувати показники  $Ra$  і  $Rmax$ . Для їх оцінки можна використати багатонаправлений трибометр, оптичний багатонаправлений вимірювач шорсткості, так зване «вібруюче лезо», а також, різноманітні безконтактні профілометри: TALYSURF CCI 6000, Micro Measure 3D Station, MicroXAM-100 і MicroXAM-1200 та ін. Проте, названі пристрої дороговартісні і не доступні в умовах виробництва.

Дослідження, спрямовані на вимірювання та оцінку профільних характеристик шорсткості текстильних матеріалів за допомогою різних пристроїв представлені у роботах [33, 34]. Спосіб визначення шорсткості з використанням програмних продуктів для обробки сканованих зображень тканини запропонований у [35] порівняно дешевий і не вимагає наявності додаткового обладнання як для досліджень в умовах лабораторії, так і у

виробничих умовах. Тому, можна стверджувати, що завдання розробки методики визначення показників шорсткості текстильних матеріалів безконтактним методом за допомогою спеціалізованих програмних продуктів обробки сканованих зображень тканини є перспективним.

У розробленому типологічному ряді жіночого плечового верхнього одягу всі різновиди виробів об'єднуються у наступні види: пальто, жакет, плащ, куртка. Кожному із цих видів виробів відповідає базова конструкція, яка характеризується певними прибавками на вільне облягання і передбачає використання певного виду матеріалу верху [37, 38]. Крім того, у межах такого ряду передбачається можливість перетворення різновидів одягу із одного в інший лише за рахунок перестановки елементів. Тоді, для проектування конкретного ланцюга перетворення або виробу-трансформера, як окремого випадку ланцюга, доцільно обрати універсальний матеріал верху, який би з достатнім рівнем якості забезпечив вимоги до всіх різновидів виробів, що входять до розглядуваного ланцюга. З цією метою доцільно встановити нормалізовані величини варіювання показників властивостей матеріалів для всієї множини матеріалів, які використовують для різних видів одягу [39–42].

Для визначення нормалізованих величин конкретних показників властивостей матеріалів, які можна використовувати для ланцюга перетворення або виробу-трансформера, що проектується на його основі, доцільно визначити граничні межі регламентованих показників костюмних, пальтових та плащових матеріалів [43–49]. В результаті перетину обмежувальних величин показників костюмних, пальтових і плащових матеріалів утворюються області спільних значень, які визначають мінімальні та максимальні значення показників властивостей матеріалів для виготовлення різновидів виробів ланцюгів перетворення.

Для дослідження властивостей матеріалів доцільно використати найбільш значимі показники. Регламентація коефіцієнтів вагомості для костюмних, пальтових, плащових матеріалів розглянута у [15] для традиційних виробів верхнього асортименту. Проте, множина виробів типологічного ряду в ланцюгах перетворення може містити підмножину двобічних виробів, для яких характерне використання тканини верху замість підкладкового матеріалу. В такому випадку функцію підкладки почергово виконує кожен з використаних матеріалів верху. Тому матеріали, обрані для виготовлення двобічних виробів, повинні мати характеристики, які були б притаманні для підкладки та тканини верху.

Підкладкові матеріали в одязі оформлюють його виворітний бік, забезпечують зручність користування при експлуатації, оберігають від зносу і забруднення [15]. Підкладковий матеріал повинен мати гарний зовнішній вигляд, гладку поверхню, високу стійкість до стирання. Крім того, підкладкові матеріали повинні бути міцними при розтягуванні, легкими, гігроскопічними, не накопичувати на поверхні заряди статичної електрики. Забарвлення підкладкових матеріалів повинне бути стійким до сухого і мокрого тертя, до прання і хімічного чищення, а також до впливу поту. Зміна лінійних розмірів після мокрих обробок (зсідання) підкладкових матеріалів не повинна перевищувати зсідання інших матеріалів пакета.

За даними [8, 12, 13, 15, 16, 50, 51] сформовано перелік властивостей підкладкових тканин. Текстологічним методом обрано 12 властивостей: поверхнева густина, ступінь гладкості поверхні, ступінь тривкості пофарбування до різних фізико-хімічних впливів (стійкість забарвлення), прорубуваність, обсіпальність, розсувність, повітропроникність, паропроникність, гігроскопічність, зминальність, електропровідність, зміна лінійних розмірів (зсідання).

Для визначення коефіцієнтів вагомості властивостей використана експертна оцінка. Для ранжування опитано десять фахівців. Для оцінки ступеня узгодження думок експертів розраховано коефіцієнт конкордації  $\omega = 0,6$ . Коефіцієнт конкордації перевірено за критерієм Пірсона ( $\chi^2_{роз} = 64,85 > \chi^2_{кр} = 19,68$ ).

Коефіцієнти значущості кожного показника визначені за формулою [14]:

$$\gamma_i = \frac{mn - S_i}{0,5mn(n-1)}, \quad (5.9)$$

де  $\gamma_i$  – коефіцієнт значущості  $i$ -го показника;  $m$  – кількість експертів;  $n$  – кількість показників;  $S_i$  – сума рангових оцінок за  $i$ -м показником.

Коефіцієнти значущості властивостей підкладкових матеріалів перевірені за умовою:

$$\gamma_i > \frac{1}{n}, \quad (5.10)$$

де  $\gamma_i$  – властивість;  $n$  – кількість властивостей.

Найбільш значимі показники властивостей та коефіцієнти їх вагомості для кожного асортименту матеріалів представлені в таблиці 5.13 (за даними [15] та в результаті розрахунку коефіцієнтів вагомості для підкладкових тканин).

Таблиця 5.13

**Коефіцієнти вагомості показників властивостей матеріалів**

Показник	Умовне позначення	Коефіцієнт вагомості $\gamma$ для груп тканин			
		Костюмні	Плащові	Пальтові	Підкладкові
Коефіцієнт змиальності, %	$X_1$	0,20	0,16	0,05	–
Число пілей, пілі/см <sup>2</sup>	$X_2$	0,15	–	–	–
Число циклів стирання по площині, тис. циклів	$X_3$	0,15	0,06	0,25	–
Зміна лінійних розмірів після мокрих обробок, %	$X_4$	0,14	0,15	0,05	–
Повітропроникність, дм <sup>3</sup> /(см <sup>2</sup> ·с)	$X_5$	0,12	–	0,10	0,19
Залишкова деформація, %	$X_6$	0,12	–	0,12	–
Жорсткість при згині, мкН·см <sup>2</sup>	$X_7$	0,12	–	0,08	–
Водотривкість, Па	$X_8$	–	0,24	–	–
Водопроникність, г/(м <sup>2</sup> ·с)	$X_9$	–	0,22	0,12	–
Сумарний тепловий опір, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	$X_{10}$	–	0,11	0,20	–
Ступінь стійкості фарбування до фізико-хімічних впливів, балів	$X_{11}$	–	0,06	–	0,11
Розривне навантаження, сН	$X_{12}$	–	–	0,03	–
Обсипальність, даН	$X_{13}$	–	–	–	0,11
Гладкість	$X_{14}$	–	–	–	0,36
Паропроникність, г/(м <sup>2</sup> ·год)	$X_{15}$	–	–	–	0,11
Гігроскопічність, %	$X_{16}$	–	–	–	0,12
Всього	–	1,00	1,00	1,00	1,00

Для виробів-трансформерів/ланцюгів перетворення, до яких входять вироби виготовлені з різних тканин, визначено середні значення коефіцієнтів вагомості показників:

$$\gamma_{i(1...n)} = \frac{\sum_{j=1}^n \gamma_{ij}}{n}, \quad (5.11)$$

де  $\gamma_{ij}$  – коефіцієнт значущості  $i$ -го показника  $j$ -ї групи;  $n$  – кількість груп показників в універсальній групі.

Комбінації груп матеріалів дозволяють сформувавши 11 універсальних груп, назви яких утворені як поєднання традиційних назв груп матеріалів, які формують універсальну групу. Коефіцієнти значущості властивостей матеріалів універсальних груп перевірені за умовою (5.10). За результатами перевірки (табл. 5.14) сформовані списки властивостей матеріалів для ланцюгів перетворень, що містять задані види виробів (табл. 5.15).

Таблиця 5.14

**Значимі коефіцієнти вагомості показників властивостей матеріалів універсальних груп**

Код	Група тканин										
	костюмні- плащові	костюмні- пальтові	плащові- пальтові	костюмні- плащові- пальтові	костюмні- підкладкові	плащові- підкладкові	пальтові- підкладкові	костюмні- плащові- підкладкові	костюмні- пальтові- підкладкові	плащові- пальтові- підкладкові	костюмні- плащові- пальтові- підкладкові
$X_1$	<b>0,272</b>	<b>0,166</b>	<b>0,130</b>	<b>0,220</b>	<b>0,230</b>	–	–	<b>0,167</b>	–	–	<b>0,131</b>
$X_3$	<b>0,159</b>	<b>0,265</b>	<b>0,193</b>	<b>0,247</b>	–	–	<b>0,227</b>	–	<b>0,232</b>	<b>0,127</b>	<b>0,147</b>
$X_4$	<b>0,220</b>	–	<b>0,124</b>	<b>0,183</b>	–	–	–	0,135	–	–	–
$X_5$	–	<b>0,146</b>	–	–	<b>0,356</b>	<b>0,162</b>	<b>0,264</b>	<b>0,233</b>	<b>0,349</b>	<b>0,197</b>	<b>0,252</b>
$X_6$	–	<b>0,159</b>	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$X_7$	–	<b>0,132</b>	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$X_8$	<b>0,182</b>	–	<b>0,149</b>	–	–	<b>0,203</b>	–	–	–	–	–
$X_9$	<b>0,167</b>	–	<b>0,211</b>	<b>0,183</b>	–	<b>0,186</b>	–	–	–	<b>0,139</b>	–
$X_{10}$	–	<b>0,132</b>	<b>0,193</b>	<b>0,167</b>	–	–	<b>0,182</b>	–	–	<b>0,127</b>	–
$X_{11}$	–	–	–	–	–	<b>0,144</b>	–	<b>0,130</b>	–	<b>0,115</b>	<b>0,125</b>
$X_{14}$	–	–	–	–	<b>0,414</b>	<b>0,305</b>	<b>0,327</b>	<b>0,335</b>	<b>0,419</b>	<b>0,295</b>	<b>0,345</b>
Всього	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Таблиця 5.15

**Вагомі показники властивостей матеріалів ланцюгів перетворень видів виробів**

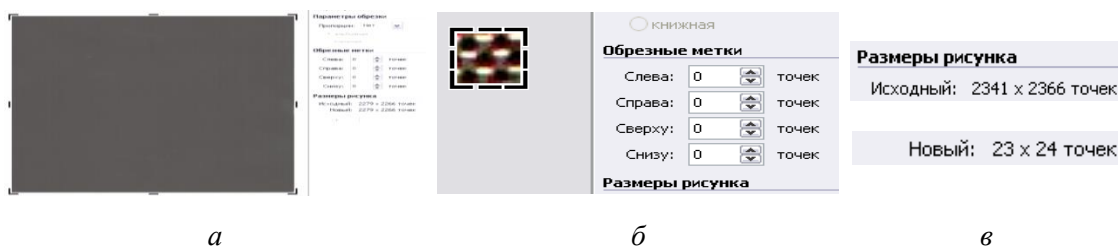
Група тканин	Вид виробу	Кількість видів виробів	Наявність вивертання	Вагомі показники властивостей
Костюмні	Жакет	1	–	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$
Плащові	Куртка	1	–	$X_1, X_3, X_4, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$
Пальтові	Пальто	1	–	$X_1, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_9, X_{10}, X_{12}$
Плащові	Плащ	1	–	$X_1, X_3, X_4, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$
Костюмні-плащові	Жакет-куртка;	2	–	$X_1, X_3, X_4, X_8, X_9$
	жакет-плащ;	2		
	жакет-куртка-плащ	3		
Костюмні-пальтові	Жакет-пальто	2	–	$X_1, X_3, X_5, X_6, X_7, X_{10}$
Плащові-пальтові	Плащ-пальто;	2	–	$X_1, X_3, X_4, X_8, X_9, X_{10}$
	куртка-пальто;	2		
	плащ-куртка-пальто	3		
Костюмні-плащові-пальтові	Жакет-плащ-пальто;	3	–	$X_1, X_3, X_4, X_9, X_{10}$
	жакет-куртка-пальто;	3		
	жакет-куртка-плащ-пальто	4		
Костюмні-підкладкові	Жакет	1	+	$X_1, X_5, X_{14}$
Плащові-підкладкові	Плащ;	1	+	$X_5, X_8, X_9, X_{11}, X_{14}$
	куртка;	1		
	плащ-куртка	2		
Пальтові-підкладкові	Пальто	1	+	$X_3, X_5, X_{10}, X_{14}$
Костюмні-плащові-підкладкові	Жакет-куртка;	2	+	$X_1, X_4, X_5, X_{11}, X_{14}$
	жакет-плащ;	2		
	жакет-плащ-куртка	3		
Костюмні-пальтові-підкладкові	Жакет-пальто	2	+	$X_3, X_5, X_{14}$
Плащові-пальтові-підкладкові	Плащ-пальто;	2	+	$X_3, X_5, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{14}$
	куртка-пальто;	2		
	плащ-куртка-пальто	3		
Костюмні-плащові-пальтові-підкладкові	Жакет-плащ-пальто;	3	+	$X_1, X_3, X_5, X_{11}, X_{14}$
	жакет-куртка-пальто;	3		
	жакет-куртка-плащ-пальто	4		

Таким чином, сформовано скінченний перелік властивостей матеріалів, які достатньо дослідити для обґрунтованого вибору спільного матеріалу верху при проектуванні різновидів виробів, що входять до ланцюга перетворення/виробу-трансформера (як окремого випадку ланцюга).

Гладкість поверхні матеріалу має найвищий коефіцієнт вагомості для семи універсальних груп матеріалів (див. табл. 5.14): костюмні-підкладкові, плащові-підкладкові, пальтові-підкладкові, костюмні-плащові-підкладкові, костюмні-пальтові-підкладкові, плащові-пальтові-підкладкові, костюмні-плащові-пальтові-підкладкові. Це свідчить про необхідність її визначення у процесі конфекціонування. Гладкість поверхні визначають за допомогою коефіцієнта тангенціального опору, який в сучасному матеріалознавстві прямо пов'язують із показником шорсткості поверхні текстильного матеріалу.

Для дослідження параметрів шорсткості тканин запропоновано використовувати середовище універсального графічного редактора тривимірної графіки Rhinoceros з метою перетворення плоского сканованого зображення поверхні тканини у тривимірну поверхню з наступним отриманням нормальних профільних перерізів у напрямі основи та підткання.

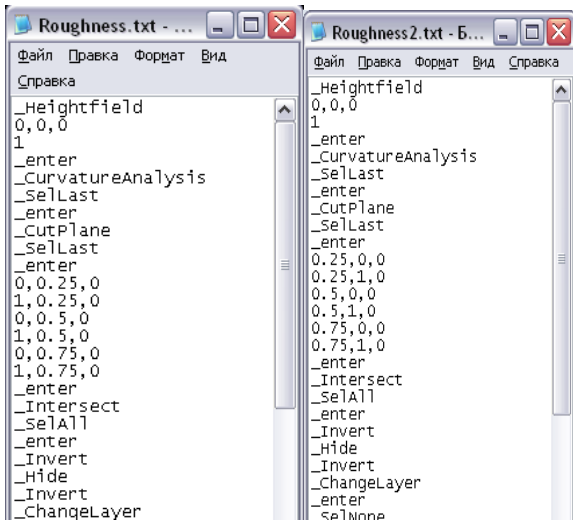
Зразки тканини підкладки розміром 10×10 см скановані із розширенням 600 dpi (рис. 5.9, а). Усі відібрані зразки виготовлені полотняним переплетенням, проте мають різний сировинний склад: 1 – із суміші капронових та триацетатних волокон; 2 – із віскозних волокон; 3 – із суміші віскозних волокон та нітрону. Отримані графічні файли потрібно обробити у будь-якому графічному редакторі для отримання зображення розміром 1×1 мм. Для цього спочатку виконується корегування розмірів зображення до реальної величини зразка з точністю до 1 мм (рис. 5.9, б). Фіксується кількість пікселів по горизонталі та вертикалі. Після цього виконується ще одне корегування розмірів. Точність корегування зразка до розміру 1 мм забезпечується контролем кількості пікселів початкового та кінцевого зображення (рис. 5.9, в).



**Рис. 5.9. Обробка сканованих зображень тканини:**  
а) вихідне зображення; б) обрізане зображення; в) зміна розмірів рисунка (в пікселях)

Для подальшої роботи із отриманим зображенням розроблено спеціальний скрипт (див. рис. 5.10), який містить послідовний перелік окремих команд зі стандартного набору операторів графічного редактора Rhinoceros. Це дозволило внести до панелі інструментів кнопку шорсткості «Roughness» (див. рис. 5.11), робота якої передбачає використання скрипту. Отримання нормальних профілів текстильних матеріалів виконується у напів-автоматичному режимі: натискання лівої клавіші миші на новоствореній кнопці «Roughness» викликає наступну послідовність дій: завантаження попередньо обраного зображення в програму (див. рис. 5.12, а), введення товщини матеріалу (рис. 5.12, б), масштабування зображення до дійсної величини (1×1 мм), створення 3D-поверхні (рис. 5.12, в), нанесення місця розміщення нормальних перерізів у напрямі, паралельному ниткам підткання (рис. 5.12, г), безпосереднє отримання перерізів та блокування тимчасово неробочих перерізів (рис. 5.12, д). Натискання правої клавіші миші на кнопці «Roughness» дозволяє виконати ті самі дії у

напрямі ниток основи. Операторами вимірювань з ввімкненими прив'язками до точок поліліній вимірюють параметри шорсткості.



а

б

Рис. 5.10. Текстові файли скриптів операції «Roughness» для кнопки миші: а) лівої; б) правої

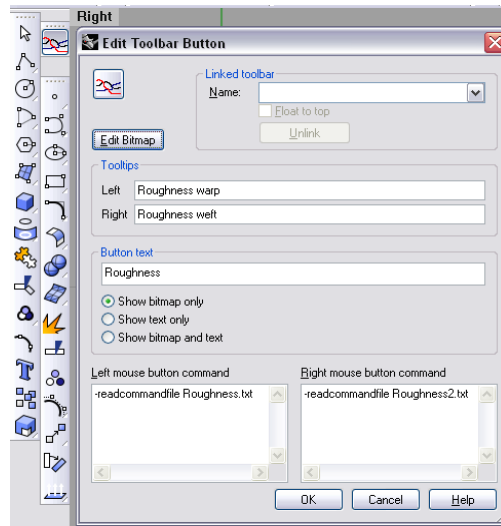
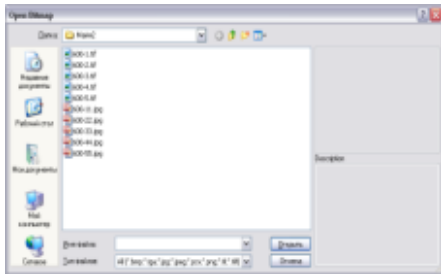
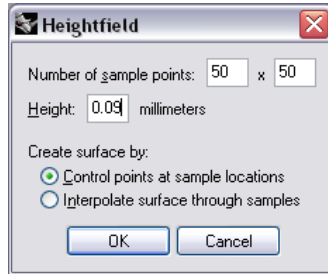


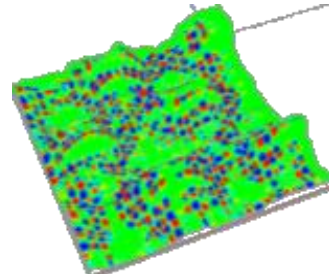
Рис. 5.11. Вікно налаштувань кнопки «Roughness»



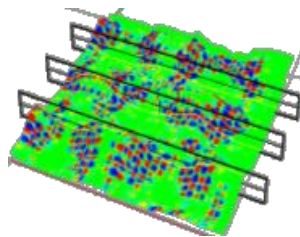
а



б



в



г



д

Рис. 5.12. Послідовність виконання операції «Roughness» у середовищі Rhinoceros: а) вибір файлу зі сканованим зображенням зразка; б) введення товщини тканини (в мм); в) створення тривимірної поверхні; г) нанесення місця розміщення нормальних профілів; д) отримання профілів та блокування тимчасово неробочих профілів

За результатами попереднього експерименту з використанням трьох зразків підкладкових тканин виміряні і розраховані середні значення параметрів  $Ra = 2,5$  мкм,  $Rz$

= 7,75 мкм,  $R_{\max} = 7,4$  мкм. За значеннями цих параметрів згідно рекомендацій ДСТУ 2409–94 [36] обрано відповідну їм базову довжину із рекомендованого ряду:  $L = 0,8$  мм при  $Ra = 0,4\text{--}3,2$  мкм,  $Rz = 1,6\text{--}12,5$  мкм,  $R_{\max} = 1,6\text{--}12,5$  мкм. Тоді розмір вихідного зразка тканини (для сканування) доцільно змінити на  $8 \times 8$  см для спрощення розрахунків кількості пікселів при обробці та масштабуванні зображення.

За вимірними значеннями показників розраховані значення  $Ra$  та  $R_{\max}$  для трьох зразків підкладкових тканин (табл. 5.16).

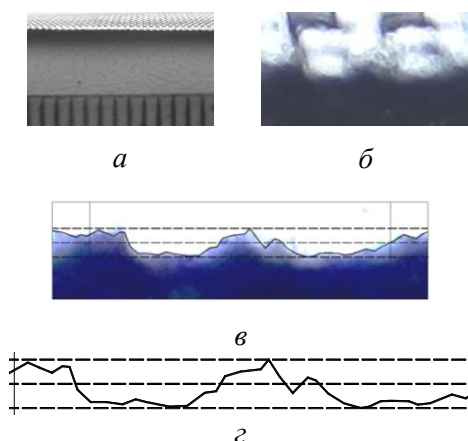
Таблиця 5.16

## Результати експериментальних вимірювань параметрів шорсткості

Напрямок	Зразок	$y_i$ , мкм									$Ra$ , мкм	$R_{\max}$ , мкм			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	Середнє
Основа	1	1,2	2,0	3,2	4,2	2,8	4,4	2,0	2,8	3,6	2,9	8,4	5,6	8,8	7,6
	2	4,0	3,6	2,0	4,4	4,0	1,6	4,4	4,4	4,4	3,6	8,8	8,8	8,8	8,0
	3	2,4	2,0	2,4	2,0	2,4	2,0	3,0	2,4	3,0	2,4	6,0	4,8	6,0	5,6
Уток	1	1,6	1,6	3,2	4,4	2,8	4,0	3,2	2,8	3,2	2,9	8,8	5,6	8,0	7,4
	2	4,4	0,8	3,2	4,0	3,6	3,2	4,8	4,4	4,4	3,6	9,6	8,8	8,8	9,1
	3	1,6	0,8	1,2	1,6	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	4,0	4,0	4,0	4,0

Для підтвердження можливості використання запропонованого способу для оцінки параметрів шорсткості використано метод цифрової фотограмметрії, який широко використовується у легкій промисловості, наприклад, для аналізу структури тканини [52], візуалізації зміни товщини джинсових тканин і деніму [53], у процесах розпізнавання цифрового зображення текстильних виробів [54].

За аналогією з методикою, описаною в [53], зразок тканини укладено горизонтально на поверхню контрастного (білого) кольору з попередньо нанесеною шкалою масштабування (рис. 5.13, а). Ціна поділки – 1 мм.



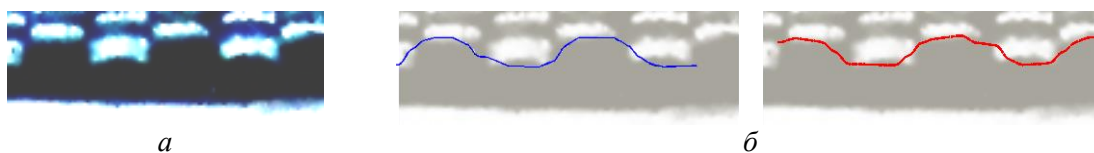
**Рис. 5.13.** Оцінка параметрів шорсткості текстильного матеріалу (зразок 1) методом фотограмметрії: а) фото зразка; б) збільшене зображення перерізу (довжина 1 мм); в) нанесення допоміжних ліній для вимірювання параметрів шорсткості; г) умовне зображення нормального профілю зразка тканини (довжина 0,8 мм)

Фотографії виконано при денному освітленні без тіней за допомогою цифрового фотоапарата Olympus SZ-20 (16 Мрiх) у режимі макрозйомки, що дозволяє отримувати високоякісні зображення із мінімальної відстані (фокусна відстань фотоапарата 5 см). Отримане цифрове зображення обрізано за допомогою інструментів редактора перегляду і обробки зображень до величини в 1 мм, з використанням шкали масштабування (рис. 5.13, б). При цьому обрано ділянку перерізу, що розміщена посередині зразка (знаходиться у фокусі). Таким чином, забезпечено мінімізацію спотворення зображення, яке використовують для вимірювань.

Растрове зображення перерізу тканини у середовищі графічного редактора векторної графіки AutoCAD масштабовано до реальних розмірів. Інструментом «Полілінія» нанесено допоміжні лінії для вимірювання параметрів шорсткості (див. рис. 5.13, г) на ділянці довжиною 0,8 мм (відповідно до рекомендацій ДСТУ 2409–94 [36]).

Візуальна оцінка нормальних профілів, отриманих за допомогою кнопки «Roughness» при обробці сканованого зразка тканини у середовищі

Rhinoseros та цифрових фотозображень, отриманих за описаною послідовністю, підтверджує можливість використання запропонованого способу для оцінки параметрів шорсткості текстильного матеріалу (рис. 5.14).



**Рис. 5.14. Візуальна оцінка нормальних профілів зразка 2:**  
а) фото; б) накладання нормальних профілів,  
отриманих за допомогою кнопки «Roughness» (на фото перерізу)

Результати вимірювання параметрів шорсткості зразків підкладкових тканин методом фотограмметрії та порівняння їх з даними, що отримані за допомогою кнопки «Roughness» при обробці сканованого зразка у середовищі Rhinoseros, представлені у таблиці 5.17.

Таблиця 5.17

#### Експериментальна перевірка

Метод фотограмметрії											Розроблена методика		$\Delta Ra$		$\Delta R_{max}$			
$y_i$ , мкм											$Ra$ , мкм	$R_{max}$ , мкм	$Ra$ , мкм	$R_{max}$ , мкм	мкм	%	мкм	%
<b>Зразок 1</b>											2,98	7,90	2,90	7,60	0,08	3,0	0,3	4,0
<b>Зразок 2</b>											3,60	9,10	3,62	8,80	0,02	1,0	0,3	3,0
<b>Зразок 3</b>											2,30	5,90	2,40	5,60	0,10	3,0	0,3	5,0

Відповідно до результатів експериментальної перевірки, похибка не перевищує гранично допустимої у легкій промисловості величини (5 %), а отже розробленою методикою можна користуватись для встановлення параметрів шорсткості матеріалів підкладки і верху для подальшого порівняння їх між собою.

Розроблена методика та скрипти для обробки сканованих зображень зразків тканини в середовищі Rhinoseros дозволяють визначити вибрані параметри шорсткості текстильних матеріалів у напівавтоматичному режимі.


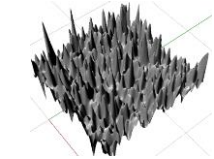


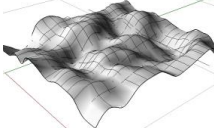


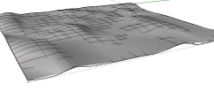


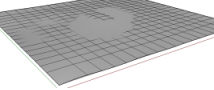
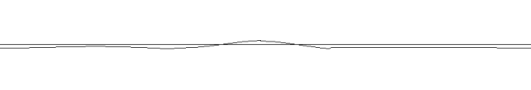
Для формування правил вибору матеріалів для проектування виробів, що належать обраному ланцюгу перетворення використані знання про їх вагомні властивості. До невідомих знань належать величини параметрів шорсткості різних груп матеріалів, які належать до вагомних згідно з результатами досліджень. У середовищі Rhinoseros опрацьовані скановані зразки тканин чотирьох груп тканин, як це показано у таблиці 5.18.

В рамках попереднього експерименту визначені характеристики шорсткості для підкладкових тканин, костюмних, плащових і пальтових. Розрахована мінімальна кількість вимірів для визначення параметрів із допустимим рівнем довірчої ймовірності (95 %) для чотирьох груп тканин: 58 – для підкладкових тканин; 122 – для пальтових; 73 – для костюмних; та 50 – для плащових тканин.

На основі даних класичного матеріалознавства та конфекціонування [8, 12, 13, 15, 16, 50, 51, 55], стандартів із загальними вимогами до груп тканин та матеріалів [43–49, 56], а також за результатами проведених вимірювань показників шорсткості, сформовано номенклатуру показників властивостей і їх рекомендовані значення для чотирьох груп тканин (див. табл. 5.19).

Таблиця 5.18

## Етапи підготовки вхідних даних для вимірювання параметрів шорсткості

Група тканин	Скановане зображення	Тривимірною поверхню	Нормальний профіль (масштаб 100:1)
Пальтові			
Костюмні			
Плащові			
Підкладкові			

Таблиця 5.19

## Номенклатура показників властивостей матеріалів

Властивість	Група тканин			
	Костюмні	Плащові	Пальтові	Підкладкові
Незмінальність, %	≥ 30	≥ 45	≥ 40	≥ 70
Здатність до утворення пілей, пілі/см <sup>2</sup>	0–4	0–5	0–2	0–6
Стійкість до дії тертя, цикл	≥ 4000	≥ 3000	≥ 4000	850–1000
Зміна лінійних розмірів після мокрих обробок, %	1,5–5,0	2–3,5	1,5–5,0	2,0–5,0
Повітропроникність, дм <sup>3</sup> /(см <sup>2</sup> ·с)	40–375	20–130	10–100	≥ 100
Залишкова деформація, %	0,8–3,0	–	1,5–5,0	–
Жорсткість при згині, мкН·см <sup>2</sup>	4000–9000	–	20000–100000	1000–1500
Водотривкість водного стовпчика, мм	–	≥ 200	–	–
Водопроникність, г/(м <sup>2</sup> ·с)	–	< 50	–	–
Сумарний тепловий опір, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	≥ 0,02	≥ 0,015	≥ 0,05	≥ 0,03
Стійкість фарбування, бали	4,0–6,0	3,0–6,0	4,0–7,0	4,0–6,0
Розривне навантаження, даН	≥ 35,0	≥ 20,0	≥ 20,0	≥ 16,0
Обсипальність, даН	≥ 7,0	≥ 10,0	≥ 10,0	0,9–1,5
Шорсткість $R_a$ , мкм	3,2–213,0	1,3–133,5	25,0–440,8	1,9–191,9
Шорсткість $R_{max}$ , мкм	10,0–676,0	3,0–396,0	91,0–1552,0	6,0–645,0
Паропроникність, г/(м <sup>2</sup> ·год)	≥ 40,0	≥ 50,0	≥ 40,0	50,0
Гіроскопічність, %	7,0–13,0	7,0–10,0	≥ 13,0	≥ 6,0

Рекомендовані інтервали значень властивостей матеріалів для виробів-трансформерів (ланцюгів перетворень, що містять види виробів, які складають виріб-трансформер) отримані як перетин незліченних множин, які визначають параметри вагомих властивостей матеріалів верху різних видів виробів, а інтервали значень властивостей матеріалів для двобічних виробів, – як перетин незліченних множин, які визначають величини параметрів властивостей матеріалів верху різних видів виробів та підкладки (табл. 5.20, табл. 5.21) [39].

Таблиця 5.20

## Рекомендовані параметри властивостей матеріалів

Типовий виріб			Виріб-трансформер									
			Один вид			Два види				Три види		
Жакет	Куртка (плащ)	Пальто	Жакет	Куртка	Пальто	Жакет-куртка (плащ)	Жакет-пальто	Куртка (плащ)-пальто	Куртка-плащ	Жакет-куртка (плащ)-пальто	Жакет-куртка-плащ	Пальто-куртка-плащ
<b>Незминальність, %</b>												
≥ 30	≥ 45	≥ 40	≥ 30	≥ 45	≥ 40	≥ 45	≥ 40	≥ 45	≥ 45	≥ 45	≥ 45	≥ 45
<b>Здатність до утворення пілей, пілі/см<sup>2</sup></b>												
0-4	-	-	0-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Стійкість до дії тертя, цикл</b>												
≥ 4000	≥ 3000	≥ 4000	≥ 4000	≥ 3000	≥ 4000	≥ 4000	≥ 4000	≥ 4000	≥ 3000	≥ 4000	≥ 4000	≥ 4000
<b>Зміна лінійних розмірів після мокрих обробок, %</b>												
1,5-5,0	2,0-3,5	1,5-5,0	1,5-5,0	2,0-3,5	1,5-5,0	2,0-3,5	-	2,0-3,5	2,0-3,5	2,0-3,5	2,0-3,5	2,0-3,5
<b>Повітропроникність, дм<sup>3</sup>/(см<sup>2</sup>·с)</b>												
40-375	-	10-100	40-375	-	10-100	-	40-100	-	-	-	-	-
<b>Залишкова деформація, %</b>												
0,8-3,0	-	1,5-5,0	0,8-3,0	-	1,5-5,0	-	1,5-3,0	-	-	-	-	-
<b>Жорсткість при згині, мкН·см<sup>2</sup></b>												
4000-9000	-	20000-100000	4000-9000	-	20000-100000	-	-	-	-	-	-	-
<b>Водотривкість водного стовпчика, мм</b>												
-	≥ 200	-	-	≥ 200	-	≥ 200	-	≥ 200	≥ 200	-	≥ 200	≥ 200
<b>Водопроникність, г/(м<sup>2</sup>·с)</b>												
-	< 50	-	-	< 50	-	< 50	-	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
<b>Сумарний тепловий опір, (м<sup>2</sup>·К)/Вт</b>												
-	≥ 0,015	≥ 0,05	-	≥ 0,015	≥ 0,05	-	≥ 0,05	≥ 0,05	≥ 0,015	≥ 0,05	-	≥ 0,05

Таблиця 5.21

## Рекомендовані параметри властивостей матеріалів для двобічних виробів

Виріб-трансформер (двобічний)									
Один вид			Два види				Три види		
Жакет	Куртка (плащ)	Пальто	Жакет-куртка (плащ)	Жакет-пальто	Куртка (плащ)-пальто	Куртка-плащ	Жакет-куртка (плащ)-пальто	Жакет-куртка-плащ	Пальто-куртка-плащ
<b>Незминальність, %</b>									
≥ 70	-	-	≥ 70	-	-	-	≥ 70	≥ 70	-
<b>Стійкість до дії тертя, цикл</b>									
-	-	≥ 4000, 850-1000	-	≥ 4000, 850-1000	≥ 3000, ≥ 4000, 850-1000	-	≥ 3000, ≥ 4000, 850-1000	-	≥ 3000, ≥ 4000, 850-1000
<b>Зміна лінійних розмірів після мокрих обробок, %</b>									
-	-	-	2,0-3,5	-	-	-	-	2,0-3,5	-
<b>Повітропроникність, дм<sup>3</sup>/(см<sup>2</sup>·с)</b>									
100-375	100-130	100	100-130	100	100	100-130	100	100-130	100
<b>Водотривкість водного стовпчика, мм</b>									
-	≥ 200	-	-	-	-	≥ 200	-	-	-
<b>Водопроникність, г/(м<sup>2</sup>·с)</b>									
-	< 50	-	-	-	< 50	< 50	-	-	< 50
<b>Сумарний тепловий опір, (м<sup>2</sup>·К)/Вт</b>									
-	-	≥ 0,05	-	-	≥ 0,05	-	-	-	≥ 0,05
<b>Стійкість фарбування, бали</b>									
-	4,0-6,0	-	4,0-6,0	-	4,0-6,0	4,0-6,0	4,0-6,0	4,0-6,0	4,0-6,0
<b>Шорсткість (середнє арифметичне відхилення профілю), мкм</b>									
3,2-191,9	1,9-133,5	25,0-191,9	3,2-133,5	25,0-191,9	25,0-133,5	1,9-133,5	25,0-133,5	3,2-133,5	25,0-133,5
<b>Шорсткість (максимальна висота профілю), мкм</b>									
10,0-645,0	6,0-396,0	91,0-645,0	10,0-396,0	91,0-645,0	91,0-396,0	6,0-396,0	91,0-396,0	10,0-396,0	91,0-396,0

Отримана інформація є основою для експертної системи вибору матеріалів для виробів. Вхідні дані для системи – це перелік властивостей, різновид та вид виробу (типовий, виріб-трансформер (з виділенням двобічних виробів)). Правила вибору матеріалу сформовані у вигляді таблиць (рис. 5.15).

костюмні-пашові		X1=1				X1=0				
		X3=1		X3=0		X3=1		X3=0		
		X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	
X8=1	X9=1	1	0,781	0,841	0,622	0,727	0,508	0,568	0,349	
	X9=0	0,833	0,614	0,674	0,455	0,56	0,341	0,401	0,182	
X8=0	X9=1	0,818	0,599	0,659	0,44	0,545	0,326	0,386	0,167	
	X9=0	0,651	0,432	0,492	0,273	0,378	0,159	0,219	0	
костюмні-пашові-пальтові		X1=1				X1=0				
		X3=1		X3=0		X3=1		X3=0		
		X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	
X9=1	X10=1	1	0,817	0,753	0,57	0,78	0,597	0,533	0,35	
	X10=0	0,833	0,65	0,586	0,403	0,613	0,43	0,366	0,183	
X9=0	X10=1	0,817	0,634	0,57	0,387	0,597	0,414	0,35	0,167	
	X10=0	0,65	0,467	0,403	0,22	0,43	0,247	0,183	0	
пашові-підкладкові		X5=1				X5=0				
		X8=1		X8=0		X8=1		X8=0		
		X9=1	X9=0	X9=1	X9=0	X9=1	X9=0	X9=1	X9=0	
X11=1	X14=1	1	0,814	0,797	0,611	0,838	0,652	0,635	0,449	
	X14=0	0,695	0,509	0,492	0,306	0,533	0,347	0,33	0,144	
X11=0	X14=1	0,856	0,67	0,653	0,467	0,694	0,508	0,491	0,305	
	X14=0	0,551	0,365	0,348	0,162	0,389	0,203	0,186	0	
костюмні-пашові-підкладкові		X1=1				X1=0				
		X4=1		X4=0		X4=1		X4=0		
		X5=1	X5=0	X5=1	X5=0	X5=1	X5=0	X5=1	X5=0	
X11=1	X14=1	1	0,767	0,865	0,632	0,833	0,6	0,698	0,465	
	X14=0	0,665	0,432	0,53	0,297	0,498	0,265	0,363	0,13	
X11=0	X14=1	0,87	0,637	0,735	0,502	0,703	0,47	0,568	0,335	
	X14=0	0,535	0,302	0,4	0,167	0,368	0,135	0,233	0	
костюмні-пальтові		X1=1				X1=0				
		X3=1		X3=0		X3=1		X3=0		
		X5=1	X5=0	X5=1	X5=0	X5=1	X5=0	X5=1	X5=0	
X6=1	X7=1	X10=1	1	0,854	0,735	0,589	0,834	0,688	0,569	0,423
	X7=0	X10=0	0,868	0,722	0,603	0,457	0,702	0,556	0,437	0,291
X6=0	X7=1	X10=1	0,868	0,722	0,603	0,457	0,702	0,556	0,437	0,291
	X7=0	X10=0	0,736	0,59	0,471	0,325	0,57	0,424	0,305	0,159
X8=1	X9=1	X10=1	0,841	0,695	0,576	0,43	0,675	0,529	0,41	0,264
	X9=0	X10=0	0,709	0,563	0,444	0,298	0,543	0,397	0,278	0,132
X8=0	X9=1	X10=1	0,709	0,563	0,444	0,298	0,543	0,397	0,278	0,132
	X9=0	X10=0	0,577	0,431	0,312	0,166	0,411	0,265	0,146	0
пальтові-підкладкові		X3=1				X3=0				
		X5=1		X5=0		X5=1		X5=0		
		X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	
X10=1	X14=1	1	0,876	0,807	0,683	0,87	0,746	0,677	0,553	
	X14=0	0,807	0,683	0,614	0,49	0,677	0,553	0,484	0,36	
X10=0	X14=1	0,789	0,665	0,596	0,472	0,659	0,535	0,466	0,342	
	X14=0	0,596	0,472	0,403	0,279	0,466	0,342	0,273	0,149	
X11=1	X14=1	0,851	0,727	0,658	0,534	0,721	0,597	0,528	0,404	
	X14=0	0,658	0,534	0,465	0,341	0,528	0,404	0,335	0,211	
X11=0	X14=1	0,64	0,516	0,447	0,323	0,51	0,386	0,317	0,193	
	X14=0	0,447	0,323	0,254	0,13	0,317	0,193	0,124	0	
пашові-пальтові		X1=1				X1=0				
		X3=1		X3=0		X3=1		X3=0		
		X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	X4=1	X4=0	
X9=1	X10=1	1	0,876	0,807	0,683	0,87	0,746	0,677	0,553	
	X10=0	0,807	0,683	0,614	0,49	0,677	0,553	0,484	0,36	
X9=0	X10=1	0,789	0,665	0,596	0,472	0,659	0,535	0,466	0,342	
	X10=0	0,596	0,472	0,403	0,279	0,466	0,342	0,273	0,149	
X10=1	X14=1	0,851	0,727	0,658	0,534	0,721	0,597	0,528	0,404	
	X14=0	0,658	0,534	0,465	0,341	0,528	0,404	0,335	0,211	
X10=0	X14=1	0,64	0,516	0,447	0,323	0,51	0,386	0,317	0,193	
	X14=0	0,447	0,323	0,254	0,13	0,317	0,193	0,124	0	

рекомендована
  нерекomenдована
  середня відповідність

Рис. 5.15. Продукційна модель ЕС «Конфєкціонер»

У кожній таблиці результат знаходиться на перетині декількох умов. Умови представлені у двійковій системі, де «0» – невиконання умови (невідповідність заданого параметра розглядуваної тканини рекомендованим параметрам), а «1» – виконання умови (заданий параметр тканини відповідає рекомендованому діапазону, див. табл. 5.20 та 5.21). Результат представлено сумарним коефіцієнтом вагомості всіх показників властивостей тканини, для яких справедливе значення «1» – виконання умови.

Значення сумарного коефіцієнта вагомості 0–0,33 відповідає матеріалам, які не рекомендовані для використання у розглядуваному ланцюгу перетворення/виробі-трансформері; 0,34–0,67 – матеріал може бути використаний, проте не є рекомендованим; 0,68–1 – матеріал рекомендований для використання у певному виробі чи ланцюгу перетворення. Таким чином, таблиці становлять основу простої бази знань підсистеми ЕС (див. рис. 5.16).

Шлях прийняття рішень щодо вибору тканини верху та вагомих властивостей матеріалу представлено у вигляді дерева рішень (див. рис. 5.17), в якому кількість сутностей визначається сумарною кількістю вагомих показників усіх груп матеріалів (див. табл. 5.15) і довжиною ланцюга перетворення. Пояснення результатів діалогу, який відповідає рис. 5.16 та рис. 5.17 представлено на рис. 5.18.



**Результати діалога:**

1)Тканину можна використовувати для проєктованого виробу(ів) - КД=100

**Хід діалога:**

Вопрос: "Скільки видів виробів у ланцюгу перетворення виробу-трансформера, що проєктується?"

Ответ: "2"

Вопрос: "У ланцюгу перетворення використовується вид трансформації "вивертання"?"

Ответ: "так"

Вопрос: "Вкажіть види виробів, що входять до ланцюга перетворення"

Ответ: "куртка, пальто"

-Сработало правило 769. Подзадача :Група тканин, КД = "100"

"Група тканин" приймає значення: "плащово-пальтові-підкладкові"

если "2 виробів" Равно" "куртка, пальто" и "Вивертання" Равно" "так"

и "Кількість видів виробів" Равно" "2"

Определено: "Група тканин" приймає значення "плащово-пальтові-підкладкові" КД = 100

Вопрос: "Показники властивостей матеріалу визначені?"

Ответ: "Так"

Вопрос: "Показник шорсткості матеріалу відповідає вказаному інтервалу?"

Ответ: "так"

Вопрос: "Показник повітропроникності матеріалу відповідає заданому інтервалу? (100 дм3/(см2·с))"

Ответ: "так"

Вопрос: "Показник водопроникності матеріалу відповідає заданому інтервалу? (менше 50 г/(м2·с))"

Ответ: "так"

Вопрос: "Число циклів стирання по площині матеріалу відповідає заданому інтервалу? (>= 4 тис. циклів)"

Ответ: "так"

-Сработало правило 838. Подзадача :Група тканин, КД = "100"

"Result" приймає значення: "Тканину можна використовувати для проєктованого виробу(ів)"

если "Група тканин" Равно" "плащово-пальтові-підкладкові"

и "X14 плащові-пальтові-підкладкові" Равно" "так"

и "X3 плащові-пальтові-підкладкові" Равно" "так"

и "X5 плащові-пальтові-підкладкові" Равно" "так"

и "X9 плащові-пальтові-підкладкові" Равно" "так"

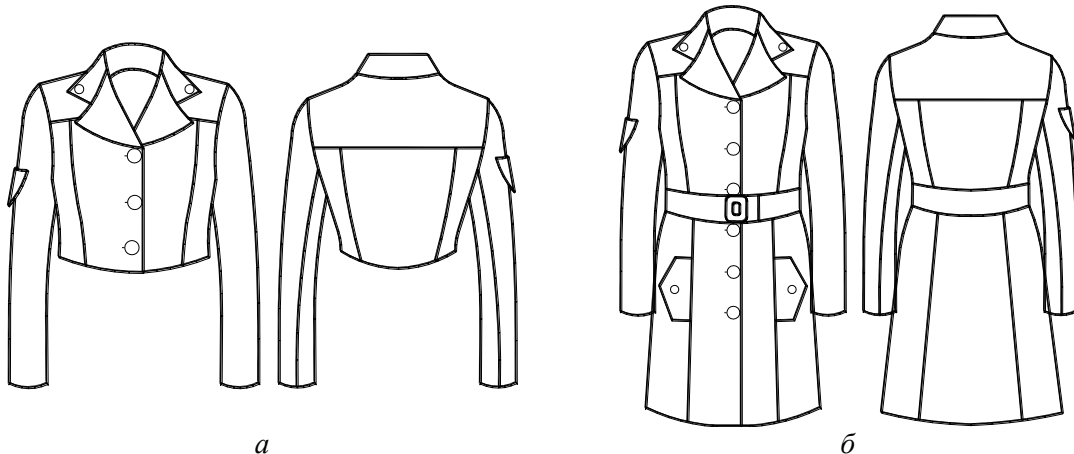
Определено: "Result" приймає значення "Тканину можна використовувати для проєктованого виробу(ів)" КД = 100

**Рис. 5.18. Пояснення результатів діалогу підсистеми ЕС «Конфекціонер»**

Усі описані підсистеми («Ланцюг перетворення», «Базова конструкція», «Конфекціонер» та «Функціональний вузол») можуть бути використані у сукупності, як складові єдиної експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва, а також можуть виступати як окремі ЕС для вирішення конкретних задач, які стоять перед підприємством.

### 5.5. Сценарій оцінки повноти функціонального використання виробів ланцюга перетворення

Більшість із виробів-трансформерів змінюють своє функціональне призначення за рахунок приєднання або від'єднання певних деталей. Від'єднані деталі також можуть змінити свою функцію або залишитись без використання. Додаткові деталі не використовуються у вихідному виробі, проте вони необхідні для використання у трансформованому виробі. Зокрема, як показано на рис. 5.19: нижня частина пілочки та спинки не використовуються у жакеті (рис. 5.19, а), однак абсолютно необхідна для пальта (рис. 5.19, б).



**Рис. 5.19. Зразок виробу-трансформера: а) жакет-спенсер (до трансформації); б) пальто (після трансформації)**

При цьому всі основні деталі виробу-трансформера використовуються в обох видах виробів: до і після трансформації. Отже, основні частини перебувають у використанні значно більше часу, аніж окремі деталі, які беруть участь у процесі трансформування. Як результат різні цикли експлуатації окремих частин спричинюють погіршення зовнішнього вигляду і рівня якості виробу-трансформера. Окрім того, процес трансформації повинен бути зручним для користувача і забезпечуватись за допомогою як можна меншої кількості додаткових елементів. Очевидною є потреба в наявності спеціальних показників, за допомогою яких можна було б оцінити якість проектування виробу-трансформера. Таким чином, поставлене завдання розробити спосіб визначення повноти функціонального використання виробу-трансформера.

Поставлене завдання вирішується тим, що повноту функціонального використання виробу-трансформера характеризують коефіцієнтом функціонального використання і розраховують його як відношення кількості функціональних виробів до та після трансформації до загальної кількості елементів, що використовуються для цього [57, 58]. Тобто один виріб розглядається як декілька окремих залежно від етапу його трансформації. Тоді загальна кількість елементів – це сума усіх функціональних виробів до та після трансформації, додаткових конструктивних елементів, за допомогою яких здійснюється перетворення вихідної трансформи у нову, та не функціональних елементів, що з'явилися у процесі такого перетворення.

Коефіцієнт функціонального використання дорівнює одиниці у тому випадку, коли для процесу трансформації не потрібні додаткові конструктивні елементи і в результаті отримано функціональний виріб (вироби), без утворення не функціональних елементів. Це свідчить про економічну ефективність виробу-трансформера. Значення коефіцієнта, що наближається до нуля, свідчить про необґрунтованість прийнятих проектних рішень під час проектування даного виробу-трансформера та необхідність їх перегляду.

Спосіб визначення повноти функціонального використання елементів виробу-трансформера передбачає наступну послідовність дій:

- 1) встановити кількість функціональних видів виробів до процесу трансформації.
- 2) встановити кількість додаткових конструктивних елементів, які не використовуються у вихідному виробі, проте потрібні для виконання процесу трансформації.
- 3) виконати процес трансформації.
- 4) встановити кількість отриманих функціональних видів виробів.
- 5) встановити кількість нефункціональних конструктивних елементів, які утворились після процесу трансформації і не можуть бути використані для утворення нового окремого виробу.
- 6) розрахувати коефіцієнт функціонального використання елементів виробу-трансформера за формулою:

$$K_f = \frac{G_b + G_a}{G_b + G_a + D_b + D_a}, \quad (5.12)$$

де  $D_b$  – кількість додаткових конструктивних елементів до процесу трансформації;  $D_a$  – кількість нефункціональних елементів після процесу трансформації;  $G_b$  – кількість функціональних виробів до процесу трансформації;  $G_a$  – кількість функціональних виробів після процесу трансформації;

- 7) оцінити рівень отриманого коефіцієнта функціонального використання елементів виробу-трансформера.

Ряд виробів-трансформерів сформований на основі інформації з онлайн-магазинів [57], журналів мод, модних онлайн-оглядів [60–63], баз даних патентів [64] тощо. Сформований ряд проаналізований за наступними характеристиками: кількість та види окре-

мих функціональних виробів до та після трансформації, кількість додаткових деталей (не функціональних елементів) до (після) трансформації, за якими розраховано коефіцієнт функціонального використання  $K_f$  елементів виробу-трансформера (табл. 5.22).

Таблиця 5.22

## Розрахунок коефіцієнта функціонального використання для ряду виробів-трансформерів

Ланцюг перетворення		Кількість окремих виробів		$D_b$	$D_a$	$K_f$
Вихідний виріб (вироби)	Трансформований виріб (вироби)	$G_b$	$G_a$			
<b>1. Куртка</b>	<b>Жилет</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0,40</b>
2. Сарафан + накидка	Жилет + сукня	2	2	0	0	1,00
3. Куртка 1	Куртка 2	1	1	0	1	0,67
4. Пальто	Куртка + Шарф	1	2	0	0	1,00
<b>5. Жилет + кепка</b>	<b>Рюкзак</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0,50</b>
<b>6. Плащ</b>	<b>Жилет</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0,50</b>
7. Куртка	Сумка	1	1	0	0	1,00
8. Комбінезон	Куртка	1	1	0	1	0,67
9. Комбінезон	Куртка + жилет	1	2	0	0	1,00
10. Пальто	Куртка + спідниця	1	2	0	0	1,00
11. Пальто	Куртка+ спідниця	1	2	0	1	0,75
12. Комбінезон + куртка	Куртка + Рюкзак	2	2	0	1	0,80
13. Куртка	Жилет + Штани	1	2	0	0	1,00
14. Куртка	Куртка + Кепка	1	2	0	0	1,00
15. Пальто	Куртка	1	1	0	0	1,00
16. Пальто	Пальто + Накидка	1	2	0	0	1,00
17. Жилет	Сумка	1	1	0	0	1,00

Як видно з таблиці 5.22, декілька виробів-трансформерів зі сформованого ряду мають низький коефіцієнт функціонального використання. Ланцюги трансформації з коефіцієнтами, що менші або дорівнюють 0,5, відмічені кольором. Низький коефіцієнт означає, що деякі частини цих виробів не використовуються взагалі. Таким чином можна стверджувати, що споживчі вимоги не виконуються. Водночас, вартість використаних матеріалів вища, ніж для типового виробу з таким же зовнішнім виглядом, як у проектного виробу-трансформера. Проте знаючи величину коефіцієнта функціонального використання вже під час етапу проектування таку ситуацію можна виправити. Зокрема, коефіцієнт функціонального використання виробу-трансформера номер 1 (див. табл. 5.22) дорівнює лише 0,4. Причиною цього є два рукави та капюшон, які від'єднують від куртки для перетворення її у жилет. Проте, якщо внести декілька змін і забезпечити перетворення рукавів у шарф або пояс, тоді  $D_b = 0$ ,  $D_a = 1$  (капюшон),  $G_b = 1$  (куртка),  $G_a = 2$  (жилет і шарф),  $K_f = 0,75$ .

Такий метод визначення повноти функціонального використання елементів виробу-трансформера може бути використаний як основа для подальших досліджень особливостей процесу трансформації, коли до ланцюга перетворення входить три або більше виробів. На рис. 5.20 представлено виріб-трансформер, ланцюг перетворення якого складається з трьох видів виробів (куртки, плаща та жакета), що представлені шістьма різновидами виробів: куртка, плащ, жакет, жакет-спенсер, болеро і жилет.

Таким чином, в межах даного ланцюга можна утворити щонайменше шість різних виробів. Окрім того, зразок виробу містить три різних коміри, два варіанти рукавів, два пояси, три варіанти нижніх частин пілочки та спинки. Внаслідок значного різноманіття функціональних та нефункціональних елементів розрахунок коефіцієнта функціонального використання утруднений.



Рис. 5.20. Зразок виробу-трансформера

Якщо ланцюг перетворення містить більше двох виробів, формула визначення коефіцієнта функціонального використання перетворюється наступним чином:

$$\hat{E}_f = \hat{E}_{f \min} - \hat{E}_{f \max}, \quad (5.13)$$

$$K_{f \min} = \frac{G_b + G_a}{G_b + G_a + D_{b \max} + D_{a \max}}, \quad (5.14)$$

$$K_{f \max} = \frac{G_b + G_a}{G_b + G_a + D_{b \min} + D_{a \min}}, \quad (5.15)$$

де  $K_{f \min}$  – мінімальна величина коефіцієнта функціонального використання;  $K_{f \max}$  – максимальна величина коефіцієнта функціонального використання;  $D_{b \max}$  – максимальна кількість додаткових конструктивних елементів до процесу трансформації;  $D_{a \max}$  – максимальна кількість нефункціональних елементів після процесу трансформації;  $G_b$  – кількість функціональних виробів до процесу трансформації;  $G_a$  – кількість функціональних виробів після процесу трансформації;  $D_{b \min}$  – мінімальна кількість додаткових конструк-

тивних елементів до процесу трансформації;  $D_{amin}$  – мінімальна кількість нефункціональних елементів після процесу трансформації.

Відповідно до формули (5.13), коефіцієнт функціонального використання вироботрансформера (див. рис. 5.20) лежить в межах 0,1–0,13. Проте якщо внести декілька змін, шляхом внесення ще однієї основної частини виробу (верхня частина пілочки і спинки) для перетворення окремих не використовуваних частин вихідного виробу у додатковий виріб, то коефіцієнт функціонального використання зросте до 0,24–0,67 (табл. 5.23).

Таблиця 5.23

## Розрахунок коефіцієнта повноти функціонального використання вироботрансформера (рис. 5.20)

Варіант розрахунку	Ланцюг перетворення			Кількість виробів		$D_b$	$D_a$	$K_f$	
	Вихідний виріб	Трансформований виріб (вироби)		$G_b$	$G_a$			Рівень	Величина
		1	2						
Існуючий зразок вироботрансформера	Плащ	Жакет	Жилет	1	1	6	12	min	0,10
				1	1	6	7	max	0,13
Удосконалений зразок вироботрансформера	Плащ+плащ	Жакет+жакет	Жилет+жилет	2	2	1	12	min	0,24
				2	2	1	1	max	0,67

Трансформація рукавів у шарф або пояс дозволить підвищити коефіцієнт функціонального використання до рівня 0,31–0,67.

### 5.6. Сценарій застосування експертних систем у конструкторсько-технологічній підготовці виробництва

Формалізація морфологічних перетворень конструктивно-технологічних рішень функціональних вузлів виробів-трансформерів повинна бути розглянута з позицій системного підходу. Такий підхід обґрунтований тим, що з однієї сторони, графічна модель трансформації асортименту жіночого плечового верхнього одягу передбачає, що типологічний ряд КТР вузлів виробів-трансформерів належить загальному типологічному ряду досліджуваного асортименту жіночого плечового верхнього одягу, а з іншої, морфологічні перетворення – це перетворення будови і/або форми об'єкта, тобто змінам підпорядковуються безпосередньо деталі та складальні одиниці вузлів.

Елементи одягу, розробленого за принципами трансформації, доцільно систематизувати відповідно до виконуваних функцій та використовуваних видів трансформації, які забезпечуються певними деталями.

Оскільки процес технологічної обробки швейних виробів – це сукупність етапів обробки його окремих вузлів та деталей, тоді функція кожного окремого елемента підпорядкована загальній функції виробу. Отже, швейний виріб можна представити як сукупність вузлів і деталей, окремі з яких є функціональними:

$$V = \{ \hat{A}_i, i = \overline{1, m} \}, \quad (5.16)$$

де  $V$  – виріб;  $B_i$  – множина вузлів виробу;  $m$  – кількість вузлів.

$$\hat{A} \supseteq \hat{E}\hat{A}, \quad (5.17)$$

де  $KE$  – множина конструктивних елементів.

Функціональний вузол швейного виробу – це частина виробу, що складається із декількох спеціальних деталей, є складальною одиницею виробу і виконує в ньому одну або декілька заданих функцій, має конструктивно-технологічну завершеність і не має самостійного використання.

$$\hat{O}A = \{ \hat{A}_\phi \mid \phi \in \hat{O} \}, \quad (5.18)$$

де  $\Phi B$  – множина функціональних вузлів виробу;  $\phi$  – функція вузла;  $\Phi$  – множина функцій вузлів.

Трансформуючий вузол – це функціональний вузол, за допомогою якого виконується процес трансформації.

$$\hat{O}A \subset \hat{O}A, \quad (5.19)$$

де  $TB$  – множина трансформуючих вузлів виробу-трансформера.

Трансформуючі вузли – це сукупність трансформуючих елементів та деталей виробів-трансформерів, які об'єднані між собою засобом трансформації:

$$\hat{O}A = \{ \hat{E}A, \hat{O}A, \zeta \hat{O} \}, \quad (5.20)$$

$$\hat{O}A = \{ \hat{E}A_\phi \mid \phi \in \hat{O}_{\phi B} \}, \quad (5.21)$$

де  $TE$  – множина трансформуючих елементів;  $3T$  – засіб трансформації;  $\Phi_{TP}$  – множина функцій забезпечення трансформації конструктивними елементами.

Виріб-трансформер має рухому структуру, яка забезпечує функцію трансформації. Оскільки такою функцією володіють  $TE$ , то вони є мобільними елементами (які забезпечують рух форми), а  $KE$  – є стабільними елементами.

$$V \supseteq \{ V_a, V_{\delta \delta_i}, i = \overline{1, n} \}; \quad (5.22)$$

$$V_a \supseteq \{ \hat{E}A_j, j = \overline{1, m} \} \cup \{ \hat{O}A_j, j = \overline{1, k} \}; \quad (5.23)$$

$$V_{\delta \delta_i} \supseteq \{ \hat{E}A_{ij}, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n} \} \cup \{ TA_{ij}, j = \overline{0, k-i}, i = \overline{1, n} \}; \quad (5.24)$$

$$\hat{O}A = \tilde{N} \times \cup \hat{I} \times \cup \zeta \hat{O}, \quad (5.25)$$

де  $V$  – множина виробів, які можуть бути отримані в межах ланцюга перетворення виробу-трансформера;  $V_e$  – вихідний виріб;  $V_{mp_i}$  –  $i$ -й трансформований виріб;  $n$  – кількість трансформованих виробів, які можуть бути отримані в межах ланцюга перетворення виробу-трансформера;  $m$  – кількість конструктивних елементів;  $k$  – кількість трансформуючих елементів;  $СЧ$  ( $МЧ$ ) – стабільна (мобільна) частина трансформуючого вузла, відповідно.

Результативна функція трансформуючого вузла складається з його часткових функцій у вихідному виробі і у трансформованому, а також безпосередньої функції трансформуючого вузла, – забезпечення взаємоперетворення однієї трансформи в іншу:

$$\hat{O}_{\hat{O}A} = \hat{O}_{\hat{O}A}^A + \hat{O}_{\hat{O}A}^{\hat{O}} + \hat{O}_{\hat{O}B}, \quad (5.26)$$

де  $\Phi_{TB}$  – результативна функція трансформуючого вузла;  $\hat{O}_{\hat{O}A}^A$  – функція трансформуючого вузла у вихідному виробі;  $\hat{O}_{\hat{O}A}^{\hat{O}}$  – функція трансформуючого вузла у трансформованому виробі;  $\hat{O}_{\hat{O}B}$  – функція забезпечення трансформації.

За результатами аналізу КТР трансформуючих зміна виду виробу відбувається за рахунок довжини виробу, при цьому лінія внутрішнього членування вихідного виробу стає крайовою лінією, – лінією низу трансформованого виробу.

Конструктивна функція передбачає розбиття поверхні з метою створення її об'ємної форми конструктивним способом. Декоративна функція відповідає за створення різноманітних оздоблень в одязі, що мають лінійний характер, забезпечуючи художню виразність та композиційну цілісність виробу і тоді:

$$\hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{A}} = \hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{E}} + \hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{A}}, \quad (5.27)$$

де  $\hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{E}}$  – конструктивна функція трансформуючого вузла у вихідному виробі;  $\hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{A}}$  – декоративна функція трансформуючого вузла у трансформованому виробі.

Значення кожної з цих функцій у виробках різного призначення не однако. Залежно від нього змінюється відносна вагомість функцій  $P$ . Справді, якщо вагомість кожної із часткових функцій  $\hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{A}}$  та  $\hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{E}}$  дорівнює  $P_1 = \hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{A}} / \hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{A}}$  та  $P_2 = \hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{E}} / \hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{A}}$ , відповідно, то  $P_1 + P_2 = 1$ . Тоді, якщо  $P_1 = 0$ , то конструктивно-декоративна лінія перетворюється на конструктивну, і навпаки, якщо  $P_2 = 0$ , то лінія перетворюється на суто декоративну. Вагомість часткових функцій визначає технологічне рішення трансформуючого вузла у вихідному виробі: необхідність маскування членування при  $P_1 = 0$  і використання оздоблювальних строчок та засобів трансформації з декоративним оформленням при  $P_2 = 0$ . «Маскування» можна виконати за рахунок як деталей третього порядку, так і обшивок та припусків швів.

Трансформація виробу-трансформера носить зворотний характер, тому функція забезпечення трансформації повинна бути властивою як стабільній, так і мобільній частинам трансформуючого вузла:

$$\hat{O}_{\hat{N}\times} = \hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{O}} + \hat{O}_{\hat{O}\hat{D}}, \quad \hat{O}_{\hat{I}\times} = \hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{A}} + \hat{O}_{\hat{O}\hat{D}}, \quad (5.28)$$

де  $\Phi_{Cч}$  ( $\Phi_{Mч}$ ) – функція стабільної (мобільної) частини, відповідно.

$$\hat{O}_{\hat{I}\times} \rightarrow \hat{E}\hat{D}_{\hat{I}\times}, \hat{E}\hat{D}_{\hat{I}\times} \cup \zeta\hat{O} \rightarrow \hat{O}\hat{D}_{\hat{I}\times}, \quad (5.29)$$

$$\hat{O}_{\hat{N}\times} \rightarrow \hat{E}\hat{D}_{\hat{N}\times}, \hat{E}\hat{D}_{\hat{N}\times} \cup \zeta\hat{O} \rightarrow \hat{O}\hat{D}_{\hat{N}\times}, \quad (5.30)$$

$$\hat{O}_{\hat{O}\hat{A}}^{\hat{A}} \rightarrow \hat{E}\hat{D}_{\hat{N}\times} \cup \hat{E}\hat{D}_{\hat{I}\times}, \quad (5.31)$$

$$\hat{O}_{\hat{O}\hat{D}} \rightarrow \zeta\hat{O}. \quad (5.32)$$

При виборі засобів трансформації необхідно врахувати як площу трансформуючих елементів, так і вид матеріалу, з якого виготовляється виріб.

Фурнітуру в основному використовують для «від'єднання – приєднання». У випадках використання ТЕ з великою площею та з горизонтальним розміщенням ЗТ доцільно використовувати тасьму-«блискавку», яка забезпечить рівномірне напруження по краю. Оскільки використання інших засобів трансформації викликає великі навантаження в місцях їх кріплення з деталлю, і відповідно виникає нерівномірне напруження по краях. Трансформуючі елементи малої площі мають малу масу, тому не викликають великого навантаження. Для таких ТЕ можна використовувати весь асортимент, який входить у групу фурнітури.

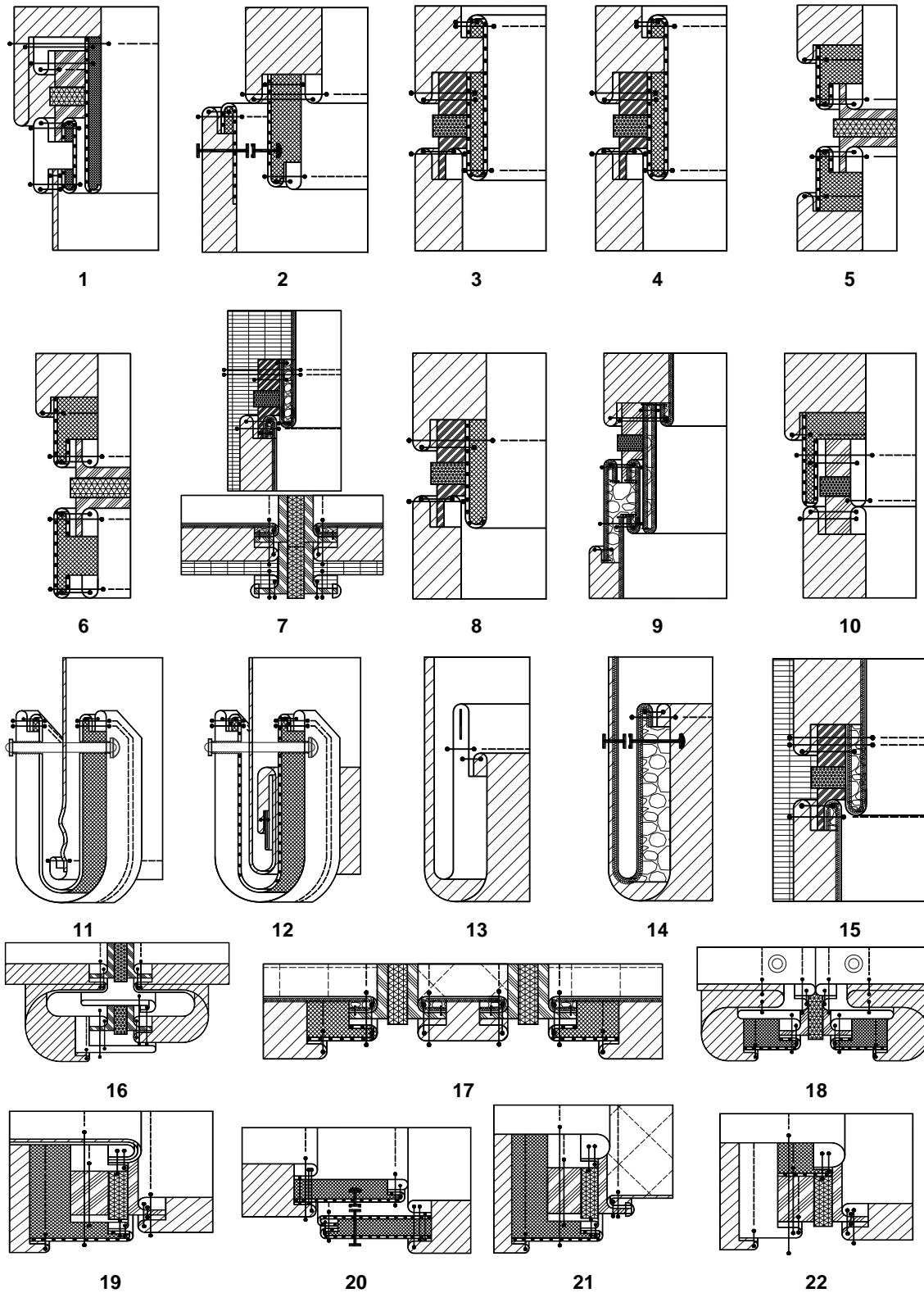


Рис. 5.21. Складальні схеми КТР трансформуючих вузлів

Трансформуючі елементи можуть бути виготовлені з трикотажних полотен, тому слід врахувати їх розтяжність [16, 51]. У цьому випадку для трансформації виробу-трансформера, яка передбачає від'єднання трансформуючого елемента, доцільно використовувати засіб трансформації тасьму-«блискавку», щоб запобігти надмірному розтягуванню зрізів ТЕ. Одним із основних критеріїв для визначення конструктивно-технологічних рішень трансформуючих вузлів є призначення засобу трансформації. Крім того, необхідно забезпечити відповідний зовнішній вигляд внутрішньої сторони виробу. Виготовлення виробу-трансформера передбачає наявність підкладки, тому слід врахувати, що при використанні засобу трансформації тасьма-«блискавка» підкладка може перешкоджати її застібанню. Тому, аналогічно до класичної технології, доцільно використовувати планки, обшивки з основної тканини, збільшені припуски швів деталей.

Для овальних зрізів використовують обшивки, для прямолінійних передбачають обробку з припуском відповідних параметрів. Це забезпечить надійність використання даного трансформуючого вузла в експлуатації. З урахуванням традиційних методів обробки виробів верхнього асортименту і враховуючи функціональність трансформуючих вузлів побудовані складальні креслення різних варіантів трансформуючих вузлів (див. рис. 5.21).

За результатами аналізу сучасного асортименту виробів-трансформерів верхнього одягу стабільна частина, яка є в кожній трансформі (як у вихідному виробі, так і трансформованому), при трансформації плечового виробу представлена верхньою частиною стану. Встановлено, що для трансформуючих вузлів характерна не тільки наявність базових елементів, але і додаткових, які для даних вузлів є типовими, оскільки використовуються для будь-якого їх конструктивно-технологічного рішення. Вони представлені планками і додатковими обшивками.

Трансформуючий вузол складається із стабільної і мобільної частин, які з'єднуються між собою за допомогою засобу трансформації, при чому мобільна частина належить лише вихідному виробу і тоді:

$$\hat{E}D_{\alpha} \supset \hat{E}D_{\alpha} \cup \hat{O}D_{\alpha} \cup \zeta \hat{O}, \quad (5.33)$$

$$\hat{E}D_{\alpha} \supset \hat{E}D_l \times \cup \hat{E}D_{N \times}, \quad (5.34)$$

де  $KTP_{TB}$  – конструктивно-технологічне рішення трансформуючого вузла;

$KP_{TB}$  – конструктивне рішення трансформуючого вузла;

$TP_{TB}$  – технологічне рішення трансформуючого вузла;

$ЗТ$  – засіб трансформації трансформуючого вузла;

$KP_{MЧ}$  – конструктивне рішення мобільної частини трансформуючого вузла;

$KP_{CЧ}$  – конструктивне рішення стабільної частини трансформуючого вузла.

$$\hat{O}D_{\alpha} \supset \hat{O}D_l \times \cup \hat{O}D_{N \times}, \quad (5.35)$$

де  $TP_{MЧ}$  – технологічне рішення мобільної частини трансформуючого вузла;

$TP_{CЧ}$  – технологічне рішення стабільної частини трансформуючого вузла.

Для виду трансформації «приєднання-від'єднання», основна деталь верху (стан), – є стабільною. Додаткові деталі верху, деталі підкладки і прокладки можуть бути в наявності і представлені декількома варіантами, або можуть бути відсутні:

$$\hat{E}D_l \times \supset \hat{I} \hat{A} \hat{A} \cup \hat{A} \hat{A} \hat{A}_m^n \cup \hat{A} \hat{I}_l^k \cup \hat{A} \hat{I} \delta_c^d, \quad (5.36)$$

$$\hat{E}D_{C \times} \supset \hat{I} \hat{A} \hat{A} \cup \hat{A} \hat{A} \hat{A}_m^n \cup \hat{A} \hat{I}_l^k \cup \hat{A} \hat{I} \delta_c^d, \quad (5.37)$$

де  $ОДВ$  – основні деталі верху;  $ДДВ$  – додаткові деталі верху;  $ДП$  – деталі підкладки;  $ДПР$  – деталі прокладки;  $n = 0...m$ ,  $k = 1...l$ ,  $d = 0...c$  – кількість використовуваних варіантів деталей;  $m, l, c \in \mathbb{N}$  – кількість можливих варіантів деталей.

Способи побудови типових базових трансформуючих вузлів залежать від виду членування виробів-трансформерів. При горизонтальному прямолінійному членуванні стану трансформера, стабільна частина трансформуючого вузла найчастіше представлена обробкою низу. Тому в якості технологічної бази використано класичну технологію обробки низу виробу. При криволінійному членуванні трансформера базовою прийнято типову обробку криволінійних країв виробу (обробка пройми, горловини, фігурної кокетки) за допомогою обшивок.

В узагальненому вигляді конструктивно-технологічне рішення базового трансформуючого вузла записується так:

$$\hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{O} \hat{A}_i}^{i \hat{a} \hat{c}} \subset \left\{ \hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{O} \hat{A}_i} \mid \hat{O}_{\hat{O} \hat{A}_i} = \hat{O}, {}^z = \overline{1, n} \right\}, \quad (5.38)$$

де  $\hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{O} \hat{A}_i}^{i \hat{a} \hat{c}}$  – конструктивно-технологічне рішення  $i$ -го базового трансформуючого вузла;  $\hat{O}_{\hat{O} \hat{A}_i}$  – функція  $i$ -го трансформуючого вузла;  $\Phi$  – функція забезпечення визначеного виду трансформації.

Базові вузли містять мінімально необхідну кількість деталей для обробки трансформуючого вузла:

$$\begin{aligned} \hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{O} \hat{A}}^{i \hat{a} \hat{c}} \supset \hat{E} \hat{D}_{\hat{O} \hat{A}}^{i \hat{a} \hat{c}} &= \{ \hat{I} \hat{A} \hat{A}, \hat{A} \hat{A} \hat{A}, \hat{A} \hat{I}, \hat{A} \hat{I} \hat{\delta} \}, \\ \hat{I} \hat{A} \hat{A} &= \{ \hat{I} \hat{A} \hat{A} \mid \hat{E}_{\hat{I} \hat{A} \hat{A}} = \min_{\hat{I} \hat{A} \hat{A}} \}, \quad \hat{A} \hat{A} \hat{A} = \{ \hat{A} \hat{A} \hat{A} \mid \hat{E}_{\hat{A} \hat{A} \hat{A}} = \min_{\hat{A} \hat{A} \hat{A}} \}, \\ \hat{A} \hat{I} &= \{ \hat{A} \hat{I} \mid \hat{E}_{\hat{A} \hat{I}} = \min_{\hat{A} \hat{I}} \}, \quad \hat{A} \hat{I} \hat{\delta} = \{ \hat{A} \hat{I} \hat{\delta} \mid \hat{E}_{\hat{A} \hat{I} \hat{\delta}} = \min_{\hat{A} \hat{I} \hat{\delta}} \}, \end{aligned} \quad (5.39)$$

де  $\hat{E} \hat{D}_{\hat{O} \hat{A}}^{i \hat{a} \hat{c}}$  – конструктивне рішення базового трансформуючого вузла;

$K_{ОДВ}$ ,  $K_{ДДВ}$ ,  $K_{ДП}$ ,  $K_{ДПР}$  – кількість основних деталей верху, додаткових деталей верху, підкладки, прокладки відповідно.

Виходячи з формули (5.19):

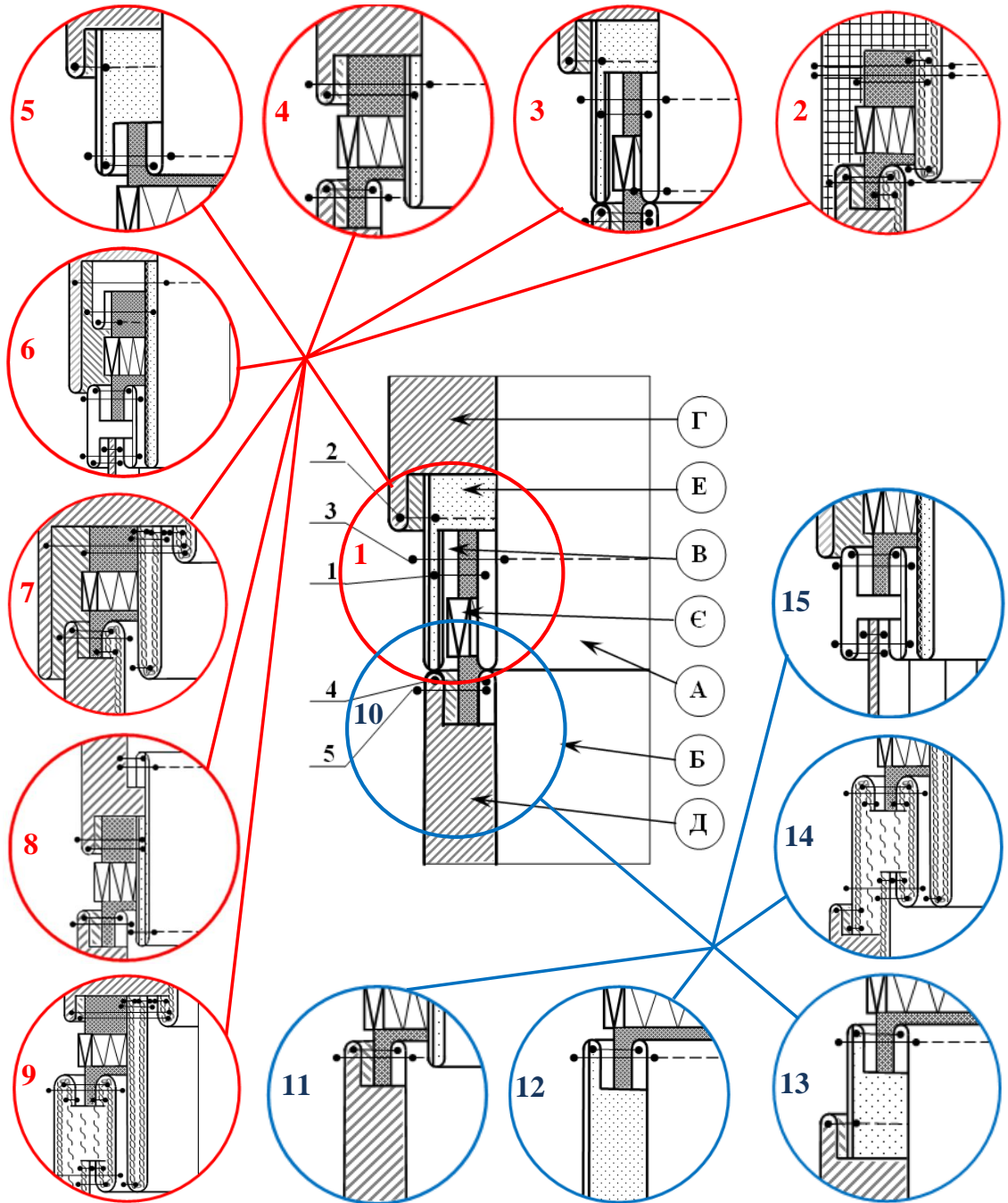
$$\hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{O} \hat{A}}^{i \hat{a} \hat{c}} \supset \hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{I} \times}^{i \hat{a} \hat{c}} \cup \hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{N} \times}^{i \hat{a} \hat{c}}, \quad (5.40)$$

де  $\hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{I} \times}^{i \hat{a} \hat{c}}$  ( $\hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{N} \times}^{i \hat{a} \hat{c}}$ ) – конструктивно-технологічне рішення мобільної (стабільної) частини базового трансформуючого вузла.

$$\hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{O} \hat{A}}^{i \hat{a} \hat{c}} \subset \hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{I} \times}^{i \hat{a} \hat{c}} \cup \hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{I} \times}^{i \hat{a} \hat{c}} \cup \hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{N} \times}^{i \hat{a} \hat{c}} \cup \hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{N} \times}^{i \hat{a} \hat{c}}, \quad (5.41)$$

де  $\hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{I} \times}^{i \hat{a} \hat{c}}$  ( $\hat{E} \hat{O} \hat{D}_{\hat{N} \times}^{i \hat{a} \hat{c}}$ ) – модифікація конструктивно-технологічного рішення мобільної (стабільної) частини трансформуючого вузла.

На основі розроблених схем КТР трансформуючих вузлів для прямолінійного (див. рис. 5.22) та криволінійного (див. рис. 5.23) членувань вихідного виробу, виду трансформації «від'єднання–приєднання» і засобу трансформації тасьма-«блискавка», – сформовано структуру типових базових трансформуючих вузлів, що описана формулою (5.26). Позначення деталей на рисунках відповідає назвам деталей у таблиці 5.24.



- 1 – КТР стабільної частини базового трансформуючого вузла;
- 10 – КТР мобільної частини базового трансформуючого вузла;
- 2–9 – модифікації КТР стабільної частини трансформуючого вузла;
- 11–15 – модифікації КТР мобільної частини трансформуючого вузла.

**Рис. 5.22. Типовий базовий трансформуючий вузол та модифікації його частин (гасма-«блискавка», прямий контур членування, повне від'єднання ТЕ)**

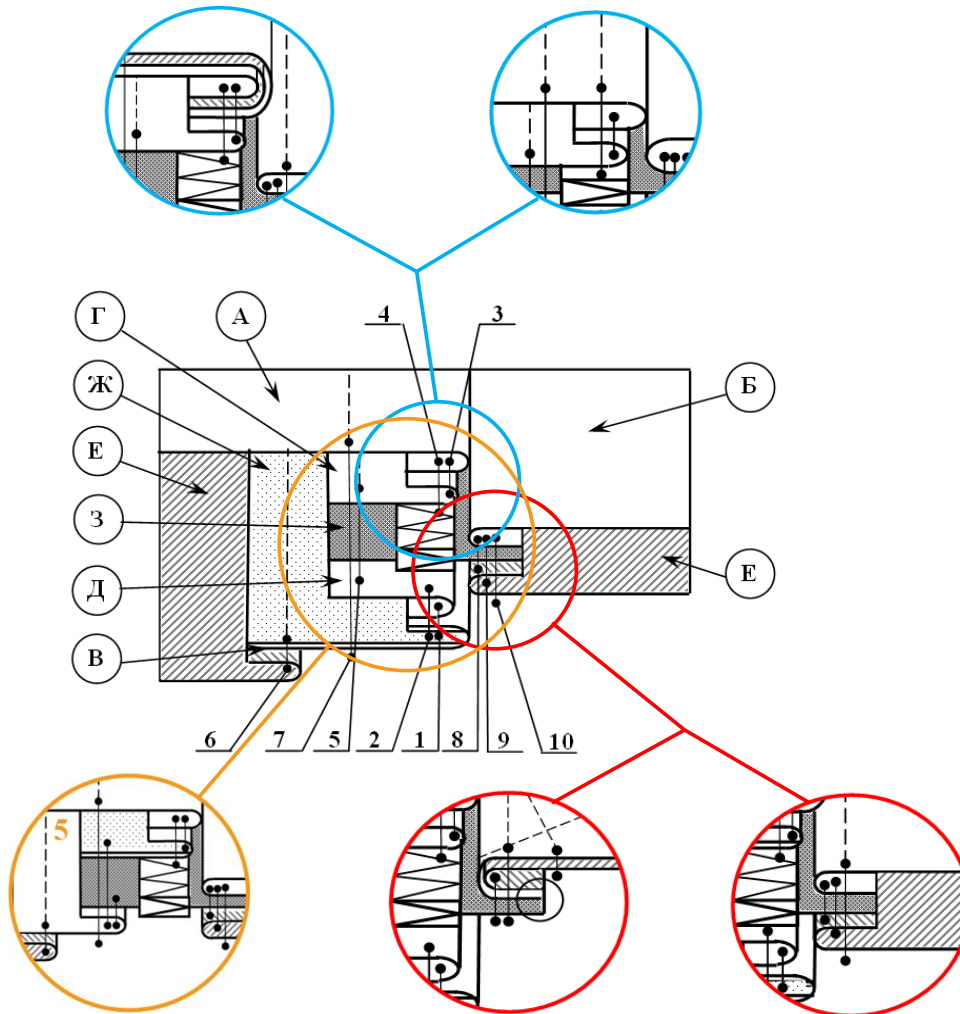


Рис. 5.23. Типовий базовий трансформуючий вузол і модифікації його частин і додаткових елементів (тасьма-«блискавка», криволінійний контур членування, повне від'єднання ТЕ)

Таблиця 5.24

Деталі типових базових трансформуючих вузлів (ЗТ – тасьма-«блискавка»)

Лінія членування	Матеріал	Деталі, які беруть участь	
		Умове позначення	Назва деталі
Пряма	Верху	<i>A</i>	Стан трансформованого виробу
		<i>B</i>	Нижня частина стану вихідного виробу
		<i>B</i>	Обшивка низу стану трансформованого виробу
	Підкладки	<i>Г</i>	Підкладка стану трансформованого виробу
		<i>Д</i>	Підкладка нижньої частини стану вихідного виробу
		Прокладки	<i>E</i>
Крива	Верху	<i>A</i>	Стан трансформованого виробу
		<i>B</i>	Рукав вихідного виробу
		<i>B</i>	Обшивка пройми стану трансформованого виробу
		<i>Г, Д</i>	Внутрішні обшивки пройми стану трансформованого виробу
	Підкладки	<i>E</i>	Підкладка стану трансформованого виробу
		<i>Є</i>	Підкладка рукава вихідного виробу
Прокладки	<i>Ж</i>	Прокладка обшивки пройми стану трансформованого виробу	

Структури типових базових трансформуючих вузлів визначають зміст технологічних послідовностей обробки ТВ (табл. 5.25 та 5.26).

Таблиця 5.25

**Технологічна послідовність обробки трансформуючих вузлів  
із засобом трансформації тасьма-«блискавка» (прямолінійний контур)**

Номер операції	Назва операції	Спец.	Розряд	КТРбаз	КТР1	КТР2	КТР3	КТР4	КТР5	КТР6	КТР7	КТР8	КТР9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Дублювання</i>													
1	Продублювати обшивку нижнього зрізу верхньої частини стану вихідного виробу (трансформованого виробу)	П	3	70	70				70	70			
2	Продублювати припуск на підгин низу стану трансформованого виробу	П	3			60						60	
3	Продублювати пояс трансформованого виробу	П	3				35	35					
4	Продублювати верхню частину бейки вихідного виробу	П	3			24						24	
5	Продублювати обшивку верхнього зрізу нижньої частини стану трансформованого виробу	П	3						70	17			
6	Продублювати нижню частину пояса трансформованого виробу	П	3										
<i>Обробка дрібних деталей</i>													
7	Запрасувати згин обшивки низу стану трансформованого виробу	Пр	4	40	40								
8	Пришити тасьму-«блискавку» до обшивки трансформованого виробу	М	4			160							
9	Запрасувати припуски шва пришивання тасьми-«блискавки» до обшивки в сторону обшивки трансформованого виробу	Пр	4			72							
10	Запрасувати припуск на підгин низу пояса трансформованого виробу	Пр	3				60	60					
11	Прокласти оздоблювальну строчку по низу пояса трансформованого виробу	См	3				60	60					
12	Запрасувати згин пояса трансформованого виробу	Пр	3										60
13	Зшити припуски пояса стану трансформованого виробу	М	4										75
14	Обшити верхню частину бейки вихідного виробу нижньою частиною бейки, вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4			140							
15	Запрасувати шов обшивання верхньої частини бейки вихідного виробу	П	4			70							
16	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання верхньої частини бейки вихідного виробу	См	4			145							
17	Запрасувати припуск нижнього краю верхньої частини бейки вихідного виробу	Пр	3			60							
18	Обшити нижній зріз верхньої частини пояса трансформованого виробу нижньою частиною пояса	М	4							130			
19	Запрасувати шов обшивання низу пояса трансформованого виробу	Пр	3							70			
20	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання низу пояса трансформованого виробу	См	4							140			
21	Обшити верхній зріз пояса стану трансформованого виробу нижньою частиною пояса, вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4							150			
22	Запрасувати шов обшивання верху пояса трансформованого виробу	Пр	3							80			
23	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання верху пояса трансформованого виробу	См	4							165			

Продовження таблиці 5.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
24	Обшити пояс трансформованого виробу нижньою частиною пояса, вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4										100
25	Запросувати припуски шва обшивання пояса нижньої частини стану вихідного виробу	Пр	3										75
26	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання пояса нижньої частини стану вихідного виробу	См	4										135
<b>Обробка стану трансформованого виробу</b>													
27	Запросувати припуск на підгин низу стану трансформованого виробу	Пр	3	145	145	145						145	145
28	Прокласти оздоблювальну строчку по нижньому краю стану трансформованого виробу	См	4		165								
29	Настрочити обшивку трансформованого виробу на припуск підгину низу стану трансформованого виробу	М	4			165							
30	Запросувати напуск підкладки стану трансформованого виробу	Пр	3			145							
31	Пришити пояс до низу пілочки і спинки трансформованого виробу	М	4				165	165					
32	Запросувати припуски шва пришивання пояса трансформованого виробу в сторону пояса	Пр	3				145	145					
33	Прокласти оздоблювальну строчку на поясі трансформованого виробу по шву пришивання пояса трансформованого виробу	См	4				165	165					
34	Обшити обшивкою нижній зріз верхньої частини стану вихідного виробу (трансформованого виробу), вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4						165	165			
35	Запросувати припуски шва обшивання	Пр	3						145	145			
36	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання нижнього зрізу верхньої частини стану вихідного виробу (трансформованого виробу)	См	4						165	165			
37	Пришити тасьму-«блискавку» до припуску на підгин низу стану трансформованого виробу	М	4								165		
38	Пришити пояс трансформованого виробу до стану трансформованого виробу, одночасно пришиваючи тасьму-"блискавку"	М	4										165
<b>З'єднання стану трансформованого виробу з підкладкою</b>													
39	Пришити підкладку верхньої частини стану вихідного виробу (трансформованого виробу) до обшивки нижнього зрізу верхньої частини стану	М	4	165	165				165	165			
40	Пришити підкладку трансформованого виробу до припуску на підгин низу пояса, вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4				165	165					
41	Пришити підкладку стану трансформованого виробу до припуску на підгин низу, вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4									165	
42	Пришити підкладку стану трансформованого виробу до стану	М	4										165
43	Запросувати припуски шва пришивання підкладки стану трансформованого виробу в сторону стану	Пр	3	145	145		145	145	145	145		145	145
44	Запросувати напуск підкладки стану трансформованого виробу	Пр	3			145							
45	Настрочити припуски шва пришивання підкладки стану трансформованого виробу на підкладку	М	4				165	165					
46	Намітити місце розташування оздоблювальної строчки по низу стану трансформованого виробу	Р	3	50	50	50						50	

Продовження таблиці 5.25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
47	Прокласти оздоблювальну строчку по низу стану трансформованого виробу, закріплюючи частину тасьми-«блискавки»	М	4	165	165								
48	Пришити підкладку стану трансформованого виробу до припуску на підгин низу, прокладаючи оздоблювальну строчку по низу трансформованого виробу	М	4			165							
49	Прокласти дві оздоблювальні строчки по низу стану трансформованого виробу, одночасно закріплюючи з трикотажною підкладкою	См	4								165		
<b>Обробка нижньої частини стану вихідного виробу</b>													
50	Обшити обшивкою верхній зріз нижньої частини стану вихідного виробу, вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4						165				
51	Запросувати припуски шва обшивання верхнього зрізу нижньої частини стану вихідного виробу	Пр	3						145				
52	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання верхнього зрізу нижньої частини стану вихідного виробу	См	4						165				
53	Пришити верхню частину пояса до нижньої частини стану вихідного виробу	М	4										165
54	Запросувати припуски шва пришивання верхньої частини пояса в сторону пояса	Пр	3										145
<b>З'єднання нижньої частини стану вихідного виробу з підкладкою</b>													
55	Обшити верхній зріз нижньої частини стану вихідного виробу підкладкою, вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4	165	165			165			165	165	
56	Настрочити припуски шва обшивання верхнього зрізу нижньої частини стану вихідного виробу на підкладку	М	4	165	165								
57	Запросувати верхній край нижньої частини стану вихідного виробу	Пр	3	145	145			145			145	145	
58	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання нижньої частини стану вихідного виробу	См	4					165			165	165	
59	Обшити підкладкою верхній зріз баски стану вихідного виробу, вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4				165						
60	Запросувати верхній край баски стану вихідного виробу	Пр	3				145						
61	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання вихідного виробу	См	4				165						
62	Пришити підкладку до нижньої частини стану вихідного виробу, утворюючи зборку	См	4			175							
63	Пришити нижню частину бейки вихідного виробу до нижньої частини стану вихідного виробу	М	4			165							
64	Запросувати припуски шва пришивання нижньої частини бейки вихідного виробу в сторону нижньої частини бейки	Пр	3			145							
65	Настрочити нижній край верхньої частини бейки вихідного виробу на нижню частину бейки	См	4			165							
66	Пришити підкладку до нижньої частини стану вихідного виробу	М	4										165
67	Пришити підкладку до обшивки верхнього зрізу нижньої частини стану трансформованого виробу	М	4						165				
68	Запросувати припуски шва пришивання підкладки в сторону підкладки	Пр	3						145				145
69	Прокласти оздоблювальну строчку по нижньому краю пояса нижньої частини стану вихідного виробу, закріплюючи нижню частину пояса	См	4										165

Таблиця 5.26

**Технологічна послідовність обробки трансформуючих вузлів  
із засобом трансформації тасьма-«блискавка» (криволінійний контур)**

Номер операції	Назва операції	Спец.	Розряд	КТРбаз	КТР1	КТР2	КТР3	КТР4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Дублювання</b>								
1	Продублювати обшивку пройми стану вихідного (трансформованого) виробу	П	3	50	50		50	50
2	Продублювати частину обшивки пройми стану вихідного (трансформованого) виробу	П	3			30		
<b>Обробка дрібних деталей</b>								
3	Обшити обшивку пройми стану вихідного (трансформованого) виробу внутрішньою обшивкою	М	4	95	95		95	95
4	Зробити надсічки по припуску шва обшивання обшивки пройми стану вихідного (трансформованого) виробу	Р	3	12	12		12	12
5	Настрочити припуски шва обшивання обшивки пройми стану вихідного (трансформованого) виробу на внутрішню обшивку	М	4	110	110		110	110
6	Запрасувати шов обшивання обшивки пройми стану вихідного (трансформованого) виробу, формуючи перекант з обшивки пройми	Пр	3	70	70		70	70
7	Пришити тасьму-«блискавку» до зовнішнього зрізу другої частини обшивки пройми стану вихідного (трансформованого) виробу	М	4			80		
8	Пришити обшивку пройми стану вихідного (трансформованого) виробу до другої частини обшивки пройми	М	4			95		
9	Зробити надсічки по припуску шва пришивання обшивки пройми стану вихідного (трансформованого) виробу на ділянці кривизни	Р	3			12		
10	Запрасувати припуски шва пришивання обшивки пройми стану вихідного (трансформованого) виробу в сторону другої частини обшивки	Пр	3			70		
<b>Обробка пройми стану вихідного виробу (трансформованого виробу)</b>								
11	Обшити пройму стану вихідного (трансформованого) виробу внутрішньою обшивкою	М	5	159	159		159	
12	Обшити пройму стану трансформованого виробу обшивкою пройми	М	5			159		
13	Обшити пройму стану та кокетки вихідного (трансформованого) виробу внутрішньою обшивкою	М	5					159
14	Зробити надсічки по припуску шва обшивання пройми стану вихідного (трансформованого) виробу	Р	3	20	20	20	20	
15	Зробити надсічки по припуску шва обшивання пройми стану та кокетки вихідного (трансформованого) виробу	Р	3					20
16	Настрочити припуски шва обшивання пройми стану вихідного (трансформованого) виробу на внутрішню обшивку	М	4	170	170			
17	Настрочити припуски шва обшивання пройми стану вихідного (трансформованого) виробу на обшивку	М	4			170		
18	Настрочити припуски шва обшивання пройми стану вихідного (трансформованого) виробу на внутрішню обшивку	М	4					170
19	Запрасувати шов обшивання пройми стану вихідного (трансформованого) виробу, формуючи перекант зі стану	Пр	3	70	70	70	70	
20	Запрасувати шов обшивання пройми стану вихідного (трансформованого) виробу, формуючи перекант зі стану	Пр	3					70
21	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання пройми стану вихідного (трансформованого) виробу	См	5				170	
22	Зшити припуски внутрішніх обшивок вихідного (трансформованого) виробу, вкладаючи тасьму-«блискавку»	М	4	150	150		150	150
23	Припрасувати припуски шва зшивання внутрішніх обшивок вихідного (трансформованого) виробу	Пр	3	40	40		40	40

Продовження таблиці 5.26

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>З'єднання стану вихідного (трансформованого) виробу з підкладкою</b>								
24	Пришити підкладку стану вихідного (трансформованого) виробу до обшивки пройми стану	М	4	170	170	170	170	170
25	Зробити надсічки по припуску шва пришивання підкладки стану вихідного (трансформованого) виробу на ділянці кривизни	Р	3	12	12	12	12	12
26	Запросувати припуски шва пришивання підкладки стану вихідного (трансформованого) виробу в сторону підкладки	Пр	3	150	150	150	150	150
27	Намітити місце розташування оздоблювальної строчки по проймі стану вихідного (трансформованого) виробу	Р	3	35	35	35		35
28	Прокласти оздоблювальну строчку по проймі стану вихідного (трансформованого) виробу, закріплюючи тасьму-«блискавку»	М	3	165	165	165	165	165
<b>Обробка рукава вихідного виробу</b>								
29	Вистьобати рукав вихідного виробу підкладкою рукава	М	5		300			
30	Пришити тасьму-«блискавку» до оката рукава вихідного виробу	М	4	215	215	215	215	215
31	Обшити окат рукава вихідного виробу підкладкою рукава	М	4	175		175	175	175
32	Зробити надсічки по припуску шва обшивання оката	Р	3	20		20	20	20
33	Зробити надсічки по припуску шва пришивання тасьми-«блискавки» до оката рукава	Р	3		20			
34	Обметати зрізи шва пришивання тасьми-«блискавки» до оката рукава	См	4		80			
35	Запросувати припуски шва пришивання тасьми-«блискавки» до оката в сторону рукава	Пр	3		60			
36	Настрочити припуски шва пришивання на оката рукава вихідного виробу	М	4		180			
37	Настрочити припуски шва пришивання підкладки рукава вихідного виробу на підкладку рукава	М	4	190		190	190	
38	Запросувати шов оката рукава вихідного виробу	Пр	4	105		105	105	105
39	Прокласти оздоблювальну строчку по шву обшивання оката рукава вихідного виробу	См	4					180

На рис. 5.24 представлено фрагмент вікна навігації по базі даних, в якому кнопки «КТР стабільної частини вузла», «КТР мобільної частини вузла» та «Технологічна послідовність» здійснюють безпосереднє переміщення між таблицями бази даних, структура яких показана на рис. 5.25.

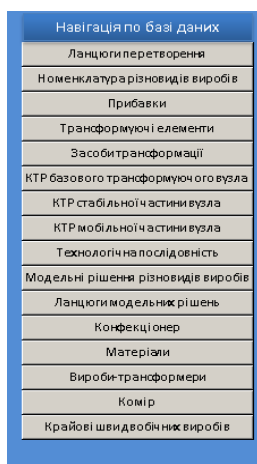


Рис. 5.24. Навігація по базі даних трансформуючих елементів

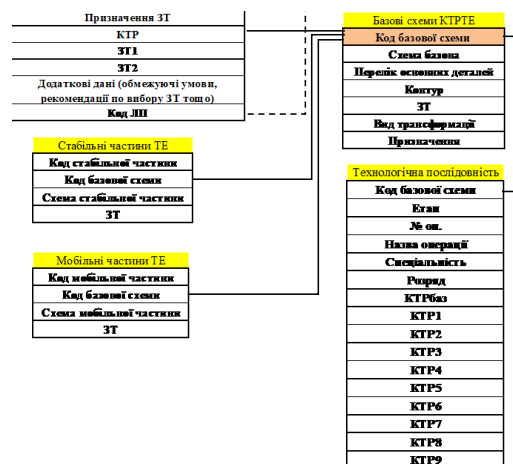


Рис. 5.25. Фрагмент структури бази даних трансформуючих елементів

Формування технологічної послідовності у базі даних організовано за допомогою системи фільтрів та панелі управління колонками, яка дозволяє приховувати задані колонки і показувати їх (рис. 5.26).

Код базової схеми	Етап	№ оп.	Назва операції	Спеціальність	Розряд	КТР6а3	КТР3	КТР4	КТР5	КТР6	КТР7	КТР8	КТР9	Повернення до головної форми
1	Дублювання	1	Продублювати обшивку нижнього зрзу верхньої частини стану виділого виробу (трансформованого виробу)	П	3	70			70	70				<input checked="" type="checkbox"/> КТР 1 (сховати) <input checked="" type="checkbox"/> КТР 2 (сховати) <input type="checkbox"/> КТР 3 (сховати) <input type="checkbox"/> КТР 4 (сховати) <input type="checkbox"/> КТР 5 (сховати) <input type="checkbox"/> КТР 6 (сховати) <input type="checkbox"/> КТР 7 (сховати) <input type="checkbox"/> КТР 8 (сховати) <input type="checkbox"/> КТР 9 (сховати)
1	Обробка дробних деталей	7	Запросувати згин обшивки низу стану трансформованого виробу	Пр	4	40								
1	Обробка стану трансформованого виробу	27	Запросувати припуск на підгин низу стану трансформованого виробу	Пр	3	145				145	145			
1	З'єднання стану трансформованого виробу з підкладкою	39	Пришити підкладку верхньої частини стану виділого виробу (трансформованого виробу) до обшивки нижнього зрзу верхньої частини стану	М	4	165			165	165				
1	З'єднання стану трансформованого виробу з підкладкою	43	Запросувати припуски шва пришивання підкладки стану трансформованого виробу в сторону стану	Пр	3	145	145	145	145	145	145	145		

Рис. 5.26. Вікно формування технологічної послідовності

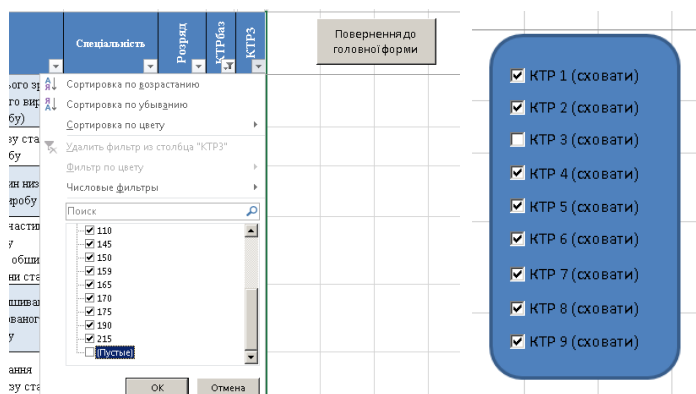


Рис. 5.27. Параметри налаштувань вікна «Технологічна послідовність»

Таким чином, для відображення технологічної послідовності обробки вузла, що проектується достатньо вимкнути всі «зайві» КТР та налаштувати фільтр так, щоб у колонці не було пустих елементів (див. рис. 5.27).

### Список використаних джерел

1. Журавлев Ю. И. «Распознавание». Математические методы. Программная система. Практические применения. / Ю. И. Журавлев, В. В. Рязанов, О. В. Сенько. – М. : Фазис, 2005. – 159 с.
2. Люгер Джордж Ф. Штучний інтелект. Методи вирішення складних проблем / Джордж Люгер, 2003. – 690 с.
3. Zakharkevich O. V. Improvement of the expert system for rapid change in production of women's outerwear / O. V. Zakharkevich // International Scientific Journal Acta Universitatis Pontica Euxinus. Special number. XI International Conference "Strategy of Quality in Industry and Education". Proceedings. – 2015. – V. II. – P. 410–414.
4. Захаркевич О. В. Основні підходи до формування концептуальної моделі експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва жіночого верхнього одягу / О. В. Захаркевич // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 1. – С. 207–211.

5. Захаркевич О. В. Розробка прототипу експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва жіночого верхнього одягу / О. В. Захаркевич, А. В. Почупрін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 2/2 (68). – С. 50–55.
6. Савченко І. О. Методологічне і математичне забезпечення розв'язання задач передбачення на основі модифікованого методу морфологічного аналізу : дис. ... канд. техн. наук : 01.05.04 / Савченко Ілля Олександрович. – Київ, 2012. – 167 с.
7. Барковський В. В. Теорія ймовірностей та математична статистика / В. В. Барковський, Н. В. Барковська, О. К. Лопатін. – 5-те вид. – Київ : ЦУЛ, 2010. – 424 с.
8. Захаркевич О. В. Інтелектуальна система вибору параметрів базової конструкції виробу / О. В. Захаркевич, А. Л. Славінська, М. Колесник // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості : тези доп. Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. молодих вчених та студентів, 16–17 листопада 2017 р. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – С. 234–236.
9. Zakharkevich O. V. Recommended ranges of collars' parameters for transformable garments / O. V. Zakharkevich, S. G. Kuleshova, G. S. Shvets // Magazine textile and clothing. – 2015. – № 9. – P. 210–220.
10. Пашкевич К. Л. Проектування тектонічних форм одягу з урахуванням властивостей тканин : монографія / К. Л. Пашкевич. – Київ : ПП «НВЦ «Профі», 2015. – 364 с.
11. Материаловедение швейного производства / Б. А. Бузов, Т. А. Модестова, Н. Д. Алыменкова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Легпромбытиздат, 1986. – 424 с.
12. Бузов Б. А. Материалы для одежды : учеб. пособ. / Б. А. Бузов, Г. П. Румянцева. – М. : Академия, 2010. – 160 с.
13. Чепелюк О. В. Розвиток наукових основ будови та умов формування тканини з урахуванням її ергономічних і естетичних характеристик : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.18.19 / О. В. Чепелюк. – Херсон, 2010. – 40 с.
14. Савчук Н. Г. Квалітологія швейного виробництва : підручник / Н. Г. Савчук, С. М. Березненко, М. П. Березненко. – 2-ге вид., перероб. та допов. – Київ : Арістей, 2007. – 464 с.
15. Супрун Н. П. Конфекціонування матеріалів для одягу / Н. П. Супрун, Л. В. Орленко. – Київ : Знання, 2008. – 246 с.
16. Супрун Н. П. Матеріалознавство швейних виробів: волокна та нитки : підручник / Н. П. Супрун. – Запоріжжя : Знання, 2008. – 183 с.
17. Слізков А. М. Тлумачний словник з матеріалознавства та текстильних виробництв / А. М. Слізков, Р. В. Луцик. – Київ : Арістей, 2004. – 304 с.
18. Бочкарева В. Е. Выкройки для женщин шикарных размеров: Модели на любую фигуру. / В. Е. Бочкарева. – М. : РИПОЛ классик, 2006. – 608 с.
19. Го М. Влияние объемных конструктивных прибавок на комфортность женских платьев / М. Го, В. Е. Кузьмичев // Швейная промышленность. – 2014. – № 1. – С. 28–32.
20. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Базовые конструкции женской одежды. – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1988. – Т. 2. – 116 с.
21. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Теоретические основы. – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1988. – Т. 1. – 163 с.
22. Кочесова Л. В. Конструирование женской одежды : учебник / Л. В. Кочесова. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2007. – 304 с.
23. Кудрявцева Н. В. Практикум з конструювання жіночого та чоловічого верхнього одягу за методикою ЄМКО РЕВ : навч. посіб. / Н. В. Кудрявцева, Л. В. Краснюк. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 163 с.
24. Литвин Г. В. Конструювання швейних виробів / Г. В. Литвин, А. О. Степура. – Київ : Вікторія, 2008. – 316 с.
25. Мешкова Е. В. Конструирование одежды : учеб. пособ. / Е. В. Мешкова. – М. : Оникс, 2006. – 176 с.
26. Рослякова Т. А. Дамский пиджак и пальто. Конструирование. Моделирование. Технология пошива. Серия «Учебный курс». / Т. А. Рослякова. – Ростов н/Д : Феникс, 2000. – 416 с.
27. Сборник Ателье-2002. М. Мюллер и сын. Техника кроя. – М. : ЗАО «ИД КОН-Лига Пресс», 2003. – С. 75–84.

28. Янчевская Е. А. Конструирование верхней женской одежды : учеб. для кадров массовых профессий / Е. А. Янчевская. – М. : Легпромбытиздат, 1989. – 240 с.
29. Флегонтов А. Н. Разработка методов оценки и прогнозирования тангенциального сопротивления льняных тканей : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.01 / Флегонтов Алексей Николаевич. – Кострома, 2014. – 131 с.
30. Voronova L. V. The methods estimation of the coefficient of tangential friction of textile cloth / L. V. Voronova, N. A. Smirnova, A. N. Flegontov // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2013. – No. 1 (343). – Pp. 29–32.
31. Apurba Das. A Study on Frictional Characteristics of Woven Fabrics / D. Apurba, V. K. Kothari, N. Vandana // Autex Research Journal – 2005. – Vol. 5. – № 3. – P. 133–140.
32. Vildan Sülar. Roughness and Frictional Properties of Cotton and Polyester Woven Fabrics / Vildan Sülar, Eren Öner, Ayşe Okur // Indian Journal of Fibre & Textile Research. – 2013. – Vol. 38. – Pp. 349–356.
33. Najeh M. Statistical analysis of surface roughness parameters for weft knitted fabrics measured by the Textile Surface Tester (TST) / M. Najeh, S. Mehdi, S. Faouzi // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – 2012. – Vol. 7. – P. 104–112.
34. Sirkova B. K. Description of Fabric Thickness and Roughness on the Basis of Fabric Structure Parameters / B. K. Sirkova // Autex Research Journal. – 2012. – Vol. 12. – No 2. – P. 40–43.
35. Tae Jin Kang1. Fabric surface roughness evaluation using wavelet-fractal method. Part I: Wrinkle, Smoothness and Seam Pucker / Tae Jin Kang1, Soo Chang Kim, In Hwan Sul, Jae Ryouon Youn, Kwansoo Chung // Textile Res. J. – 2005. – № 75 (11). – P. 751–760.
36. ДСТУ 2409-94. Вимірювання параметрів шорсткості. Терміни та визначення. – [Чинний від 1995-01-01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 1995. – 25 с. – (Національні стандарти України).
37. Славінська А. Л. Метод параметричної типізації конструкцій жіночого жакета з урахуванням стильової характеристики / А. Л. Славінська, О. М. Штомпіль // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 5. – С. 66–70.
38. Славінська А. Л. Практикум з проектування і конструктивного моделювання одягу. В 2 ч. Ч. 1: Проектування та технічне моделювання базових конструкцій одягу : навч. посібник / А. Л. Славінська, О. П. Сиротенко. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – 267 с.
39. Zakharkevich O. V. Determination of fabrics properties for reversible garments / O. V. Zakharkevich, S. G. Kuleshova, G. S. Shvets // TEXTEN VII International Conference Proceedings. – Bucharest, Romania, 2015. – Vol. 7. – P. 78–88.
40. А. с. 62901 України. «Стаття «Методика визначення показників шорсткості текстильних матеріалів»» / О. В. Захаркевич ; заяв. Захаркевич О. В. – заявка № 63401 від 12.10.2015 ; зареєстр. 10.12.2015.
41. Захаркевич О. В. Визначення показників властивостей матеріалів для виробів-трансформерів верхнього одягу / О. В. Захаркевич, Н. Г. Савчук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 3. – С. 79–83.
42. Захаркевич О. В. Методика визначення показників шорсткості текстильних матеріалів / О. В. Захаркевич // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 2. – С. 85–90.
43. ГОСТ 11151–77. Ткани чистошерстяные и полушерстяные. Нормы устойчивости окраски и методы ее определения – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 3 с.
44. ГОСТ 15968–87. Ткани чистольняные, льняные и полулльняные одежные. Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 9 с.
45. ГОСТ 21790–2005. Ткани хлопчатобумажные и смешанные одежные. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2006. – 7 с.
46. ГОСТ 28000–2004. Ткани одежные чистошерстяные, шерстяные и полушерстяные. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2006. – 15 с.
47. ГОСТ 28486–90 Ткани плащевые и курточные из синтетических нитей. Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 9 с.
48. ГОСТ 29222–91. Ткани плащевые из химических волокон и смешанные. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2006. – 6 с.

49. ГОСТ 29223–91. Ткани плательные, плательно-костюмные и костюмные из химических волокон. Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 6 с.
50. Делль Р. А. Гигиена одежды / Р. А. Делль, Р. Ф. Афанасьева, З. С. Чубарова. – М. : Лег-промбытгиздат, 1991. – 160 с.
51. Савостицкий Н. А. Материаловедение швейного производства : учеб. пособ. / Н. А. Савостицкий, Э. К. Амирова. – М. : Академия, 2000. – 240 с.
52. Пат. 2131605 Российская Федерация, МПК: G01N33/36. Бесконтактный способ анализа структуры ткани / Н. В. Лустгартен, Г. Г. Сокова, А. С. Сергеев ; заявитель и патентообладатель Костромской государственной технологической университет. – № 98108331/12 ; заявл. 29.04.1998 ; опубл. 10.06.1999.
53. Білей-Рубан Н. В. Метод комп'ютерної візуалізації зміни товщини джинсових тканин та деніму у відповідності до «ефектних» обробок / Н. В. Білей-Рубан, Т. В. Облещук // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 2. – С. 128-133.
54. Пат. 2151393 Российская Федерация, МПК: G01N33/36, D06H3/08, D03C19/00. Способ распознавания компьютерного изображения текстильных изделий / Сокова Г. Г., Магнитский Е. В., Лукоянов А. Л.; заявитель и патентообладатель Костромской государственной технологической университет. – № 99111448/12; заявл. 27.05.1999; опубл. 20.06.2000.
55. Лаврентьева Е. П. Плащевые ткани из смесей полиэфирного волокна с хлопком или с вискозным высокомолекулярным волокном / Е. В. Лаврентьева, К. Н. Плетникова, Л. С. Ковальчук и др. // Швейная промышленность. – 2008. – № 4 – С. 35–41.
56. ГОСТ 20272–96. Ткани подкладочные из химических нитей и пряжи». Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 6 с.
57. Zakharkevich O. Method of determining transformable garment functional usage completeness / O. Zakharkevich, I. Minchack, U. Babich // Study of problems in modern science: new technologies in engineering, advanced management, efficiency of social institutions : monograph / ed. by Shalparko Y., Wyszowska Z., Musial J., Paraska O. – Bydgoszcz, Poland, 2015. – P. 308–317.
58. А. с. 54395 України. Методи визначення повноти функціонального використання елементів вироб-а трансформера / О. В. Захаркевич, Н. Г. Савчук, І. В. Мінчак, У.Ф. Бабич ; заявник і патенто власник Захаркевич О.В. – заявка № 54886 від 05.02.2014 ; зареєстр. 03.04.2014.
59. Детская одежда и белье оптом – ООО «БембиЦентр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bembicentre.ru/>
60. Asian and Korean Fashion Clothing Japanese Women Online [Electronic resource] – Access mode: <http://www.coco-fashion.com/>
61. BestDress – сайт о платьях! [Electronic resource]. – Access mode: <http://bestdress.com.ua>.
62. Multiwear – everything about multifunctional clothes. [Electronic resource] – Access mode: [www.multiwear.com.ua](http://www.multiwear.com.ua) (last access: 29.03.2014).
63. Клуб любителей шитья «Сезон»: Варианты трансформеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.season.ru/sovety/sozd\\_vikr/transform/transform.html](http://www.season.ru/sovety/sozd_vikr/transform/transform.html)
64. Russian patents (patents of the Russian Federation). Patent Search [Electronic resource]. – Access mode: <http://ru-patent.info>

## ПІСЛЯМОВА

---

У роботі представлено можливе рішення актуальної науково-прикладної проблеми розвитку наукових основ гнучкої переорієнтації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, яке ґрунтується на евристичних прийомах методів типового проектування моделей типологічних рядів асортименту із застосуванням експертних систем в умовах швидкої зміни проектних ситуацій.

Вперше математичне рішення групування об'єктів типологічного ряду розглянуто з використанням критеріїв безперервності, що передбачають перетворення типових деталей виробів та їх можливих варіантних конструктивно-технологічних рішень. На основі структурно-логічної моделі трансформації типологічного ряду сформовано номенклатуру ланцюгів перетворення різновидів виробів жіночого плечового верхнього одягу з описом константних і варіантних елементів різновидів одягу як усередині типологічного ряду, так і виробу-трансформера. За основний принцип евристичного проектування підмножин типологічного ряду обрано принцип універсальності.

Для забезпечення технологічного прогнозування розвитку асортименту швейних виробів на основі комбінування подій і тенденцій розроблено механізм гнучкої переорієнтації швейного виробництва з використанням ланцюгів перетворення на основі технології багатоальтернативного проектування одягу з використанням адаптації гнучкого прийому врахування часу в задачах застосування модифікованого методу морфологічного аналізу у процесі евристичного проектування.

Завдання гнучкої переорієнтації виробництва швейних виробів вирішено шляхом імітаційного моделювання у середовищі Arena (Rockwell Automation) процесу конструкторської проробки ланцюгів перетворення різновидів виробів, яке відображає особливості розробки швейного виробу від моменту отримання замовлення до формування пакета конструкторської документації на модель виробу.

Вперше обґрунтовано доцільність застосування неоднорідного масштабування для отримання конструкцій різних видів одягу у середовищі систем автоматизованого проектування та побудови віртуальної форми виробу жіночого верхнього одягу у середовищі графічних редакторів тривимірної графіки.

На основі розробленого інформаційного забезпечення процесу трансформації конструктивно-технологічних рішень виробів-трансформерів сформовані технологічні послідовності обробки трансформуючих вузлів та спосіб оцінки повноти функціонального використання деталей виробу-трансформера. Формалізація структури трансформуючих вузлів забезпечила автоматизацію формування технологічних послідовностей їх обробки.

Кластерний аналіз виробів-трансформерів за характеристиками членувань дозволив виділити кластери, які інтерпретовано як різновиди сегментації. Визначено раціональні положення ліній членувань деталей виробів-трансформерів, на основі яких встановлені взаємозв'язки рівнів сегментації стану і рукава та доведено еквідистантність контурів ліній членувань різних рівнів.

Розроблена методика визначення параметрів шорсткості текстильних матеріалів та скрипти для обробки сканованих зображень зразків тканини в середовищі Rhinoceros дозволили дослідити параметри шорсткості матеріалів для формування рекомендованих їх характеристик в процесі підбору пакета матеріалів шляхом застосування принципу універсальності до параметрів тканин виробів ланцюга перетворення.

Розроблено прототип експертної системи гнучкої переорієнтації виробництва жіночого верхнього одягу на основі оболонки експертної системи «Рапана», що складається із підсистем вибору ланцюга перетворення, вибору універсальної базової конструкції виробів ланцюга перетворення, її параметрів та параметрів конструкції функціональних вузлів, а також вибору матеріалу.

## ДОДАТОК А

---

### *Глосарій термінів та понять*

**Абрис** – антропоморфна характеристика фігури у вигляді фронтально-профільних проекцій.

**Алгоритм** – кінцевий набір правил для механічного вирішення однотипних завдань.

**Асортимент** – одяг, об'єднаний в окрему групу за певними ознаками. Ознаками для об'єднання можуть бути матеріали, призначення тощо.

**Асортиментна серія** – спланований комплект різноманітних моделей одягу одного виду (призначення), різних кроїв та фасонів, які об'єднані не лише розмірною та віковою класифікацією, але й іншими показниками, що характеризують індивідуальні особливості споживачів.

**Асортиментний ряд** – це ряд виробів, сформований комплексно на основі виявленої та науково-обґрунтованої структури потреб і реалізований як номенклатура продукції, виробленої промисловістю, наприклад, набір або перелік товарів за видами, найменуванням, призначенням, сортам і застосуванням сировини.

**Атрибут** сутності – будь-яка деталь, що служить для уточнення, ідентифікації, класифікації, числової характеристики або вираження стану сутності.

**Багатоальтернативне проектування** – проектування, в якому в процесі прийняття рішень формулюються альтернативні варіанти рішень і оцінюється їх перевага.

**Виріб-трансформер** – багатофункціональний виріб, який володіє рухомою структурою, що дозволяє їй перетворюватись в інший виріб, або суттєво змінювати свої властивості.

**Геометрична модель** – логічний просторовий взаємозв'язок конструктивних точок тривимірного зображення об'єкта.

**Гнучка переорієнтація** – безпосередній процес швидкого переходу виробництва на випуск нового виду продукції.

**Гнучкість виробництва** – його здатність швидко і з мінімальними затратами на тому самому обладнанні у певний момент переорієнтуватися на випуск нових видів продукції.

**Довжина ланцюга перетворення** – кількість різновидів виробів, а отже кількість функціональних станів виробництва протягом певного періоду часу, яка прямо залежить від ресурсів підприємства.

**Евристика** (грец. εὐρησκω – знаходжу, відшукую, відкриваю) – наука, яка вивчає творчу діяльність, методи, які використовуються у відкритті нового і в навчанні.

**Евристичний** – термін стосується способу вибору цілі або напряму в розв'язуванні задачі, правильність якого на кожному кроці невідома або не може бути підтверджена.

**Евристичні методи** (друга назва *Евристики*) – методи, які дозволяють пришвидшити процес розв'язання задачі.

**Експертна система** – інтелектуальна компютерна програма, що містить знання та аналітичні здібності одного або кількох експертів щодо деякої галузі застосування, і здатна робити логічні висновки на основі цих знань, тим самим забезпечуючи вирішення специфічних завдань (консультування, навчання, діагностування, тестування, проектування тощо) без участі експерта (фахівця в конкретній проблемній галузі). Також визначається як система, яка використовує базу знань для вирішення завдань (видачі рекомендацій) у певній предметній галузі.

**Імітаційна модель** – різновид математичних моделей, що описують динамічні процеси в реальних системах і піддаються перевірці.

**Інваріантна модель** виробу типологічного ряду – це виріб, довжина якого відповідає максимальній довжині, що характерна для однієї із моделей такого ряду.

**Каркас** – комбінація лінійних елементів скріплених між собою.

**Коефіцієнт масштабування** – певне число, на яке множаться координати елементів об'єкта, що приводить до зміни їх розміру, стискання чи розтягування.

**Комбінаторний синтез** – метод типового проектування одягу, який базується на використанні морфологічної матриці, яка в свою чергу складає основу евристичного методу морфологічного аналізу

**Ланцюг** (шлях) – кінцева послідовність вершин графа, в якій кожна вершина (окрім останньої) з'єднана з наступною в послідовності вершин ребром.

**Масштабування** – зміна розміру зображення зі збереженням пропорцій.

**Матриця досяжності** графа  $G$  називають матрицю  $M$ , у якій елемент  $M_{ij}$  дорівнює 1 тоді і тільки тоді, коли існує (орієнтований) шлях із вершини  $i$  у вершину  $j$ .

**Матрична антагоністична гра** – парна гра з нульовою сумою (один гравець виграв стільки, скільки програв інший) за умови, що кожен з гравців має скінчене число стратегій.

**Метод** – шлях застосування системи способів для досягнення мети дослідження.

**Метод морфологічного аналізу** – суть його полягає в тому, що у виробі (об'єкті проектування) виділяють групу основних конструктивних або інших ознак; для кожної ознаки вибирають альтернативні варіанти, тобто можливі варіанти його виконання або реалізації. Комбінуючи їх між собою, одержують багато різних рішень, в тому числі і таких, які представляють практичний інтерес. При застосуванні цього методу складають морфологічні таблиці, заповнені можливими альтернативними варіантами і з усієї множини комбінацій вибирають найкращі.

**Модифікаційний ряд моделей** – система, отримана внаслідок зовнішніх (але не конструктивних) перетворень композиції вихідної моделі.

**Неоднорідне масштабування** – це масштабування, яке характеризується заданням різних коефіцієнтів по осях абсцис, ординат, та аплікват, пропорції самого об'єкта при такому масштабуванні не зберігаються.

**Оболонка експертної системи** – «порожня» версія існуючої експертної системи, тобто готової експертної системи без бази знань, яка відноситься до особливого класу програм, який створений з метою забезпечення можливостей фахівцям, які не є програмістами, використовувати плоди діяльності програмістів, вирішуючи такі ж проблеми, як і перші.

**Параметр** – величина, яка характеризує властивості об'єкта або режими його функціонування.

**Принцип** – основне положення теорії або основна особливість дії якого-небудь механізму.

**Продукційна модель**, або модель, базована на правилах – одна з моделей представлення знань, вона дозволяє представити знання у вигляді речень виду «Якщо (умова) то (дія)».

**Раціональний ланцюг перетворення** – кінцева послідовність відмінних один від одного видів виробів, в якій вид виробу – є вершиною, а процес трансформації – ребром. Раціональний ланцюг перетворення є простою послідовністю, яка дозволяє задавати вектор дій у конкретній проектній ситуації, забезпечуючи видозмінну трансформацію жіночого плечового одягу.

**Сегментація виробів-трансформерів** – процес нанесення горизонтальних ліній членувань, що забезпечують видозмінну трансформацію за рахунок розбиття вихідного ВТ на окремі сегменти циліндричної форми, що не мають самостійного функціонального призначення.

**Сегменти виробу-трансформера** – різні за величиною (шириною та об'ємом) частини виробу, які характеризуються циліндричною формою (або наближеною до неї) і не мають самостійного функціонального призначення.

**Скрипт** – програма, яка автоматизує деяке завдання, яке без сценарію користувач робив би вручну, використовуючи інтерфейс програми.

**Спосіб** – практичні дії для здобуття конкретних результатів.

**Сутність** – будь-який помітний об'єкт, який можна відрізнити від іншого, інформацію про який необхідно зберегти.

**Теорія ігор** – математична теорія конфліктних ситуацій.

**Технічний ескіз** – зображення фігури у вертикальних і профільній проекціях у натуральних або умовних одиницях вимірювання.

**Типологічний ряд** – ряд, який містить сукупність моделей виробів зі спільною ознакою та передбачає можливість перетворення від вихідної моделі до останньої моделі ряду.

**Типологія** – вид наукової систематизації, класифікації чогось за спільними ознаками з допомогою абстрактних теоретичних моделей (типів), у яких фіксуються найважливіші структурні або функціональні особливості досліджуваних об'єктів.

**Трансформація** – перетворення, в результаті якого змінюються властивості, вигляд, форма предмету.

**Трансформуючий вузол** – функціональний вузол, за допомогою якого виконується процес трансформації.

**Трансформуючі елементи** – конструктивні елементи, які забезпечують процес трансформації.

**Уніфікація** – скорочення елементів без скорочення різноманітності систем чи ситуацій, в яких вони застосовуються.

**Факторний аналіз** – це багатомірний статистичний метод, що застосовується для вивчення взаємозв'язків між значеннями змінних.

**Функціональна модель** – модель, яка описує перетворення фактів, залежності між ними, що показують, як одні факти утворюються із інших.

**Функціональний вузол** швейного виробу – це частина виробу, що складається із декількох спеціальних деталей, є складальною одиницею виробу і виконує в ньому одну або декілька заданих функцій, має конструктивно-технологічну завершеність і не має самостійного використання.

**Ціна гри** – математичне очікування виграшу першого гравця у парній грі, якщо обоє гравців оберуть оптимальні для себе стратегії.

**Шорсткість поверхні** – сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, що виділена за допомогою базової довжини.

**Ярусно-паралельна форма графа** – поділ вершин орієнтованого ациклічного графа на пронумеровані підмножини  $V_i$  такі, що, якщо дуга  $e$  проходить від вершини  $v_1 \in V_j$  до вершини  $v_2 \in V_k$ , то обов'язково  $j < k$ .

## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

---

- Абрис** – 66.
- Алгоритм** – 4, 11, 13, 21, 29, 41, 44, 47, 49, 53, 61, 87, 95, 97, 101, 103, 116, 120.
- Асортимент** – 3, 5, 7, 13, 22, 23, 29, 32, 34, 39, 45, 53, 62, 66, 73, 81, 105, 109, 151, 153, 154, 168, 170, 185.
- Асортиментна серія** – 53.
- Асортиментний ряд** – 53.
- Атрибут** сутності – 17, 119, 120, 131, 132.
- Багатоальтернативне проектування** – 12.
- Виріб-трансформер** – 138, 161, 169.
- Геометрична модель** – 47.
- Гнучка переорієнтація** – 41.
- Гнучкість виробництва** – 24, 18.
- Довжина ланцюга перетворення** – 18, 20.
- Евристика** – 11, 21.
- Евристичний** – 11, 21, 23.
- Імітаційна модель** – 21, 118, 124, 139.
- Інваріантна модель** 105.
- Каркас** – 24.
- Коефіцієнт масштабування** – 89–91, 94, 97.
- Комбінаторний синтез** – 13.
- Ланцюг** – 17, 39, 44, 46, 81, 108, 116, 119, 137, 139.
- Масштабування** – 81, 87–91.
- Матриця досяжності** – 41.
- Матрична антагоністична гра** – 18.
- Метод** – 3, 11, 29, 30, 56, 72, 84, 90, 105.
- Метод морфологічного аналізу** – 13, 18.
- Модифікаційний ряд моделей** – 18, 24.
- Неоднорідне масштабування** – 17, 104.
- Оболонка експертної системи** – 26.
- Параметр** – 13, 15, 30, 32, 58, 59, 62.
- Принцип** – 3, 5, 15, 31, 39, 47, 53, 61, 73, 88, 91, 110, 118, 168, 185, 186.
- Продукційна модель** – 21.
- Раціональний ланцюг перетворення** – 84.
- Сегментація виробів-трансформерів** – 113, 118.
- Сегменти виробу-трансформера** – 101, 118.
- Скрипт** – 23.
- Спосіб** – 15, 23, 88, 121, 128, 129, 138, 152, 165, 185.
- Сутність** – 119, 122, 131, 145, 149, 163.
- Теорія ігор** – 46.
- Технічний ескіз** – 44.
- Типологічний ряд** – 6, 31, 38, 81, 168.
- Типологія** – 29.
- Трансформація** – 8, 87, 108, 127, 151, 168, 170.
- Трансформуючий вузол** – 169, 172, 174.
- Трансформуючі елементи** – 4, 170, 172.
- Уніфікація** – 41.
- Факторний аналіз** – 33, 35.
- Функціональна модель** – 17.
- Функціональний вузол** – 138, 150, 164, 169, 190.
- Ціна гри** – 47.
- Шорсткість поверхні** – 34.
- Ярусно-паралельна форма графа** – 81.

## ЗМІСТ

---

Вступ .....	5
-------------	---

### Розділ 1.

#### Концепція гнучкої переорієнтації виробництва на засадах типізації процесів проектування

1.1. Історичний аспект формування базових виробів сучасного асортименту верхнього одягу .....	5
1.2. Напрями застосування евристичних прийомів комбінаторного синтезу в системі «Конструктор» .....	11
1.3. Інформаційні моделі багатоальтернативних конструктивно-технологічних рішень виробів типологічного ряду .....	15
1.4. Функціональні моделі морфологічного аналізу структури видових ознак асортименту .....	17
1.5. Сучасні методи автоматизації евристичного проектування швейних виробів .....	20
Список використаних джерел .....	25

### Розділ 2.

#### Теоретичні основи формування типологічних рядів

2.1. Основні характеристики типологічного ряду .....	30
2.2. Кластерний метод формування вихідного графа типологічного ряду .....	33
2.3. Структурно-логічна модель трансформації типологічного ряду .....	38
2.4. Формування номенклатури раціональних ланцюгів перетворення виробів асортиментної групи .....	41
2.5. Стратегія ігрового простору ланцюгів перетворення в комбінаторному синтезі модельних рішень .....	43
Список використаних джерел .....	50

### Розділ 3.

#### Моделювання синергетичних зв'язків у модифікаційних перетвореннях типологічних рядів

3.1. Логістика управління інформаційними потоками в структурних рівнях конструктивно-технологічних властивостей виробу .....	53
3.2. Параметрична сегментація трансформації конструктивних прибавок у модифікуванні ланцюга типологічного ряду жакета .....	57
3.3. Алгоритми адресного управління гнучкістю структурного синтезу гіпотетичного образу виробу-трансформера .....	61
3.4. Інноваційні технології модульного проектування універсальних конструкцій деталей виробу .....	66
3.5. Критерії коригування компонент програми проектування ланцюгів типологічного ряду .....	68
3.5.1. Геометричні умови збалансованості силуетних ліній плечового виробу .....	68
3.5.2. Тріадний принцип формування програм конструктивно-технологічних модулів виготовлення виробів ланцюга промислової серії .....	71
3.5.3. Комп'ютерна візуалізація компоненти розмірних ознак зовнішньої форми тіла споживача .....	73
Список використаних джерел .....	78

---

**Розділ 4.**  
**Формування бази знань експертної системи**  
**гнучкої переорієнтації швейного виробництва**

4.1. Адаптація методу масштабування універсальних конструкцій для різновидів виробів ланцюгів перетворень.....	81
4.1.1. Ітераційний процес проектування універсальної конструкції .....	81
4.1.2. Алгоритм афінного перетворення операторами масштабування .....	87
4.1.3. Дослідження процесу масштабування віртуальної форми виробу .....	91
4.1.4. Дослідження проектування конструкцій різних видів одягу масштабуванням .....	96
4.2. Методичні основи сегментації деталей виробів-трансформерів .....	105
4.2.1. Обґрунтування вибору факторів впливу на сегментацію виробів-трансформерів .....	105
4.2.2. Визначення параметричних характеристик рівнів сегментації.....	108
4.2.3. Розробка методу сегментації виробу-трансформера.....	110
4.3. Імітаційна модель процесу конструкторської проробки ланцюга перетворення .....	117
4.4. Структурна характеристика трансформуючих елементів .....	124
4.5. Організація бази даних трансформуючих елементів .....	130
Список використаних джерел .....	133

**Розділ 5.**  
**Практичне застосування експертних систем**  
**у процесах конструкторської підготовки**  
**швейного виробництва**

5.1. Структура експертної системи гнучкої переорієнтації швейного виробництва .....	137
5.2. Правила вибору ланцюга перетворення .....	138
5.3. Сценарій результату діалогу підсистеми ЕС «Базова конструкція» .....	147
5.4. Сценарій вибору матеріалів для проектування виробів у підсистемі ЕС «Конфекціонер» .....	151
5.5. Сценарій оцінки повноти функціонального використання виробів ланцюга перетворення ....	164
5.6. Сценарій застосування експертних систем у конструкторсько-технологічній підготовці виробництва.....	168
Список використаних джерел .....	181

**Післямова**..... 185

**Додаток А**..... 187

**Предметний покажчик**..... 191

## ТВОРЧИЙ КОЛЕКТИВ ВИДАННЯ

---



**Славінська Алла Людвигівна** – д-р техн. наук, проф., професор Хмельницького національного університету, відмінник освіти України.

Очолює наукову школу за напрямом «Теоретичні основи і методологічне забезпечення модульного проектування конкурентоздатного одягу».

Науковий доробок становить понад 320 опублікованих робіт, серед яких 65 – одноосібні. До переліку цих видань входить 3 монографії, 11 навчальних посібників, більше 20 лабораторних практикумів та модулів для студентів різних форм навчання. Навчально-методичні та наукові розробки забезпечують підготовку фахівців спеціальності «Технології легкої промисловості». Під її керівництвом підготовлено і захищено докторську дисертацію, 11 кандидатських, 40 кваліфікаційно-магістерських робіт і понад 250 дипломних проектів.



**Захаркевич Оксана Василівна** – д-р техн. наук, професор кафедри технології і конструювання швейних виробів Хмельницького національного університету. Основним напрямом наукової діяльності є дослідження та впровадження методів евристичного проектування одягу. За період наукової діяльності опубліковано понад 100 робіт, у т.ч.: 2 навчальні посібники з грифом МОН та грифом Вченої ради ХНУ, термінологічний словник з грифом Вченої ради ХНУ, 5 статей – у журналах, що індексуються у Scopus, 11 – у фахових виданнях інших держав, 14 – у фахових виданнях України, 8 публікацій – у матеріалах зарубіжних конференцій. Отриманий деклараційний патент України та 7 авторських свідоцтв.



**Кошевка Юлія Володимирівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри технології та конструювання швейних виробів Хмельницького національного університету. Викладає дисципліни «Основи технології виробів», «Моделювання технологічних процесів».

Науковий здобуток автора нараховує більше 80 опублікованих робіт, у т.ч.: 5 статей – у журналах, що індексуються у Scopus, 9 – у фахових виданнях іноземних держав, 2 – у фахових виданнях України. Має 11 деклараційних патентів на корисну модель. Підготовлено 12 навчально-методичних видань, в число яких входить навчальний посібник.



**Кулешова Світлана Геннадіївна** – канд. техн. наук, доцент кафедри технології та конструювання швейних виробів Хмельницького національного університету. Сфера наукових інтересів: «Синергетичні аспекти художнього проектування одягу з використанням сучасних комп'ютерних технологій».

Науковий здобуток становить понад 96 опублікованих робіт, у т.ч.: 5 статей – у журналах, що індексуються у Scopus, 22 – у фахових виданнях України, 9 публікацій – у матеріалах зарубіжних конференцій. Отримала 6 авторських свідоцтв.

Підготовлено 20 навчально-методичних видань, у т.ч. 3 навчальних посібники та 3 модулі для студентів дистанційної форми навчання.



**Наукове видання**

***Славінська Алла Людвигівна,  
Захаркевич Оксана Василівна,  
Кошевка Юлія Володимирівна  
та ін.***

**ПРОЕКТУВАННЯ  
ТИПОЛОГІЧНИХ РЯДІВ ОДЯГУ  
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ**

Відповідальний за випуск: *В. С. Яремчук*

Художнє оформлення обкладинки: *О. В. Бобровський, О. В. Станіславова*

Технічне редагування, коректування і верстка: *О. В. Чопенко*

Підписано до друку 06.06.2019.

Формат 30×42/2. Папір офс. Гарн. Times New Roman.

Друк різнографією. Ум. друк. арк. – 16,67. Обл.-вид. арк. – 14,53.

Тираж 100. Зам. № 63/19

---

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі ХНУ.

29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1.

Свідоцтво про внесення в Державний реєстр,  
серія ДК № 4489 від 18.02.2013 р.