

## ТЕОРІЯ ФОРМОТВОРЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ В ЇХ ДИЗАЙНІ І ВИРОБНИЦТВІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІГРОТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ

*В статті розглянуто проблемні питання розробки та використання інженерних методів, які є науково ємними, в дизайн-проектванні і безпосередньо у виробничих процесах елементів швейних виробів. Конкретизовано суперечність між принципами проєктного і виробничо-технологічного формотворення у вигляді ланцюжка: «конструкція – технологія – матеріал – форма – експертиза». Вказано та розв'язано проблему кваліметричного забезпечення художньо-конструкторського проєктування, яка забезпечує кількісну оцінку характеристик якості виробу. Доведено можливість оцінки певного метричного виміру, пов'язаного з параметрами форми, що отримується, із врахуванням технологічних властивостей матеріалів, що оброблюються. В процесах формотворення із застосуванням гігро-термічного оброблення не враховуються: ущільнення матеріалу як межі поздовжнього стиснення; ділянки, на яких відбуваються зміни сіткового кута матеріалу. Доведено, що для цих процесів оптимальним є перехід від площинної дії на матеріал до лінійної вздовж криволінійного контуру і вперше виконано процес утворення опуклості. Подано реальний зразок отриманої опуклості і виконано аналітичне моделювання із визначенням зв'язку між здатністю матеріалу до формотворення – технологічною властивістю матеріалу і параметрами форми. Запропоновано пристрої для дослідження сухих та зволжених зразків за методикою визначення критичного значення деформування матеріалу. Перспективою подальших досліджень є запровадження розробленого комплексного напрямку дослідження і реалізації формотворення в інноваційних розробках з пропозицією дослідникам сумісної участі і обговоренням.*

*Ключові слова: інженерні методи; елементи швейних виробів; дизайн-проектвання; теорія формотворення; технологічні властивості матеріалу; гігро-термічне оброблення; поздовжнє стиснення; лінійна дія; криволінійний контур; утворення опуклості; аналітичне моделювання; параметри форми; комплексного напрям; пристрої для дослідження.*

**Постановка проблеми.** Проєктні роботи дуже трудомісткі, бо існують проблеми вдосконалення методів технологічної підготовки виробництва виробів і, у тому числі, швейних виробів [1, 2]. Крім того,

також існують проблемні питання розробки та використання інженерних методів в дизайн-проектванні, які є науково ємними, безпосередньо у виробничих процесах. Тобто, технологічний процес, вміщений у проєкті, необхідно попередньо дослідити, у тому числі, за рахунок випробовування у виробничих умовах. Це стосується також технологічного формотворення, яке застосовується в дизайні і виробництві швейних виробів. Така суперечність між принципами проєктного і виробничо-технологічного формотворення є специфікою у сучасних відносинах між технологією і формою у сфері художньо-конструкторської діяльності [1,2]. Також проблемним є кваліметричне забезпечення художньо-конструкторського проєктування в тій його частині, яка забезпечує кількісну оцінку характеристик якості виробу. Напрямом вдосконалення та засобом розв'язання вказаної суперечності і, у цілому, проблеми, є розроблення комплексного підходу до дослідження технології, методів проєктування та виготовлення з метою з'ясування умов та вимог, забезпечення яких надасть можливість врахування кваліметричних основ в процесах дизайн-проєктування форми та виготовлення виробів, в яких, серед основних, є методи гіротермічного оброблення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У змістовному плані вказане вище протиріччя лежить у тому, що проєктне художньо-конструктивне формотворення залишається відірваним від виробничо-технологічних формотворчих принципів і не включає їх в арсенал засобів досягнення виразності. Принципове значення, як зауважується у [3, 4], для визначення шляху вирішення суперечності «технологія - форма» в умовах масового виробництва має практичний прийом моделювання, *однак цей прийом є лише експлікацією методу “проб та помилок”*. Запропоноване вирішення – представлення конструкції виробу та технологічного процесу його виготовлення як системи, яка складається з множини елементів і є єдиним цілим [5]. Для вибору оптимальних режимів у [5] пропонується у загальному вигляді математична модель об'єкта виробництва, запропоновано використати данні про контури деталей виробу та математично-логічну модель швейної операції. Для останньої необхідно визначити умови регулювання та вибору параметрів і знайти інструмент для визначення їх взаємозв'язку. Таким чином, у [5] *виконано тільки постановку* питання розробки та використання інженерних методів у проєктуванні виробу і технологічному процесі його виготовлення. У [6] з позиції системного аналізу подано процеси шиття на швейному обладнанні та формотворення із застосуванням вібрації, однак, у вимогах інженерного забезпечення *не враховано технологічні властивості матеріалів*, що оброблюються, і, найголовніше, *межові значення параметрів їх обробки*. Для промислового виготовлення одягу в [3, 4, 7, 8] пропонується моделювання форми нового виробу (муляжний, та метод «наколки» із використанням спеціального матеріалу – «туаль») з відпрацюванням розгорток лекал досвідченим конструктором, який враховує напрям ниток,

закладання виточок, геометричне розміщення деталей, оздоблюючих елементів з відповідними мітками – у тому числі з метою економії матеріалу, а також виконується виготовлення експериментальних зразків з необхідними уточненнями. Слід звернути увагу на *суб'єктивний чинник, який присутній у такому процесі, якість якого залежить від рівня фаховості виконавця, а не від об'єктивно визначених чинників, врахування яких повинно забезпечити запланований, а не можливий, при існуючих умовах виробництва, рівень якості.* Крім того, технологічні властивості матеріалу [9] виробу не мають у [3, 4, 7, 8] об'єктивного визначення. Для отримання технічної документації застосовується програмне забезпечення САПР. Слід зауважити, що, перед цим важливим етапом треба виконати певні узгодження. Вони лежать у такому. Відпрацьованій конструкції необхідне технологічне забезпечення, в якому слід врахувати адаптацію конструктивних рішень: до можливостей технологічних методів оброблення елементів швейних виробів; відповідності існуючого на підприємстві обладнання; властивостей тканин, які будуть використані. Таким чином, можна констатувати, що інженерні методи в формотворенні елементів швейних виробів не набули до цього часу поширеного впровадження. Можна охарактеризувати такий стан відсутністю таких наукових досліджень в цій тематиці, які б надали позитивний результат і відповідні рекомендації.

Волого-теплове оброблення – гігро-термічне – (*wet heat treatment*) має аббревіатуру (SOT) і віднесено до інженерії мокрих процесів та є одним із основних напрямів текстильної інженерії. Цей напрям також віднесено до розробки текстильних хімічних процесів і пов'язаної з ними прикладної науки та має ще три напрямки текстильної інженерії – інженерія пряжі, інженерія тканин та інженерія одягу.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою статті є розкриття сутності вказаної вище суперечності, суттєве, більш глибоке її визначення в дизайні і виготовленні швейних виробів, розкриття напрямів дослідження і їх складових. Це дозволить комплексне розв'язання суперечності, отримання результату формотворення, що надасть можливість художнику-конструктору бути не тільки обізнаним щодо методів і конкретних можливостей формоутворення елементів швейних виробів, а і мати можливість обирати найбільш реальні його шляхи, тобто, мати певну палітру, в якій є засоби і кінцевий результат їх застосування.

**Основна частина.** Існуючий до цього часу в проектному процесі і виробництві швейних виробів *метод “проб та помилок”* перекладає кінцевий результат проектного процесу на певний досвід проектувальника і кінцевого виконавця, який, в свою чергу, є найбільш реальним оцінювачем проектних рішень. Крім того, за рівнем своєї професійності він вносить їх коригування. Але, таким чином, надається характеристика *методам художнього конструювання як методам наближеного проектування*, за яким необхідне виготовлення значної кількості

експериментальних зразків. Тоді суперечність набуває такого вигляду: «конструкція – технологія – матеріал – форма – експертиза», що вказує на необхідність комплексного підходу до її розв'язання. А як бути з художнім образом? Чи достатньо враховуються в цій послідовності вимоги технічної естетики? Можна зауважити, що, відповідно, це впливає і на застосування пропорційних відносин, і також робить цей процес процесом послідовного наближення. Однак, це питання вимагає свого окремого розгляду.

У процесі формотворення виробу створюються його функціональні, конструктивні, просторово-пластичні, технологічні структури, де композиційними елементами є: площа, лінія, колір, світло, рух, простір. Зауважується [10, 11], що форма – морфологічна та об'ємно-просторова структурна організація речі, яка виникає як результат змістовного перетворення матеріалу. Дизайн-форма – особлива організованість предмету, яка виникає як результат діяльності дизайнера за досягнення єдності усіх компонентів виробу (конструкції, технології, зовнішнього вигляду, кольору, фактури матеріалу). Дизайн-форма відповідає вимогам та умовам споживання, ефективному використанню можливостей виробництва та естетичним вимогам часу. Відповідно до цього до основних принципів художнього конструювання віднесені наступні: комплексне, одночасне вирішення утилітарно-функціональних, конструктивно-технологічних, економічних та естетичних питань; врахування оточуючого середовища (довкілля) та конкретних умов проектування; єдність змісту та форми (образність). Ідеал, норма та міра складають інструментально-оцінювальний апарат. Співставлення здійснюється за посередництвом міри, під якою розуміється ступінь якісно-кількісної відповідності характеристик виробу прийнятій або відповідній нормі – зазначеному рівню створення або сприйняття властивостей продукту. Тому цікавим аспектом формотворення є *врахування у проектному процесі властивостей швейних виробів з позицій технологічного забезпечення і кваліметричних настанов* відповідно до [12]. При цьому, важливим аспектом є сприйняття кваліметрії як науки про оцінку якості об'єктів та реалізації методів і засобів кількісної оцінки якості продукції, де, і що є дуже важливим, *ця оцінка буде мати певний метричний вимір, пов'язаний не тільки із розмірними ознаками виробу, але і параметрами форми, що отримується, із врахуванням властивостей матеріалів, що оброблюються*. Це, в свою чергу, надасть більшої ґрунтовності кваліметрії як частини теорії прийняття рішень, як, власне, і самій теорії, у тому числі, щодо галузі швейних виробів. Тому, необхідним є визначення сутності, зазначеного вище, метричного виміру, що також є *проблематичним питанням*, тому що пов'язане із певним колом чинників, які необхідно дослідити. Багатьма авторами робиться наголос на необхідності оперувати геометричними законами у архітектурі, одязі [13].

Визначення положення елементів форми у просторі, співвідношення розмірів частин, або мас, конфігурацій форми можна виразити за посередництвом чисел. Той факт, що такі відомі дизайнери одягу, як Пако Раббан, Андре Курреж, вийшли з середовища архітекторів, є додатковим свідченням того, що краса - це, перш за все, пошук пропорцій. «Геометрія є засіб, за допомогою якого людина сприймає середовище і виражає себе...», «... витвори мистецтва є також математикою і вчений може використати до них її безпосередні умозаключення та невмолимі формули...», «.. математичний розрахунок є таким же елементом творчості, як колір, величина, рисунок, простір...», «геометричний опис конкретного витвору має для нього особливе значення, яке вносить в нього стрійність і визначеність», так просто і поетично охарактеризував необхідність використання геометричних побудов французький архітектор Шарль Ле Корбюзьє [14]. І тут можна погодитися з тим, що реальне використання математики в пошуку мистецьких форм є проблематичним. Як вказано в роботі – [14] «геометрія, математика у зв'язку з невмінням їх використання у пошуках форм у мистецтві сприймається як обмеження творчості через уяву про обмежений набір геометричних законів, і тому використання їх у мистецтві асоціюється з сухістю, геометричністю форм». Але ще Леонардо да Вінчі у «Кодексі про політ птахів» зауважив: «... немає ніякої впевненості там, де неможна використати одну з математичних наук» [15]. Можна погодитися із вказаними вище авторами, що закони пошуку просторових форм у архітектурі можуть бути використані дизайнером швейних виробів. Однак, для цього необхідно створити відповідний апарат для їх використання, оскільки у цих процесах є значні відмінності. У цьому апараті *необхідно розкрити взаємозв'язок* між чинниками дизайну і вимогами до швейних виробів, в таких напрямках як: художні (художньо-образні); конструктивні; матеріалознавчі; технологічні; економічні; екологічні; функціональні; ергономічні; соціальні.

Процеси формотворення одягу як об'єктів із складною об'ємно-просторовою формою у існуючих умовах виробництва отримали розвиток за використання технологічних способів. Їх диференційовано на механічний, фізико-механічний та фізико-хімічний за дією на матеріал напівфабрикату з підбором режимів дії обладнання відповідно до властивостей волокон тканини [6]. До *першого* віднесено: конструктивний метод розчленування полотна на деталі з наступним їх з'єднанням нитковими швами на швейному обладнанні; використання конструктивних елементів – виточок, підрізів, рельєфів, оздоблюючих складок, збірок, де також використовуються ниткові шви. До *другого* – метод дії на «грубу» структуру матеріалу із використанням рухливості сіткової структури тканин (зміна кутів між системами ниток) та їх драпірувальної властивості. До *третього* – метод дії на «тонку» структуру (молекулярна структура) за використання сухої теплової обробки (тепло-тиск), гіротермічної ГТО - тепло-тиск-волога-час обробки. Остання здійснюється при статичному та

динамічному тиску і з можливим використанням парових хімічно активних середовищ (ПХАС). Ці процеси характеризуються стадійністю фізико-хімічного стану матеріалу із відповідними стадіям середовищами, температурним режимом, величиною зусилля пресування. Пресування (від лат. *Presso* – тисну) – процес обробки матеріалів тиском, який виконується з метою збільшення щільності, зміни форми, перерозподілу фаз матеріалу, для зміни механічних чи інших його властивостей кількістю органів пресування, принципом їх дії та конфігурацією, часом обробки, енергетичними витратами. Оцінка ефективності технологічного процесу виконується за критеріями температури нагріву ділянки матеріалу, сіткового кута, або кута запрашування, часу обробки, приведених енерговитрат. Деформування матеріалу з метою надання йому форми або рівняння поверхні за рахунок видалення зморшок, складок носить назву “формування” й визначається як технологічний спосіб надання деталям плоскої багатоплощинної або просторової поверхні, який виконується, як правило, з ГТО. Характер деформування стосується стиснення ділянок матеріалу або ж розтягу (штани, комір пальто). Це питання - питання деформування матеріалу – вимагає свого розгляду і як якісний показник форми виробу (позитивний чи негативний) і як складова палітри художника – конструктора. Розглянемо це питання у комплексі. Одним із критеріїв ГТО є товщина матеріалу [6] (табл. 1.1). У таблиці 1 подано характеристики основних технологічних операцій ГТО, при цьому, показники можуть бути придатними і до застосування специфічного обладнання (наприклад, відцентрове). Для усіх операцій, пов’язаних з різновидами деформування матеріалу, головною умовою є незмінність товщини, як якісного показника. Однак, *не враховується його ущільнення як межа поздовжнього стиснення та характеристики естетичного вигляду*, хоча, у [6] вказується на необхідність її визначення, однак, у існуючих працях ця мета не досліджувалася. Також, не показана структура тканини із сітковим кутом і не вказані ділянки, на яких відбуваються його зміни. Особливо це стосується процесів, власне, не «формування виробу», а формування (як процес надання певної просторової форми) його елементів. Оцінку проблем технологічного проектування швейних виробів у виробництві на основі системного аналізу зауважено у [6], де рівень якості запропоновано оцінювати споживчим та технологічним рівнями, а останній оцінюється технологічними властивостями матеріалів, до яких віднесено розсувність ниток, обсіпальність зрізів, зсідання від ГТО. Слід зауважити, що вказаних властивостей занадто мало, *а їх критерії або відсутні, або малоінформативні* – відсутні кваліметричні показники. У [6] зазначається, що будь-яку форму деталей одягу можна отримати двома або трьома способами формотворення. Наприклад, поєднанням конструкторського методу із ГТО при формуванні опуклості пілочки верхнього одягу, отриманої зшитою виточкою (спрасування слабкени у кінці виточки).

Таблиця 1

Технологічні вимоги до виконання деформації матеріалу з урахуванням його товщини

Назва операції ВТО	Схематичне зображення операції ВТО	Основні критерії якості обробки
Припрасування		$\delta_{кін.} \rightarrow \delta_{поч.}$
Відпарювання		$\delta_{кін.} \rightarrow \delta_{поч.}$
Формування		$\delta_{кін.} \rightarrow \delta_{поч.}$
Розпрасування		$\alpha \rightarrow 0$ $\delta_{поч.} \rightarrow \text{const}$
Запрасування		$\alpha \rightarrow 0$ $\delta_{поч.} \rightarrow \text{const}$
Загинання краю деталі		$\delta_{кін.} = 2\delta_{поч.} - y$ $\alpha \rightarrow 0$
Пресування краю деталі		$\delta_{кін.} \rightarrow 2\delta_{поч.};$ $2\delta_{поч.} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4$
Видавлювання		$\delta_1 \rightarrow \text{const},$ $y$ – висота виступу шаблону
Надання незмиральності	—	Повне закінчення хімічної реакції. Збереження або покращення фізико-механічних показників матеріалу

Слід зауважити, що цей спосіб не є продуктивним оскільки є багато процесним, виконується без визначення геометричних параметрів опуклості і, відповідно, без можливості її попередньої естетичної та кваліметричної оцінки, а також дією по всій поверхні деталі. *Найбільш доцільним було б формотворення об'ємної поверхні дією на найменшу площу деталей, що зменшило б енерговитрати, збільшило продуктивність і підвищило б естетичні властивості поверхні матеріалу. Тобто, оптимальним є перехід від площинної дії на матеріал до лінійної та до малоопераційної технології.* Однак умови створення опуклості такими технологічними діями у [6] не подано, а обладнання його реалізації не запропоноване. Крім того, у існуючому теоретичному забезпеченні технологій формотворення не передбачений опис поверхні, що утворюється, наприклад, при зшиванні виточки, що не дозволяє визначити геометрію поверхні. А деформаційна здатність матеріалу оцінюється приблизними значеннями, що не дозволяє використати інженерні методи проектування технологічного процесу формотворення, бо у інженерних методах проектування повинні враховуватись властивості матеріалу та їх зв'язок із геометрією форми виробу і якісними показниками [6, 12]. Тому розглянемо більш детально вказаний вище перший спосіб формотворення.

Методи побудови розгорток у швейній галузі розглядаються як методи конструювання і поділені на два класи [16]: ті, що базуються на дискретних вимірах, припущах, способах формотворення; інженерні методи з алгоритмом, що має певний евристичний характер – вибір з множини варіантів оптимального або раціонального (прямі вимірювання оболонки поверхні зразка – еталона одягу). У вказаних джерелах робиться наголос на використанні у масовому виробництві одягу методу моделювання виробів на одній конструктивній основі та базовій формі із використанням уніфікації деталей (базових елементів). Однак, як вказано у [16], є необхідність корінного перегляду традиційних принципів формотворення одягу, які склалися у результаті розвитку та вдосконалення методів її конструювання. Вони недостатньо раціональні, точні та науково обґрунтовані. Проаналізуємо це твердження.

У [3, 4, 16] розглянуто методи конструювання, які поділено на наближені методи та інженерні методи конструювання. До перших віднесено: муляжний, розрахунково-графічний (розрахунково-мірний, пропорційно-розрахунковий, розрахунково-аналітичний), геометричний, система міжрозмірних переходів. До других віднесено методи триангуляції; січних площин; геодезичних ліній; допоміжних ліній розгортання; розрахунку розгорток деталей одягу за зразками моделей (допоміжної сітки). В основі останнього полягає вирішення завдання диференціальної геометрії про одягання поверхні тканиною, поставленою П.Л.Чебишевим [17], за яким при одяганні поверхні сітчастою структурою тканини нитки основи та утіка не повинні розтягуватися або стискатися, а прямокутні комірки перетворюються у паралелограми, тобто, це сітка з ідеально-



гнучкими та нерозтяжними стрижнями з шарнірними з'єднаннями у місцях їх перетину. Довжини дуг у процесі одягання не змінюються, що не відповідає характеристикам тканини та їх роботи у одязі, вимогам методів формотворення. При розгляді технологічного аспекту одягання поверхні тканиною у [16, 17] наголошується, що використання чебишовських сіток можливе у тих випадках, коли сітковий кут «не дуже сильно» відрізняється від прямого. Слід зауважити на неконкретність цього критерію формотворення і непевність самого способу, бо для кожного виду тканини необхідне експериментальне визначення мінімального сіткового кута. Також стверджується, що довжина ліній шва на поверхні та на плоскій розгортці різні. Тому, оскільки зшивання деталей виконується на площині, необхідні попередній розтяг або стиснення лінії шва на відповідну величину. Попереджається [16], що деформація площі матеріалу у процесі його одягання може надавати йому властивості, зовсім небажані з погляду вимог до одягу. Це суттєвий розтяг та перекося ниток основи та утіку, які призводять до дефектів на виробі.

У працях О.В.Савостицького [6] встановлено, що нитки знаходяться у рівновазі за умови, якщо вони розташовуються за найкоротшими (геодезичними) лініями поверхні (метод сітки-канви), а допустимий мінімальний кут між нитками не повинен бути більшим за найменший сітковий кут між координатами лініями Чебишевської сітки на поверхні для щільного облягання поверхні без утворення складок та зморщок на матеріалі. У [17] подано пропозицію щодо використання геометричної моделі тканини у вигляді натуральної сітки Чебишева для виробів з композиційних матеріалів з тканною основою. Функції, що зв'язують Чебишевські координати з криволінійними координатами, повинні задовольняти системі двох нелінійних диференціальних рівнянь у частинних похідних другого порядку. Однак ці умови для реальних тканин та технологій не завжди можуть бути виконані.

У [16] викладено геометричні основи побудови поверхонь одягу, що стосуються апарату перетворення ліній, побудови каркасів поверхонь одягу та способів побудови розгорток при конструюванні одягу. Безумовна цінність [16] у сполученні розрізнених матеріалів, їх опрацюванні та розвитку, що є допоміжним матеріалом до процесу дизайну одягу. Однак у [16] не враховуються властивості матеріалів та формотворення поверхонь за деформації матеріалу.

В загальних умовах формотворення [6, 16], деталі одягу поділено на плоскі та об'ємні оболонки. Запропоновано методи розрахунку оболонок та їх розгорток і методи розрахунку утворення складок у деталях одягу. Однак реальні властивості матеріалів у розрахунках не враховано. У [6,16] подано відомості про оболонки будівельних об'єктів та промислових швейних виробів, методи їх розрахунків, які базуються на елементах теорій опору матеріалів, пружності, пластичності оболонок і ін. Однак, вказані методи не вирішують проблеми опису поверхонь швейних виробів

та знаходження їх параметрів, необхідних для побудови. У [6,16] класифікація способів конструювання містить наступні: моделювання теоретичних поверхонь; аналітичний; каркасний; кінематичний; каркасно-кінематичний; проєктивний; нелінійних перетворень простору; конкуруючих поверхонь; миттєвих перетворень; виділення поверхні з багатопараметричної множини ліній; конструювання поверхні як геометричного місця (множини) точок і ліній. Серед каркасних найбільш відомий спосіб «батоксів і горизонталей» у літако– і кораблебудуванні.

Загальна задача апроксимації поверхонь містить наступні напрямки: конструювання торсових поверхонь; побудова розгортки. Класичну теорію торсових поверхонь розроблено Л.Ейлером (опис торсової поверхні, виходячи із заданого ребра звороту), та Г. Монжем (опис торса, що проходить через дві задані просторові або плоскі криві лінії). Для торсових поверхонь мають місце такі диференціальні особливості, як розриви, уявні області і самоперетин, які порушують загальну гладкість поверхні і вимагають додаткових досліджень властивостей поверхонь за їх математичними моделями [16].

Таким чином, можна зауважити, що використання у апараті апроксимації плоских посередників дозволяє: використовувати апроксимацію розгортних і нерозгортних поверхонь елементами заданого типорозміру й форми; виконувати апроксимацію із забезпеченням певної сукупності наперед заданих умов; створювати алгоритм опису поверхонь, представлених точковим каркасом або ж дискретною сіткою; аналітично описувати однозначну відповідність між будь-якою парою точок поверхні та її розгорткою. У праці [18] зауважується, що політканинні перетворення є одним із можливих різновидів перетворень як керованої зміни форми або положення геометричного об'єкту відносно деякого охоплюючого координатного простору (відносно базової системи координат) шляхом деформації (зміни конфігурації) або зміни положення (орієнтації координатного простору, зв'язаного із перетворюваним геометричним об'єктом). Однак особливості технології перетворень тканого матеріалу у [18] не вказані.

У швейній галузі завдання апроксимації виконувалися стосовно контурів, або поверхонь [16], однак у вказаних роботах не надано інформацію про побудову поверхні за рахунок стиснення чи розтягу контурів або поверхні її плоскої розгортки. Крім того, у роботі [16] не врахована кривина зрізів, виточки, деформація матеріалу вздовж зрізів, розглянута тільки ділянка плечового шва без врахування зони окату плеча, що є найбільш характерним естетичним показником силуету, також не враховані технологічні властивості матеріалу і їх зв'язок з конструктивними параметрами. Як вказано у [6], використання у інформаційних технологіях проєктування виробів, які є композицією складних геометричних фігур, спеціалізованих на основі параметричних моделей у системах проєктування, вимагає високої кваліфікації

проектувальників, відсутність якої призводить до побудови некоректних моделей. Пропонується [3,4, 6, 7] методика побудови класу базових структурних елементів і структури опису параметрів для використання у тривимірних параметричних моделях, однак без врахування властивостей матеріалів. Тому, як підкреслюється [16], при розробці будь-якої системи побудови розгорток повинні бути точно враховані та забезпечені (хоча б приблизно) ті властивості, які може надавати тканині деформація, що отримує деталь у процесі одягання поверхні. Крім того, пластична композиція одягу, його витонченість залежать від зовнішнього вигляду матеріалу (колір, фактура, рисунок), його «одягаючої» здатності, формостійкості та функціональних вимог. Однак, *до теперішнього часу не існує єдиного підходу до оцінки властивостей матеріалів, які забезпечують стабільність якості виробів у виробництві та експлуатації*, що значно ускладнює процеси проектування та виготовлення одягу.

Технологічне деформування матеріалів швейних виробів на швейних машинах розглядається у наступних напрямках: виконання швів з деформованими шарами матеріалу (як правило, шви виконуються для відтворення оздоблюючих елементів); деформування зрізу шару матеріалу – його посадка для утворення опуклої поверхні, наприклад, при вшиванні рукава у пройму [3, 4, 6]. Оскільки поздовжня деформація швів у вигляді посадки має подвійну оцінку – від’ємна та позитивна [19], можна надати їй наступне визначення: посадка технологічна – задана технічними умовами виготовлення виробу та посадка вимушена, яка виникає незалежно від технічних умов та засобів контролю. Технологічну посадку можна характеризувати збільшеною ділянкою матеріалу у стібку відносно стібка без посадки матеріалу, а вимушену – стягуванням нижнього шар матеріалу внаслідок релаксації верхнього розтягнутого шару [19].

Розглянемо аналітичну оцінку геометрії конгруентно деформованого замкненого криволінійного контуру із встановленням естетичних меж праці матеріалу у формотворенні. Для криволінійної ділянки, що деформується із певним ступенем –  $K_d$ , і яка характеризується радіусом  $R$  та центральним кутом  $\alpha$  (рис. 1), можливими є такі аналітичні моделі (формули 1, 2).

Для випадку посадки опуклого та угнутого замкнених контурів значення радіусів до та після деформування і  $K_d$  стиснення:

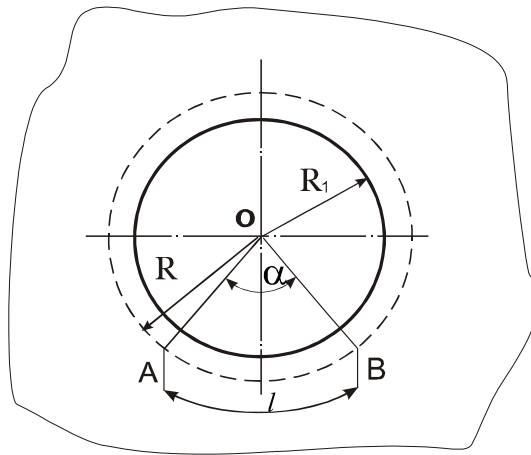


Рис. 1 Схема замкнутого кривого контуру, що стискується

$$R_1 = R \left( 1 - \frac{\alpha}{360^\circ} \right). \quad (1)$$

$$K_{ДС} = \frac{1}{\left( 1 - \frac{\alpha}{360^\circ} \right)}, \quad (2)$$

Межі допустимих для конкретного матеріалу збільшення та зменшення радіусів визначаються на пристроях [20, 21] для сухих та зволжених зразків за методикою визначення критичного коефіцієнту деформування –  $K_{д.кр.}$ , при одновісному відтягуванні, стисненні, спрасуванні. Значення  $K_{д.кр.}$  підставляється у формулу 2, що надає змогу варіювання межами якості як, власне, для деформування, так і для параметрів опуклості. Таким чином, аналітичне моделювання дозволило визначити зв'язок між здатністю до формотворення – технологічною властивістю матеріалу, і параметрами форми. При цьому, надано можливість визначення допустимих для якісного формотворення меж деформування швейного матеріалу. Тобто, розроблено апарат визначення кваліметричної характеристики матеріалу при його лінійному деформуванні вздовж кривого контуру у процесах формотворення елементів швейних виробів.

На рис. 2 подано зразок формотворення при лінійній деформації швейного матеріалу вздовж криволінійного контуру. Такий спосіб формотворення, застосований для отримання просторової поверхні з площини попередньо декатированого швейного матеріалу при його лінійній деформації вздовж криволінійного контуру, здійснений вперше. Вперше отримана просторова поверхня (рис. 2) матеріалу лежить в зоні пружно-еластичних деформацій і, при необхідності, може бути зафіксована. Як видно на рис. 2 – на поверхні сформованого матеріалу

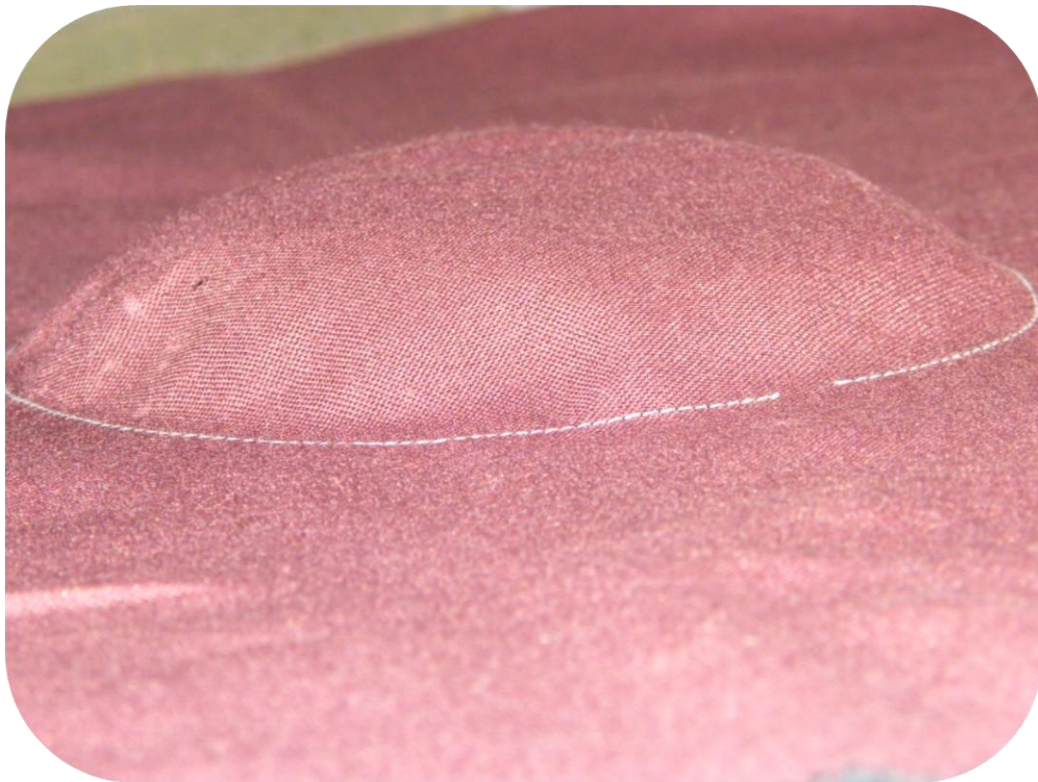


Рис. 2 Зразок формотворення при лінійній деформації швейного матеріалу вздовж криволінійного контуру

*відсутні складки та заміни, товщина матеріалу в деформованих зонах є константною і відповідає початковій товщині матеріалу, що також відповідає естетичному сприйняттю.* Деформування із використанням ГТО виконано лінійним способом. Запропонований спосіб має багато напрямків щодо урізноманітнення форми та інновації способів її отримання і застосування у швейних виробках. Отриману опуклість нескладно апроксимувати дугою, параметри якої можна визначити, оскільки хорда дорівнює  $2R_1$ , а довжина дуги отриманого сегмента дорівнює  $2R$ . З ітераційного обчислення можна отримати наближені показники радіусу дуги та кута, який стягує дугу, і висоти сегмента, тому що пружні властивості матеріалу будуть впливати на величину радіусу та кута, і, відповідно, висоту сегмента. Похибку висоти можна визначити після виготовлення зразка та побудувати відповідні графіки значень для конкретного матеріалу, який має матеріалознавче визначення. При цьому, менш пружні матеріали будуть мати найбільший радіус, а більш пружні – навпаки. Якщо застосувати варіації ступеня деформування матеріалу можливим є використання інших посередників апроксимації. При необхідності утворення хвилястого оздоблення вздовж лінії деформування можна скористатися поняттям критичного значення коефіцієнта деформування для визначення показників хвилястості.

Таким чином, комплексне розв'язання сформульованих суперечностей між принципами проєктного і виробничо-технологічного

формотворення елементів швейних виробів дозволило розробити інноваційні методи їх формотворення, які дозволяють за рахунок локальної дії на швейний матеріал, в умовах гігротермічної обробки отримати просторову поверхню. При цьому, процес утворення опуклості є малоопераційним, економічно доцільним та кваліметрично забезпеченим.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Визначено, що суперечність між принципами проєктного і виробничо-технологічного формотворення пов'язана із дизайн-проєктуванням елементів швейних виробів та охоплює такий ланцюжок: «конструкція – технологія – матеріал – форма – експертиза», що вказало на необхідність комплексного підходу до її розв'язання, який і було здійснено. Сформульовано та розв'язано проблему кваліметричного забезпечення художньо-конструкторського проєктування в формотворенні елементів швейних виробів, яка забезпечує кількісну оцінку метричних характеристик та дозволяє більш ґрунтовне визначення якості виробу.

Доведено та застосовано можливість оцінки певного метричного виміру, пов'язаного з параметрами форми, що отримується, із врахуванням технологічних властивостей матеріалів, що оброблюються в елементах швейних виробів.

Доведено, що для процесів формотворення із застосуванням гігротермічного оброблення доцільним є перехід від площинної дії на матеріал до лінійної вздовж криволінійного контуру і вперше виконано процес утворення опуклої поверхні. Отримано та подано для візуальної оцінки реальний зразок отриманої опуклості і виконано аналітичне моделювання із кількісним визначенням зв'язку між здатністю матеріалу до формотворення – технологічною властивістю матеріалу і параметрами отриманої форми елемента швейного виробу. Перспективою подальших досліджень є запровадження розробленого комплексного напрямку в інноваційних розробках з пропозицією дослідникам сумісної участі і обговоренням.

## Література

1. *В. Горобчишина, Л. Буханцова.* Проєктування технологічних процесів швейного підприємства. Київ : Кондор. 2016, 272с.
2. *Основи проєктування і моделювання: Навчально – методичний посібник / уклад. Людмила Миколаївна Хоменко.* Умань: ФОП Жовтий О.О., 2016. 125 с.
3. *Єжова О. В.* Конструювання одягу. Курс лекцій. Кіровоград: Лисенко В. Ф., 2013. 172 с. іл.
4. *Каролін Кісел.* Моделювання одягу. Форс, 2021.368 с.
5. *Нестеров В.П.* Проєктування процесу виробництва взуття. Київ : НМКВО, 1992. 304 с.

6. Енциклопедія швейного виробництва. Навчальний посібник. Київ : Самміт-книга, 2010. 968 с.
7. Ван В., Чжан Г., Ян Л. Исследование дизайна выкройки одежды на основе фрактальной графики. *J Изображение Видео Процесс*. 2019, 29 (2019). <https://doi.org/10.1186/s13640-019-0431-x>
8. Дамта Д.Б., Сил П. Различные подходы к созданию моделей для швейной промышленности. *J Textile Eng Fashion Technol* . 2018;4(1):29-34. DOI: [10.15406/jteft.2018.04.00118](https://doi.org/10.15406/jteft.2018.04.00118)
9. Кардаш О.В. Теорія об'єктивного формотворення в дизайн-проектуванні швейних виробів. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Київ : КНУБА, 2021. Вип.100. С. 139 – 153.
10. Антонович Е.А. Російсько-український словник – довідник з інженерної графіки, дизайну та архітектури. Львів, 2001. 240 с.
11. Волкотруб І.Т. Основи художнього конструювання. Київ : Вища школа. Головне видавництво, 1988. 191 с.
12. Текстильне матеріалознавство: навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Е. П. Дрегуляс, В. В. Рибальченко, Н. П. Супрун. Київ : КНУТД, 2011. 430 с.
13. Л. О. Богданова, Г. А. Коровкіна. Конспект лекцій з дисципліни «Композиція»; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 115 с.
14. Ле Корбюзьє – трендсетер урбаністики – Art for Life <https://arts4life.net> > tpost > undiuctvd1-le-korbyuz-tre... 27 квіт. 2021 р.
15. Кодекс про політ птахів – Wikiwand <https://www.wikiwand.com> > Кодекс\_про\_політ\_птахів Pedretti, Carlo. «A Chronology of Leonardo Da Vinci's Architectural Studies after 1500». Geneva: E. Droz, 1
16. Богушко А.А. Геометричні основи побудови поверхонь одягу. Навчальний посібник у 3-ох частинах. Київ: КДУТД, 2001, ч.1. 42с, ч.2. 27с ч.3. 38с.
17. Кротенко Д.В. (2016). Інформаційні технології в науці, виробництві та URL: <https://er.knutd.edu.ua> > bitstream > 20170306\_I..., PDF
18. Дорошенко Ю.О., Бірілло І.В., Яценко В.В. Конструювання умовних топографічних поверхонь політканино-подібними перерізами для цілей швейної галузі. // Прикл. геометрія та інж. графіка. Київ: КДТУБА. 1996. – Вип.61. С. 152-156.
19. Юсеф Нахля. Розробка методу проектування просторової поверхні деталей швейних виробів на основі вивчення процесу технологічної посадки матеріалу / автореф. дис.... канд. техн. наук. Київ, 1995. 23 с.
20. Устройство для изучения процесса посадки текстильного материала. А.с. 1727063 СССР, МКИ G 01 N33/36. / Кардаш О.В, Демкив Т.А. (СССР) - №4837296/К; опубл. 15.04.92, бюл. №14. С. 186.
21. Патент 15931А Україна, МКИ G N 33/36. Прилад для дослідження процесу формоутворення матеріалу (Кардаш О.В, Коваленко С.В., Юсеф Нахля) (Україна) – опубл.30.06.97, бюл. №3. С.3.1.295.

## **THEORY OF FORMATION OF GARMENT ELEMENTS IN THEIR DESIGN AND PRODUCTION USING HYGROTHERMAL PROCESSING**

*The article examines the problematic issues of development and use of engineering methods that are scientifically comprehensive in design and planning and directly in the production processes of elements of sewing products. The contradiction between the principles of project and production-technological formation in the form of a chain is specified: "construction - technology - material - form - expertise". The problem of qualitative assurance of artistic and design design, which provides a quantitative assessment of product quality characteristics, is indicated and solved. The possibility of estimating a certain metric dimension related to the parameters of the obtained form from taking into account the technological properties of the processed materials. In the processes of forming with the use of hygro-thermal treatment, the following are not taken into account: compaction of the material as the limits of longitudinal compression; areas where changes in the mesh angle of the material occur. It has been proven that for these processes, the transition from planar action on the material to linear action along a curvilinear contour is optimal, and the process of convexity formation was performed for the first time. A real sample of the obtained convexity is presented and analytical modeling is performed with the determination of the relationship between the ability material for forming - technological properties of the material and parameters of the form. Devices for the study of dry and moistened samples by the method of determining the critical value of material deformation are proposed. The prospect of further research is the introduction of the developed complex direction of research and implementation of form-making in innovative developments with the proposal of joint participation and discussion to researchers.*

*Key Words: engineering methods; elements of sewing products; design-projection; theory of formation; technological properties of the material; hygro-thermal treatment; longitudinal compression; linear action; curvilinear contour; the formation of a bulge; analytical modeling; form parameters; comprehensive direction; devices for research.*