

Сформульовані критерії якості, за якими проведений аналіз прийнятних для автоматизації методів конструювання одягу. В результаті порівняння за допомогою апарату нечіткої логіки було визначено, що САПР одягу на основі антропоцентричних методів конструювання основи виробу є найбільш прийнятними в умовах невеликого виробництва, яке займається також індивідуальним пошивом

Ключові слова: методи конструювання, розрахунково-графічні, пропорційно-розрахункові, розрахунково-аналітичні, антропоцентричні, критерії якості, автоматизація, аналіз, порівняння

Сформулированы критерии качества, по которым проведен анализ приемлемых для автоматизации методов конструирования одежды. В результате сравнения с помощью аппарата нечеткой логики было определено, что САПР одежды на основе антропоцентрических методов конструирования основы изделия являются наиболее приемлемыми в условиях небольшого производства, которое занимается также индивидуальным пошивом

Ключевые слова: методы конструирования, расчетно-графические, пропорционально-расчетные, расчетно-аналитические, антропоцентрические, критерии качества, автоматизация, анализ, сравнение

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНСТРУЮВАННЯ ОДЯГУ З МЕТОЮ ПОДАЛЬШОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Г. Ф. Сафонова

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра природничо-наукової підготовки
Одеський національний
політехнічний університет
пр. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044
E-mail: Safonova_2014@birmir.net

1. Вступ

Початковим етапом створення швейного виробу є розробка базового комплекту лекал. Невдалий вибір або неправильне застосування методу конструювання базових лекал, незважаючи на дотримання усіх принципів моделювання, може суттєво вплинути на якість результату швейного виробу. Для невеликого швейного виробництва, яке займається також індивідуальним пошивом, важливим є отримання якісної посадки виробу на будь-якій фігурі, при цьому необхідно скоротити час на отримання вихідних лекал. Проблему зменшення часу на вироблення вихідних лекал вирішує проектування на основі САПР одягу, але актуальним залишається питання визначення методу конструювання базового комплекту лекал для алгоритму роботи САПР, який надає найкращу посадку швейного виробу в умовах індивідуального виробництва.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Існуючі методи конструювання одягу виходячи з точності та обґрунтованості результатів можна поділити на наближені та інженерні [1]. Більшість САПР одягу, які дозволяють отримати досить точні побудови розгортки деталей виробу ґрунтовані на інженерних методах конструювання, що вимагають детальної теоретичної та експериментальної розробки первинних зразків моделей, манекенів внутрішньої та зовнішньої форми; введення детальної інформації про об'єкт проектування з залученням обладнання значної вартості [2–4]. Це можуть дозволити собі в основному вели-

кі швейні підприємства, які використовують лекала стандартних розмірів [5, 6] і САПР такого плану не потребують. А для невеликого швейного виробництва, яке займається також індивідуальним пошивом, необхідно мати недороге в функціонуванні та просте у використанні програмне забезпечення, ґрунтоване на методі конструювання, що надає якісну посадку одягу і враховує індивідуальні особливості замовника.

Все вище сказане зумовлює необхідність подальшого вивчення існуючих наближених методів конструювання одягу для використання в САПР, які є порівняно простішими у використанні і не потребують детальної теоретичної та експериментальної розробки вихідної інформації.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є визначення найбільш прийнятних для вирішення розглянутих вище задач наближеного методу конструювання одягу.

Для досягнення цієї мети потрібно сформулювати критерії якості, за якими буде проведений аналіз прийнятних для автоматизації в САПР методів. Порівняти вибрані методи з застосуванням чисельного обґрунтування.

4. Аналіз методів конструювання одягу

4.1. Критерії якості визначення найкращого методу конструювання одягу

Виходячи з особливостей області застосування методу конструювання до невеликих швейних під-

приємств, які займаються індивідуальним пошивом, для аналізу існуючих методів серед відомих [7] виділимо наступні умовні показники (критерії) якості:

- відсутність залежності побудови від розмірних ознак (вимірів);
- відсутність залежності побудов від розрахунків за формулами;
- відсутність залежності побудов від таблиць інваріантів;
- врахування індивідуальних особливостей фігури;
- простота побудови та читаність креслень;
- якісна посадка виробу на фігурі.

4. 2. Огляд відомих методів конструювання одягу

Для дослідження обираємо наближені розрахунково-графічні методи створення основи плечового виробу, креслення конструкцій яких отримується з використанням розрахункових формул і графічних побудов, спираючись на дискретні вимірювання фігур людини і систему припусків. Зокрема, це – перші розрахунково-графічні (зокрема розрахунково-мірочні), пропорційно-розрахункові, розрахунково-аналітичні та андроцентричні методи [8].

Формування розрахунково-графічних методів конструювання одягу почалося у кінці 18 – на початку 19 ст. [9–11]. Висококваліфіковані закрійники, узагальнили свій досвід роботи, стали застосовувати нескладні емпіричні розрахунки для попередньої розробки креслень крою. Існує декілька десятків різновидів розрахунково-графічних методів. Серед них можна виділити систему крою Дриттель (розроблену у 1800 році лондонським закрійником Мішелем), на базі якої в подальшому створена клітинна система крою. Дані системи – перші спроби представити графічні побудови креслень конструкцій одягу на базі «сітки» без використання сантиметрової стрічки. Це дозволяло трохи докладніше фіксувати форму деталей крою при масштабуванні за розмірами [12].

Потрібно відзначити, що з перших кроків формування методів конструювання одягу для побудови креслення використовували систему декартових координат з виділенням осередків (клітин), що сприяло систематизації креслення і оформленню ліній членування деталей одягу.

З появою метричної системи з'являється розроблена Компейном сантиметрова система, в яку аналогічно іншим масштабним способам крою було покладено прийняття одного зі стандартних розмірів одягу за основу. А креслення конструкції будуються за допомогою масштабною стрічки, ціна поділки якої визначається шляхом ділення одного з вимірів конкретної фігур на довжину основного розміру. Ця система не враховувала розмірів інших ділянок фігури, наприклад, довжини до талії, глибини пройми і т. д. Масштабні способи крою давали більш-менш прийнятні результати тільки для умовно-нормальних фігур. А для фігур з відхиленнями виготовлення викрійок вимагало численних примірок і переробок.

Спроба знайти способи вимірювання та побудови креслень деталей крою відповідно до реального будовою фігури людини пов'язана з появою тригонометричної системи (розробленою у 1840 р. Г. А. Мюллером, Русселем вдосконалено 1886–1900 рр. М. Лутцом), за якою фігура людини являє собою складну

поверхню, для виміру фігури застосовували принцип сферичної тригонометрії, а побудову креслень розгортку виконували за допомогою дугових зарубок. В цій системі використовувалася велика кількість вимірювань, особливо дугових, яких однак було все ж недостатньо для точного відображення розмірів і форми поверхні фігури людини. На основі даної системи в подальшому створені різні варіанти так званих розрахунково-мірочних систем, в яких креслення деталей одягу будуються за мірками, знятими з фігури. При цьому робляться певні розрахунки. Недосконалість цих методів в тому, що зі зміною моди потрібно міняти порядок вимірювання фігури і формули розрахунків.

У Росії найбільшу популярність отримали так звана координатна система Левітанус і система Ленгріджа, які не вимагали складних розрахунків і передбачали побудову креслення по окремих точках, знайдених шляхом геометричної побудови в прямокутній системі координат. Значна простота таких систем вигідно відрізняла їх від інших, хоча вони тільки фіксували помічені на практиці відомі залежності у взаємному розташуванні різних точок і давали технічні прийоми побудови креслення, але не пов'язували креслення з будовою тіла людини [8].

На основі вибраних умовних критеріїв якості конструювання описово узагальнено особливості перших розрахунково-графічних методів в цілому. Чим більше результати застосування методу наближаються до реальної будовою фігури людини, тим більше вони залежні від кількості вимірювань, зокрема і дугових. Використання точних обґрунтованих розрахунків в основному компенсується поміченими на практиці відомими з досвіду залежностями у взаємному розташуванні різних точок креслення одягу. Використання таблиць інваріантів особливо характерне для найперших розрахунково-графічних методів. Індивідуальні особливості фігури враховувались погано особливо в найперших методах, для фігур з відхиленнями виготовлення викрійок вимагало численних примірок і переробок, в яких часто і залежала якісна посадка виробу на фігурі. Простота побудови та читаність креслень також бажала кращого оскільки складність виготовлення лекал часто перетворювало процес створення індивідуальної викрійки на масштабування уже існуючої скопійованої. Все вище сказане говорить про умовну можливість впровадження перших розрахунково-графічних методів у сучасні САПР одягу, але можливим є запозичення їх окремих елементів.

Поступово налагоджувалося масове виробництво одягу, що зажадало нових підходів до конструювання. Зняття мірок з замовника в умовах масового виробництва стало неможливим. Вимірювання конкретної фігури стали замінювати розрахунками на основі пропорційних залежностей від провідних розмірних ознак - обхвату грудей і росту. Це призвело до появи та формуванню різновидів пропорційно-розрахункової координатної системи.

В основу цих систем покладено думку, що фігури людей однакового розміру і росту без суттєвої відмінності статури можна прийняти як умовно-нормальні і в принципі вважати «однаковими». Канони будови людського тіла відомі досить давно, тому пропорційні залежності розрахункових мірок від провідних розмірних ознак ні в кого не викликали сумнівів. І

хоча кожен автор давав своє визначення умовно-нормальної фігури, в зв'язку з чим розрахунки підлеглих ознак залежно від провідних в цих системах різні, це виявилось і зручно, і корисно, дозволяло гармонійно членувати форму виробу, застосовувати принцип паралельної градації за розмірами, зростом, тощо.

Пропорційно-розрахунковий метод мав багато різновидів і як би розвивав попередні системи крою. Вдосконалення йшло в напрямку вивчення та врахування будови тіла людини, знаходженні більш правильного членування деталей і вузлів виробу, введення нових додаткових проєкційних вимірів. Стосовно до умов масового виробництва найбільш представницькою серед вітчизняних виявилася координатна система конструювання С. Н. Короткова (розроблена у 1934 р.). Пізніше конструктори М. В. Ручкін, Ф. А. Постніков, Г. А. Самаров, А. І. Черемних, Н. І. Царьов і багато інших внесли великий вклад у вдосконалення вітчизняного пропорційно-розрахункового методу конструювання одягу.

У 1956 р на основі передового досвіду ряду Будинків моделей була створена типова методика конструювання чоловічого верхнього одягу, яка передбачала побудову конструкцій до існуючого в той час силуету та крою. Відмінною особливістю цієї методики є виділення трьох типів статури і встановлення на основі практичного досвіду співвідношення розмірних ознак фігур. Істотних відмінностей по принципах розрахунку і техніці побудови від вже розглянутих систем дана методика не має.

Серед зарубіжних представників відома французька техніка крою Лін Жака (70-ти роки ХХ ст.). Метод Лін Жака [13] свого часу славився своєю прогресивністю. Багато досвідчених модельєрів і конструкторів Франції, а потім й інших країн користувалися ним з успіхом. Дійсно, по відношенню до методик крою, існуючих в той час, метод був прогресивним і дуже полегшував працю конструктора. Прекрасно подана побудова базових основ на умовно стандартну фігуру, а також грамотно і просто подано моделювання основ, яке не вимагає застосування складних формул. Однак сам автор вважає, що точно розрахувати розчин нагрудної виточки неможливо, як, втім, і нахил лінії плеча, що дуже бентежить конструкторів, які працюють за іншими методиками крою, знаючи, що це не тільки реально, але й просто. Таблиці з розрахунковими розчинами нагрудних виточок дуже приблизні, що спричиняє похибки у крої, а також непотрібну прив'язку до розроблених таблиць. Конструювання за даним методом являє собою проміжний етап між системою справжніх замірів і системою муляжного методу, коли багато речей досягаються тільки наколками на фігурі. Таким чином, розповідаючи про побудову розрахункового креслення, Лін Жак пропонує взяти саме мінімальне число вимірів з фігури, тільки основні, найзагальніші параметри. Будує креслення він на так звану умовно-типову фігуру, при цьому корегування лекал за індивідуальними відхиленнями від стандарту пропонує вже на примірці, на фігурі.

Відомим також є німецький метод крою «Мюллер і син» (з'явився на рубежі ХІХ та ХХ століть). Дуже точна і грамотна побудова базової конструкції на умовно типову європейську фігуру, яка враховує різні її відхилення від стандарту [14]. Крій Мюллера [15] на 70 %

застосовується для готового одягу Європи. Відточені базові конструкції основ, рукавів, комірів і регланів безумовно поставили цю методику на одне з перших місць в Європі. Лекала цієї системи лежать так само в основі комп'ютерного конструювання і САПР.

Особлива увага тут приділяється обліку анатомічних особливостей фігури при знятті мірок. Система «Мюллер і син» ділить тіло на сегменти і переводить особливості фігури у виміри довжини і ширини, але оскільки в ній закладено пропорційний розрахунок, то деякі речі просто передбачаються, як і у Лін Жака. Метод наколки тут зовсім не використовується, тому система «Мюллер і син» також була застосована у масовому виробництві одягу.

При цьому даний метод вимагає великого досвіду та інтуїції при роботі з нестандартним клієнтом. Його переваги – в дуже точних конструкціях на типову європейську фігуру, на чоловічі фігури. Недолік – в громіздкості побудов і складності аналізу на нетипову жіночу фігуру.

При виборі між цими та іншими пропорційно-розрахунковими методами для створення креслень на індивідуального замовника потрібно в першу чергу визначити, до типової фігури якої системи належить фігура людини.

Таким чином характерною ознакою пропорційно-розрахункових методів є створення креслень з використанням мінімальної кількості типових вимірювань, вважаючи що цього достатньо, оскільки між розмірними ознаками існує пряма пропорційна залежність. Тому ділянки креслення, які не були отриманні шляхом вимірювань можна визначити за допомогою притаманних кожному окремому методу формул розрахунку. Деякі з методів також передбачають використання таблиць інваріантів, готових чисельних залежностей одних розмірних ознак від інших визначених експериментально. У порівнянні з першими розрахунково-графічними пропорційно-розрахункові методи відрізняються простотою побудов та читаністю креслень. Але врахування індивідуальних особливостей та якісна посадка виробу на фігурі залежить від розходжень пропорційних співвідношень вимірів від умовно нормальної фігури прийнятої в даному типі методів, а креслення для нестандартної фігури часто потребують корегування, в певних випадках муляжним методом. Пропорційно-розрахункові методи успішно використовуються як в індивідуальному так і в масовому виробництві одягу, хоча в створених ними лекалах і спостерігається залежність від тенденцій моди. Деякі з них автоматизовані та являються основою існуючих САПР одягу.

З появою необхідності масового пошиття одягу велике поширення отримали розрахунково-аналітичні методи – ЄМКО ЦНДІШП, ЄМКО РЕВ.

З 1959 р. ЦНДІШП (Центральний науково-дослідний інститут швейної промисловості) проводив роботи по створенню єдиної методики конструювання чоловічого, жіночого та дитячого одягу (ЄМКО) [16]. В основу єдиної методики був покладений розрахунково-аналітичний метод, за яким креслення конструкції будують шляхом геометричних розгорток згладженого контуру фігури людини з припусками на вільне облягання і декоративне оформлення. В основу покладені таблиці вимірів, отримані на базі вимірювань. Розра-

хунково-аналітичний метод, передбачає єдиний підхід до конструювання чоловічого, жіночого та дитячого одягу. Складність побудови була не тільки у необхідності зняття великої кількості мірок і прораховуванні за формулами, але й у складній системі збільшень на свободу облягання. Наприклад, в чоловічому одязі, з 325, спираючись на інтуїцію, вибиралося близько 20-ть припусків.

Надалі була розроблена так звана ЄМКО РЕВ, яка узагальнила досвід конструювання країн-учасниць колишнього РЕВ (Ради економічної взаємодопомоги) [17]. Країни РЕВ теж ускладнювали крій не менше, аніж радянські конструктори. Правда, розрахунки були уніфіковані, спрощена класифікація припусків. При цьому методи побудови окремих вузлів ще більше ускладнили методіку конструювання і не зробили її краще і надійніше попередніх. Методика спочатку планувалася для автоматизації. Використовуючись у САПР, така докладна деталізація стає цілком доречною. Це дозволяє на базі ЄМКО РЕВ і ЦНДІШП, доповнюючи й удосконалюючи те, що було зроблено, використовувати ці розробки з застосуванням комп'ютерних технологій.

Таким чином, характерним для розрахунково-аналітичних методів в цілому є залежність побудов від: детального вимірювання розмірних ознак, використання громіздких розрахункових формул, таблиць припусків на вільне облягання і декоративне оформлення. При цьому, не зважаючи на детальне обчислення, громіздкість графічних побудов та вдалині на перший погляд вибір припусків, основа все одно виходить не точною і вимагає додаткових перетворень в процесі примірок, тобто індивідуальні особливості фігури в даних методах не враховуються, а якісна посадка залежить від ступеня відхилення по відношенню до стандартного розміру. Автоматизація даних методів дозволяє швидко за допомогою комп'ютера розраховувати дані, закладені конструктором, але оскільки не завжди отримується бажаний результат, то розглянуті методи доцільно використовувати коли мова йде про масове виробництво одягу.

Все вище сказане дає змогу вважати, що перші розрахунково-графічні, пропорційно-розрахункові та розрахунково-аналітичні системи крою не можуть або погано врахувати індивідуальні особливості фігури, такі як: сутулості, асиметрії тощо.

Прив'язка до типових вимірів була зламана Валентиною Бочкарьовою в кінці 60 рр. ХХ ст., яка запропонувала новий антропоцентричний клієнтоорієнтований метод крою [18]. У своїй методиці вона вперше підходить до крою «від людини», відштовхуючись не від «стандартної» умовно-пропорційної фігури, а розробивши класифікацію типових фігур, що відхиляються від «стандарту». Своєрідні зняття вимірів фігури з використанням принципу вертикалей і горизонталей не раз згодом використовувалися і в методах «Любакс», «Унімекс», Злачевської. Однак все це не було наведено в чітку і ясну систему, багато неточностей і умовчань. Але ідея дала поштовх для розвитку.

Наприкінці ХХ століття з'являється метод «Любакс» Любов Аксенової. Вона також використовувала для вимірів вертикалі і горизонталі. Однак пішла набагато далі, розробивши систему, яка базується на введенні «норми» – методів нормованих параметрів, що

використовує принцип «золотого перерізу» і класифікації фігур, застосуванні системи координат у вигляді січних вертикальних і горизонтальних площин. В результаті зведені до мінімуму заміри фігури, при цьому забезпечується точність посадки виробів на будь-який тип фігури. Введення норми як одиниці вимірювання можна порівняти до відкриття в області конструювання одягу. Завдяки цьому крій можна здійснювати за лічені хвилини і отримати точну конструкцію на будь-яку фігуру. Метод «Любакс» заснований на розвитку логіки крою і візуального визначення розмірів без сантиметрової стрічки [19]. За основу також прийнята певна фігура-еталон, а потім, по ходу побудови, вносяться коректування на конкретну фігуру. Таких коригувань чимало. Якесь із них можна виміряти, якесь – обчислити, якесь – визначити візуально, дивлячись на фігуру і аналізуючи її відхилення від стандарту. З одного боку, це дуже добре, бо можна кроїти «головою», логічно мислячи і будувати викрійку не торкаючись до фігури. Однак без можливості виміряти клієнта або боязні помилитися цей спосіб крою іноді викликає подив і відторгнення у досвідчених конструкторів одягу і у людей з технічним складом розуму.

Досить недавно з'являється метод «генетика крою Галії Злачевської», який також заснований на принципі «золотого перерізу», поєднує обчислення за формулами, конструктивне з'єднання плечової і поясної основи, використання таблиць збільшень. Г. Злачевська, крім звичайного сантиметра, використовує спеціальну лінійку власного винаходу для вимірів фігур (лінійка Злачевської): вимірюються не тільки об'єми, але рельєфні особливості фігури, записані у вигляді чисел X і Y в двовимірній системі координат.

Методика потребує детального зняття мірок, так, наприклад, на побудову простої спідниці їх потрібно зробити аж 13. І в результаті, хоч і часу на вимірювання йде достатньо, отримується якісна посадка виробу на фігурі, конструкції виходять чіткими і не потребують корекцій і багатьох примірок.

У 2008–2009 рр. розвиваючи метод «Любакс», Л. В. Дніпровська, розробляє перший український метод крою «Унімекс», який представляє методіку швидкісного крою для роботи з індивідуальним клієнтом [20]. Побудови плечової основи за цим методом не потребує формул, містить п'ять коригувань, які іноді необхідно додати для нестандартної фігури. Шість специфічних мірок, введені в крій, убезпечили користувачів методу від помилок і похибок інших систем крою і від коригувань методу «Любакс», які стали непотрібними. Використання принципу «золотого перерізу» зробило крій швидкісним і спростило для звичайного користувача. Метод дав чітке і ясне конструктивне з'єднання плечової і поясної основи з урахуванням нестандартних особливостей фігури. Однак повністю позбутися всіх формул і коригувань на нестандартну фігуру автору так і не вдалося, що говорить про те, що розвиток крою – процес нескінченний.

Більшість розглянутих антропоцентричних методів вже автоматизовані.

Узагальнимо особливості антропоцентричних методів. Оскільки проектування креслень відбувається не від умовно-типової, а від індивідуальної фігури, то точні побудови в основному вимагають детальних вимірювань або інтуїтивного досвіду у визначенні лі-

нійних розмірів фігури. Є тут і таблиці і формули, які пов'язані також з використанням принципів «золотого перерізу». Простота і складність виконання побудов також залежить від наявності досвіду користування методом даного типу. При цьому методи детально враховують індивідуальні особливості фігури і при правильному застосуванні алгоритму виконання дають досить якісну посадку без зайвих примірок. Оскільки більшість з андропоцентричних методів з'явилися досить недавно, вони ще розвиваються, тому, не дивлячись на їх автоматизацію, не широко використовуються в сучасних САПР одягу, особливо масового виробництва, адебільшого застосовуються для індивідуального пошиву.

4. 3. Застосування нечіткої логіки для порівняння методів крою

Використовуючи апарат нечіткої логіки визначимо найбільш прийнятну для розв'язання поставленої задачі наближену методику конструювання основи плечового виробу. Для цього застосуємо наступний алгоритм вибору альтернатив при наявності багатьох критеріїв оптимальності (нечітких відношень, що мають переваги) [21–25].

1. Нехай на універсальній множині альтернатив Ω задані відношення, що мають переваги R_1, R_2, \dots, R_m (чіткі або нечіткі) з функціями приналежності $\mu_j(\zeta_i, \zeta_j)$, а також – $\omega_j, j=1, m$ вагові коефіцієнти відповідних відносин.

Будемо згортку відносин R_1, R_2, \dots, R_m у вигляді

перетину $Q_1 = \bigcap_{j=1}^m R_j$, з функцією приналежності

$$\mu_{Q_1}(\zeta_i, \zeta_j) = \min \{ \mu_1(\zeta_i, \zeta_j), \mu_2(\zeta_i, \zeta_j), \dots, \mu_m(\zeta_i, \zeta_j) \}. \quad (1)$$

2. Визначимо множину альтернатив, які не домінують $Q_1^{i\grave{a}}$ на множині (Σ, Q_1) .

$$\mu_{Q_2}^{na}(\zeta_i) = 1 - \sup_{\zeta_j \in \Sigma} \left\{ \sum_{j=1}^m \mu_{Q_1}(\zeta_i, \zeta_j) - \mu_{Q_1}(\zeta_j, \zeta_i) \right\}. \quad (2)$$

3. Використовуючи згортку критеріїв у вигляді суми, будемо нечітко відношення, що має переваги Q_2 :

$$\mu_{Q_2}(\zeta_i, \zeta_j) = \sum_{j=1}^m \omega_j \mu_j(\zeta_i, \zeta_j), \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \omega_j \geq 0. \quad (3)$$

4. Знаходимо нечітку підмножину альтернатив, які не домінують по відношенню до Q_2 :

$$\mu_{Q_2}^{na}(\zeta_i) = 1 - \sup_{\zeta_j \in \Sigma} \left\{ \sum_{j=1}^m \mu_{Q_2}(\zeta_j, \zeta_i) - \mu_{Q_2}(\zeta_i, \zeta_j) \right\}. \quad (4)$$

5. Знаходимо перетин множин Q_1^{na}, Q_2^{na} і загальну множину альтернатив, які не домінують $Q_{na} = Q_1^{na} \cap Q_2^{na}$ з функцією приналежності

$$\mu_{na}(\zeta_i) = \min \{ \mu_{Q_1}^{na}(\zeta_i), \mu_{Q_2}^{na}(\zeta_i) \}. \quad (5)$$

Рациональним вважаємо вибір альтернатив з множини

$$\Sigma_{na} = \left\{ \zeta_i^+ : \mu_{na}(\zeta_i^+) = \sup_x \mu_{na}(\zeta_i), \zeta_i \in \Sigma \right\}. \quad (6)$$

Отже, найкращим слід вважати вибір альтернатив з множини з найбільшим ступенем недомінування.

1. Порівнювати будемо наступні методи:

- ζ_1 – перші розрахунково-графічні;
- ζ_2 – розрахунково-аналітичні;
- ζ_3 – пропорційно-розрахункові;
- андропоцентричні.

Оцінювати альтернативи будемо за наступними визначеними попередньо критеріями:

R_1 – відсутність залежності побудови від розмірних ознак (вимірів);

R_2 – відсутність залежності побудов від розрахунків за формулами;

R_3 – відсутність залежності побудов від таблиць інваріант;

R_4 – врахування індивідуальних особливостей фігури;

R_5 – простота побудови та читаність креслень;

R_6 – якісна посадка виробу на фігурі.

Виходячи з вище поданого огляду, за вказаними критеріями, встановимо такі відношення, що мають переваги на множині альтернатив:

$$R_1 : \zeta_1 \approx \zeta_2; \zeta_3 \succ \zeta_1, \zeta_2, \zeta_4; \zeta_4 \succ \zeta_1;$$

$$R_2 : \zeta_1 \succ \zeta_2; \zeta_3 \succ \zeta_2; \zeta_1 \approx \zeta_3; \zeta_4 \succ \zeta_3; \zeta_4 \succ \zeta_1, \zeta_2;$$

$$R_3 : \zeta_1 \succ \zeta_2; \zeta_2 \approx \zeta_3; \zeta_1 \approx \zeta_4; \zeta_4 \succ \zeta_3;$$

$$R_4 : \zeta_4 \succ \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3; \zeta_3 \succ \zeta_1, \zeta_2; \zeta_2 \succ \zeta_1;$$

$$R_5 : \zeta_1 \succ \zeta_2; \zeta_3 \succ \zeta_1, \zeta_2; \zeta_3 \approx \zeta_4;$$

$$R_6 : \zeta_4 \succ \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3; \zeta_3 \succ \zeta_1; \zeta_2 \succ \zeta_1; \zeta_2 \approx \zeta_3.$$

Знайдемо найкраще компромісне рішення за сукупністю критеріїв, використовуючи згортки Q_1, Q_2 . При цьому для Q_2 візьмемо наступні ваги критеріїв $\omega_1 = 0,18; \omega_2 = 0,14; \omega_3 = 0,14; \omega_4 = 0,19; \omega_5 = 0,15; \omega_6 = 0,2$.

Побудуємо матрицю відношення R_1 . Будемо вважати, що всі відношення є транзитивними.

Скористаємося співвідношеннями:

$$\mu_Q(\zeta_i, \zeta_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \zeta_i \succ \zeta_j \text{ або } \zeta_i \approx \zeta_j; \\ 0, & \text{якщо } \zeta_i \prec \zeta_j. \end{cases}$$

У табл. 1 представлена матриця відношень R_1 .

Таблица 1

Матриця відношення R_1

$\mu_{Q_1}(\zeta_i, \zeta_j) =$	$\zeta_i \setminus \zeta_j$	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4
	ζ_1	1	1	0	0
	ζ_2	1	1	0	0
	ζ_3	1	1	1	1
	ζ_4	1	1	0	1

В табл. 2–6 побудовані матриці відношень R_2, R_3, R_4, R_5, R_6 .

Таблица 2

Матрица відношень R₂

$\mu_{q_1}(\zeta_i, \zeta_j) =$	$\zeta_i \setminus \zeta_j$	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4
	ζ_1	1	1	1	0
	ζ_2	0	1	0	0
	ζ_3	1	1	1	0
	ζ_4	1	1	1	1

Таблица 3

Матрица відношень R₃

$\mu_{q_1}(\zeta_i, \zeta_j) =$	$\zeta_i \setminus \zeta_j$	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4
	ζ_1	1	1	1	1
	ζ_2	0	1	1	0
	ζ_3	0	1	1	0
	ζ_4	1	1	1	1

Таблица 4

Матрица відношення R₄

$\mu_{q_1}(\zeta_i, \zeta_j) =$	$\zeta_i \setminus \zeta_j$	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4
	ζ_1	1	0	0	0
	ζ_2	1	1	0	0
	ζ_3	1	1	1	0
	ζ_4	1	1	1	1

Таблица 5

Матрица відношення R₅

$\mu_{q_1}(\zeta_i, \zeta_j) =$	$\zeta_i \setminus \zeta_j$	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4
	ζ_1	1	1	0	0
	ζ_2	0	1	0	0
	ζ_3	1	1	1	1
	ζ_4	1	1	1	1

Таблица 6

Матрица відношення R₆

$\mu_{q_1}(\zeta_i, \zeta_j) =$	$\zeta_i \setminus \zeta_j$	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4
	ζ_1	1	0	0	0
	ζ_2	1	1	1	0
	ζ_3	1	1	1	0
	ζ_4	1	1	1	1

Будуємо згортку відношень

$$Q_1 = R_1 \cap R_2 \cap R_3 \cap R_4 \cap R_5 \cap R_6,$$

яка представлена в табл. 7.

2. Визначимо множину альтернатив, які не домінують за формулою (2):

$$\mu_{Q_1}^{на}(\zeta_1) = 1 - \sup\{0 - 0; 0 - 0; 1 - 0\} = 0;$$

$$\mu_{Q_1}^{на}(\zeta_2) = 1 - \sup\{0 - 0; 1 - 0; 1 - 0\} = 0;$$

$$\mu_{Q_1}^{на}(\zeta_3) = 1 - \sup\{0 - 0; 0 - 1; 0 - 0\} = 1;$$

$$\mu_{Q_1}^{на}(\zeta_4) = 1 - \sup\{0 - 1; 0 - 1; 0 - 0\} = 1.$$

Таким чином, $\mu_{Q_1}^{на}(\zeta_i) = [0; 0; 1; 1]$.

Таблица 7

Матрица згортки відношень
 $Q_1 = R_1 \cap R_2 \cap R_3 \cap R_4 \cap R_5 \cap R_6$

$\mu_{q_1}(\zeta_i, \zeta_j) =$	$\zeta_i \setminus \zeta_j$	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4
	ζ_1	1	0	0	0
	ζ_2	0	1	0	0
	ζ_3	0	1	1	0
	ζ_4	1	1	0	1

3. Використовуючи згортку критеріїв у вигляді суми, будуємо нечітке відношення, що має переваги Q₂ за формулою (3):

Функція приналежності адитивної згортки наведена в табл. 8.

Таблица 8

Адитивна згортка відношень R_j

$\mu_{q_1}(\zeta_i, \zeta_j) =$	$\zeta_i \setminus \zeta_j$	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4
	ζ_1	1	0,61	0,28	0,14
	ζ_2	0,57	1	0,34	0
	ζ_3	0,86	1	1	0,33
	ζ_4	1	1	0,82	1

4. Знаходимо нечітку підмножину альтернатив, які не домінують по відношенню до Q₂ за формулою (4):

$$\mu_{Q_2}^{на}(\zeta_1) = 1 - \sup_{\zeta_j \in \Sigma} \{ \mu_{Q_2}(\zeta_j, \zeta_1) - \mu_{Q_2}(\zeta_1, \zeta_j) \};$$

$$\mu_{Q_2}^{на}(\zeta_1) = 1 - \max\{(0,57 - 0,61); (0,86 - 0,28); (1 - 0,14)\} = 0,14;$$

$$\mu_{Q_2}^{на}(\zeta_2) = 1 - \max\{(0,61 - 0,57); (1 - 0,34); (1 - 0)\} = 0;$$

$$\mu_{Q_2}^{на}(\zeta_3) = 1 - \max\{(0,28 - 0,86); (0,34 - 1); (0,82 - 0,33)\} = 0,51;$$

$$\mu_{Q_2}^{на}(\zeta_4) = 1 - \max\{(0,14 - 1); (0 - 1); (0,33 - 0,82)\} = 1,49.$$

Таким чином, $\mu_{Q_2}^{на}(\zeta_i) = [0,13; 0; 0,5; 1,5]$.

5. Знаходимо перетин множин Q₁^{на}, Q₂^{на} і загальну множину альтернатив, які не домінують Q_{на} = Q₁^{на} ∩ Q₂^{на} з функцією приналежності за формулою (5):

$$\mu_{Q}^{на}(\zeta_i) = \begin{matrix} \zeta_1 = & 0 \\ \zeta_2 = & 0 \\ \zeta_3 = & 0,51 \\ \zeta_4 = & 1 \end{matrix}.$$

Отже, найкращим слід вважати вибір альтернатив з множини з найбільшим ступенем недомінування в даному випадку це ζ_4 – андроцентричні методи.

5. Висновки

Сформульовані критерії якості, за якими проведений аналіз прийнятних для автоматизації методів конструювання одягу, а саме: відсутність залежності побудови від розмірних ознак (вимірів); відсутність залежності побудови від розрахунків за формулами; відсутність залежності побудови від таблиць інваріант; врахування індивідуальних особливостей фігури;

простота побудови та читаність креслень; якісна посадка виробу на фігурі.

В результаті порівняння за допомогою апарату нечіткої логіки було визначено, що найкращим слід вважати вибір альтернатив з множини з найбільшим ступенем недомінування 1, в даному випадку це ζ_4 – андроцентричні методи, тобто САПР одягу на основі андроцентричних методів конструювання основи виробу є найбільш прийнятним в умовах невеликого виробництва, яке займається також індивідуальним пошивом.

Таким чином, можна зробити припущення, що подальший розвиток даних методів дає перспективу вдосконалення існуючих алгоритмів реалізації САПР.

Література

1. Доценко, А. Характеристика методов конструирования одежды [Текст] / А. Доценко // Журнал «Технология моды». – 2002. – № 2. – С. 10–12.
2. Kung, A. K.-L. Three-dimensional digital method of designing clothes [Electronic resource] / A. K.-L. Kung, A. F. Philippe, G. Mandard. ¼ Available at: <http://google.de/patents>. – 20.08.2014.
3. САПР Одежды [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://sapr-odezda.ru>. – 21.09.2014. – Загл. с экрана.
4. Сафонова, Г. Ф. Аналіз існуючих САПР конструювання та моделювання одягу [Текст] / Г. Ф. Сафонова // Збірник наукових праць. Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2013. – Вип. 3(4). – С. 76–83.
5. Кочесова, Л. В. Сравнительный анализ принципов разработки модельных конструкций в различных САПР одежды [Текст] / Л. В. Кочесова // Сборник научных трудов. Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2010. – Вип. 1 (11). – С. 81–84.
6. Микрюкова, О. Н. Анализ систем автоматизированного проектирования одежды [Электронный ресурс] / О. Н. Микрюкова. – Режим доступа: <http://sites.google.com/site/ictdistanceconference/home>. – 21.09.2014. – Загл. с экрана.
7. Анализ методик конструирования одежды [Электронный ресурс] / "Конструируем одежду". – Режим доступа: <http://wellconstruction.ru>. – 19.08.2014. – Загл. с экрана.
8. История методик кроя [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://uni-mecs.com>. – 19.08.2014. – Загл. с экрана.
9. Kawamura, Yu. Fashion-ology: an introduction to Fashion Studies [Text] / Yu. Kawamura. – Oxford and New York: Berg, 2005. – 192 p.
10. Hollander, A. Feeding the Eye: essays [Text] / A. Hollander. – New York: Farrar, Straus, and Giroux, 1999. – 336 p.
11. Perrot, P. Fashioning the Bourgeoisie: a history of clothing in the nineteenth century [Text] / P. Perrot; translated by Richard Bienvu. – Princeton NJ: Princeton University Press, 1994. – 286 p.
12. Сурженко Е., От расчетно-мерочных систем кроя к системе СТАПРИМ [Электронный ресурс] / Е. Сурженко, Н. Раздомахин, А. Басуев // В мире оборудования. – 2004. – № 6 (47). – Режим доступа: <http://lpb.ru/print.php?id=2389>. – 07.08.2014. – Загл. с экрана.
13. de Line, J. La technique de la coupe: Méthode complète d'enseignement de la coupe [Text] / J. de Line. – De Voeck, 1990. – 441 p.
14. Характеристика методики конструирования «М. Мюллер и сын» [Электронный ресурс] / Конструируем одежду. – Режим доступа: <http://wellconstruction.ru>. – 19.08.2014. – Загл. с экрана.
15. System, M. M. НАКА-Schnittkonstruktionen: nach [Text] / M. Muller, Sohn & Sohn: Königer, 2006. – 238 p.
16. О различиях в методиках конструирования [Электронный ресурс] / Конструируем одежду. – Режим доступа: <http://wellconstruction.ru>. – 19.08.2014. – Загл. с экрана.
17. Характеристика методики ЕМКО СЭВ [Электронный ресурс] / Конструируем одежду. – Режим доступа: <http://wellconstruction.ru>. – 19.08.2014. – Загл. с экрана.
18. Бочкарева, В. Е. Самоучитель «Шейте без примерок» [Электронный ресурс] / В. Е. Бочкарева. – PDF-файл, интернет-журнал «Осинка», 2004. – Режим доступа: <http://osinka.ru/.../Bochkareva.pdf>. – 21.09.2014. – Загл. с экрана.
19. Красникова-Аксенова, Л. Я. Новая книга «Крой без тайн» (способ создания одежды для детей и взрослых) [Текст] / Л. Я. Красникова-Аксенова. – М.: НОУ «Авторская школа «ЛЮБАКС», 2007. – 302 с.
20. История Академии кроя [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://uni-mecs.com>. – 19.08.2014. – Загл. с экрана.
21. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://iasa.org.ua>. – 19.08.2014. – Загл. с экрана.
22. Раскин, Л. Г. Нечеткая математика [Текст]: монография / Л. Г. Раскин, О. В. Серая. – Х.: Парус, 2008. – 352 с.
23. Demin, D. A. Linear regression analysis of a small sample of fuzzy input data [Text] / D. A. Demin, O. V. Seraya // Journal of Automation and Information Sciences. – 2012. – Vol. 44, Issue 7. – P. 34–48. doi: 10.1615/jautomatinfscien.v44.i7.40
24. Круглов, В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети [Текст] / В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. – 224 с.
25. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения [Текст] / под ред. Р. Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.