

МЕХАНІЗМ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ФОРМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ

Автором викладено механізм формування деталей швейних виробів гідродинамічним способом із використанням рідинно-активного робочого середовища (РАРС). Сутність даного способу полягає у деформуванні структурних елементів тканин під впливом навантажень РАРС та кінцевому формуванні деталей у процесі евакуації РАРС із зони формування.

An author has expounded the theoretical base of the process of forming of details of sewings wares by a hydrodynamic method with the use of liquid-active working environment (LAWE). Essence of this method is deformation of structural elements of fabrics under act of forces of LAWE and final forming of details in the process of evacuation of LAWE from the area of forming.

Ключові слова: рідинно-активне робоче середовище, гідродинамічне формування.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими практичними завданнями

Створення об'ємної форми деталей швейних виробів із тканин виконують шляхом механічної, фізико-механічної та фізико-хімічної дії на них. Виділяють три методи формотворення: конструктивний та методи впливу на грубу і тонку структуру тканин. Використання двох останніх методів дозволяє часткового чи повністю виключити шви при виготовленні швейних виробів, що дозволяє суттєвою мірою зменшити трудові та енергетичні витрати виробничого процесу [1].

Вплив на грубу і тонку структуру тканин здійснюють статичними та динамічними методами формування. Недоліками статичних методів є неоднаковий тиск поверхні подушок на текстильні матеріали при їхньому зближенні та складність у дотриманні умов еквідистантності робочих поверхонь пуансона (верхньої формувальної подушки) та матриці (нижньої подушки) [2].

У зв'язку з цим, при формуванні швейних виробів перспективними напрямками формування є динамічні методи [2-4], які дозволяють більш ефективно трансформувати плоский текстильний матеріал у об'ємну деталь. Особливістю таких методів є їхній істотний вплив на зміну грубої структури матеріалів у зв'язку зі зміною напрямку дії сил і площі контактів між волокнами та нитками. Серед динамічних методів вартими уваги є ті, що передбачають використання матриці та рідини як РАРС (замість пуансона) [3, 4]. Однак, процес формування деталей швейних виробів у РАРС є недостатньо дослідженим.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Процес формування деталей у РАРС має складний характер. На відміну від пружних (твердих) тіл РАРС є текучим [5, 6], завдяки чому воно не опирається зміні форми, забезпечує заповнення простору робочої зони і прилягання РАРС до поверхні матриці без пустот та проміжків.

У той же час, існує поняття гідростатичного тиску рідини, тобто тиску РАРС, викликаного його масою. Однак, при незначній висоті шару рідини та невеликих значеннях гідростатичного тиску останнім нехтують. У такому випадку тиск у всіх точках всередині РАРС приймають однаковим і таким, що передається без змін у кожен точку рідини, діючи з однаковим формувальним навантаженням на весь об'єм матриці [5, 6].

РАРС дозволяє зменшити коефіцієнт тертя між волокнами ниток та нитками в тканинах. Його проникання всередину волокон приводить до зменшення сил внутрішньої взаємодії між ланцюгами їхніх молекул і відповідно до зменшення їхнього опору формувальним зусиллям.

Залежно від способу створення формувальних зусиль розрізняють вакуумне, пневматичне, гідравлічне, механічне та комбіноване формування [7]. Виходячи з цього, у роботі [4] досліджено можливості формотворення деталей швейних виробів гідромеханічним, гідродинамічним та гідропневматичним способами. Результати цих експериментів підтверджують ефективність застосування цих способів формування об'ємних деталей із тканин у РАРС. Проте, незважаючи на це, аналіз останніх досліджень [3, 4] вказує на відсутність теоретично описаного механізму процесу формування деталей швейних виробів зазначеними способами.

Формулювання цілей

Нестандартність підходу до використання РАРС як середовища формування та досить вузьке дослідження його впливу на процес формотворення [3, 4] обумовлює необхідність теоретичного обґрунтування механізму процесу формування деталей швейних виробів гідродинамічним способом.

Виклад основного матеріалу досліджень

Процес створення об'ємної форми деталей швейних виробів у РАРС гідродинамічним способом містить такі операції: розміщення деталі на перфорованій матриці, їхнє закріплення в камері, нагрівання та пластифікацію, віброформування, сушіння та стабілізацію [3, 4]. Сутність цього способу формування полягає у використанні сумарного впливу РАРС як пластифікатора, теплоносія та джерела навантаження на текстильний матеріал [4].

Процес гідродинамічного формування складається з двох стадій:

- формування структурних елементів тканини під впливом динамічних сил РАРС;
- відсмоктування РАРС через тканину та перфоровану матрицю.

Однією з умов проведення процесу формування об'ємних деталей є створення в камері циклічного зусилля тиску, що спричиняє періодичні гідравлічні удари середовища на матеріал [5, 6].

У момент удару кінетична енергія поверхневого шару РАРС переходить у роботу стиснення з миттєвим підвищенням тиску над матрицею P_1 (рис. 1). Підвищення тиску передається наступному шару, в результаті чого зростання тиску поширюється хвилею вздовж камери зі швидкістю поширення звуку в пружному середовищі [5, 6].

Перша стадія процесу гідродинамічного формування деталей швейних виробів характеризується циклічністю. Кожен цикл є повторенням попереднього та складається з двох етапів. Перший етап відбувається під час гідравлічного удару, коли $P_1 > P_2$, тобто до часу, коли ударна хвиля РАРС не пройшла через порову структуру тканини та отвори у матриці.

Другий етап характеризується зниженням тиску в камері, починаючи від поверхневого шару робочого середовища. Відповідно до цього $P_1 < P_2$, поки тиск у камері не вирівняється.

Значення тисків зовні та всередині матриці під час гідродинамічного формування можна розрахувати за формулою:

$$P_1 = P_{ампл} \cdot r \cdot \sin \frac{\pi \cdot f}{30} \cdot t,$$

де P_1 – тиск зовні матриці, МПа; $P_{ампл}$ – амплітудне значення тиску в камері, МПа; r – поправочний коефіцієнт обладнання; f – частота, Гц; t – час, с.

Значення $\sin \frac{\pi \cdot f}{30} \cdot t$ змінюється в межах [1; -1], що характеризує коливання середовища та періодичну зміну тиску в ньому. В першому випадку при $\sin \frac{\pi \cdot f}{30} \cdot t = 1$ відбувається стиснення матриці та тканини, в другому при $\sin \frac{\pi \cdot f}{30} \cdot t = -1$ – на них діють зусилля розтягнення.

Варто зауважити, що вимушені коливання, надані цій системі, є незатухаючими і характеризуються постійною амплітудою та частотою. При цьому завжди має місце зсув фаз коливань у порівнянні з фазою збуджуючої сили, так званий ефект пульсацій та вібрацій. Величина кута зсуву фаз впливає на рух пульсуючого в'язкого середовища таким чином, що при куті зсуву 90° відношення витрат енергії наближається до нуля [8].

Сказане дозволяє детальніше розглянути особливості формування тиску P_1 та P_2 . Останні містять статичну $P_{ст}$ та динамічну складові $P_{дин}$. Статична складова відповідає тиску, який створюється в формувальній камері до початку формування. У свою чергу динамічною складовою є значення тиску рівне:

$$P_{дин} = P_{ст} \pm P_{ампл},$$

де $P_{дин}$ – динамічна складова тиску в камері, МПа; $P_{ст}$ – статична складова тиску в камері, МПа; $P_{ампл}$ – амплітудне значення тиску в камері, МПа.

Формувальним зусиллям процесу є величина перепаду тиску в камері, тобто різниця між максимальним та мінімальним значеннями динамічної складової тиску під час формування:

$$\Delta p = 2 \cdot P_{ампл} = P_{1дин} - P_{1дин} = P_{2дин} - P_{2дин},$$

де Δp – перепад тиску в камері, МПа; $P_{1дин}$, $P_{1дин}$ – відповідно максимальне та мінімальне значення динамічної складової тиску P_1 , МПа; $P_{2дин}$, $P_{2дин}$ – відповідно максимальне та мінімальне значення динамічної складової тиску P_2 , МПа.

Зміна тиску в камері є періодичною, тобто має синусоїдний характер [9-11] (рис. 2).

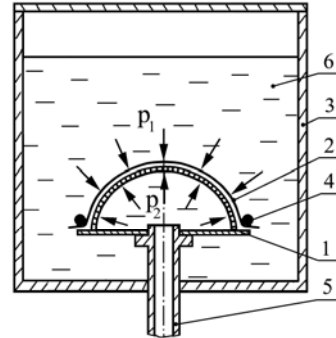


Рис. 1. Схема корпусу камери для гідродинамічного формування:

1 – матриця; 2 – текстильний матеріал; 3 – корпус камери для формування; 4 – підпружинене кільце; 5 – штуцер для відсмоктування робочого середовища; 6 – робоче середовище

Із синусоїди зовнішнього тиску P_1 (рис. 2) видно, що у випадку, коли динамічна складова тиску P_1 по відношенню до статичної зростає, спостерігається стиснення структурних елементів тканини. Далі зі зменшенням динамічної складової на тканину діють деформації розтягнення.

Стосовно синусоїди внутрішнього тиску P_2 , то у РАРС спостерігається відставання синусоїди тиску P_2 від синусоїди тиску P_1 на π (рис. 2).

Значення статичної та динамічної складових тисків є вхідними параметрами процесу гідродинамічного формування, які задаються за допомогою установки. Відповідно до цього регульованими є амплітудні значення тиску та перепад тиску в камері.

Важливим моментом технології гідродинамічного формування деталей є взаємодія систем ниток тканини між собою та з поверхнею матриці під впливом коливань РАРС. На рис. 3 показано елементарну ділянку півсферичної поверхні матриці радіусом R із розміщенням на ній системи взаємно перпендикулярних ниток основи 1 та утку 2. Тиск у всіх точках елементарної ділянки камери однаковий і, відповідно, однаковим є формувальне зусилля F_1 або F_2 , що діє на систему ниток, тобто на структурні елементи тканини.

Виходячи із властивостей РАРС маємо, що формувальні зусилля F_1 та F_2 завжди направлені по нормалі до поверхні матриці, тобто перпендикулярно до неї [6, 12].

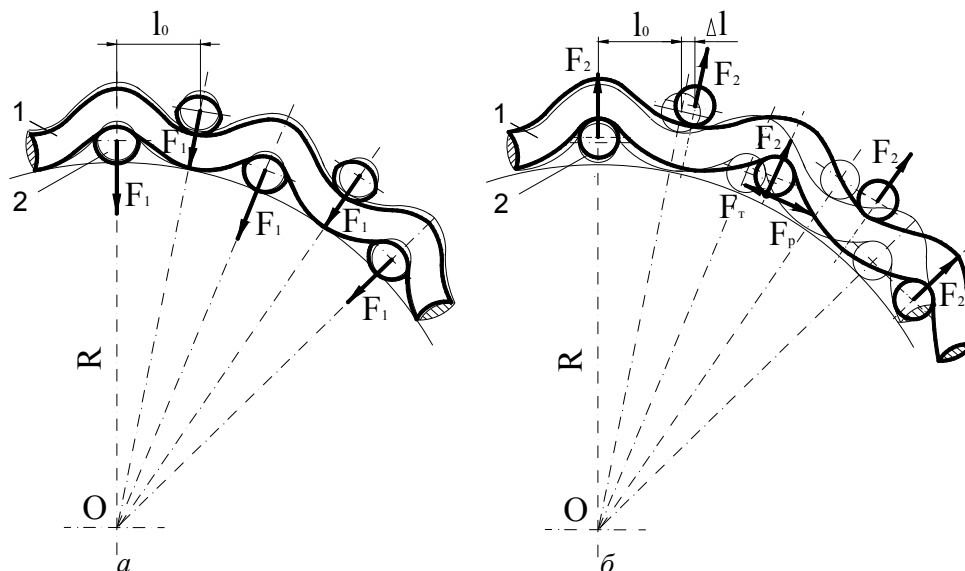


Рис. 3. Схема дії формувальних зусиль на структурні елементи тканини під час першої стадії гідродинамічного формування деталі:

а) на тканину діють сили стиснення (1 етап); б) на тканину діють сили розтягнення (2 етап);

1, 2 – системи ниток; O – центр півсферичної матриці; l_0 – відстань між нитками основи чи утку до формування;

Δl – приріст відстані між нитками основи чи утку після формування; R – радіус півсфери; F_1 – зусилля РАРС, яке викликає деформації стиснення матеріалу; F_2 – зусилля РАРС, яке викликає деформації розтягнення матеріалу; F_p – сила розтягнення; F_m – сила опору ниток розтягуючим зусиллям.

Оскільки формування є циклічним процесом, детально зупинимося на розгляді сутності циклу деформування ниток тканини. Під час першого етапу першої стадії формування (рис. 3, а) у результаті

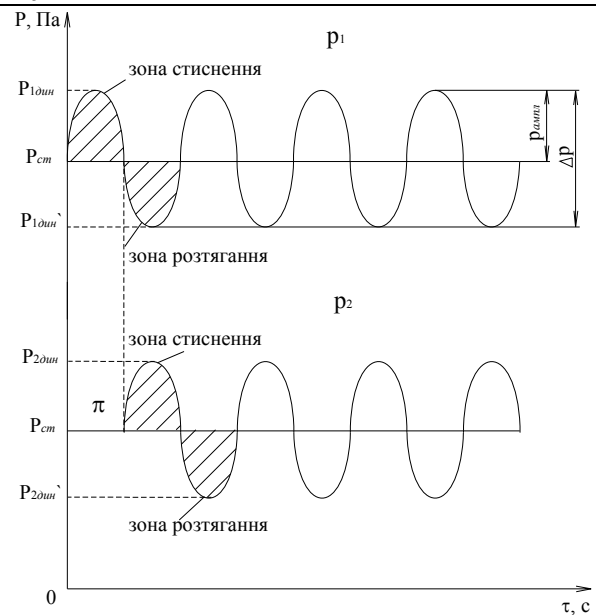


Рис. 2. Синусоїдний процес гідродинамічного формування:

P_1 – зовнішній тиск, МПа; P_2 – внутрішній тиск у матриці, МПа;

$P_{1дин}$, $P_{1дин}'$ – максимальне та мінімальне значення динамічної

складової зовнішнього тиску, МПа; $P_{2дин}$, $P_{2дин}'$ –

максимальне та мінімальне значення динамічної складової

внутрішнього тиску в матриці, МПа; $P_{ст}$ – статична складова

тиску, МПа; $P_{ампл}$ – амплітудне значення тиску, МПа; ΔP –

перепад тиску в камері, МПа; π – кут зсуву фаз, °.

гідралічного удару $p_1 > p_2$ і, відповідно $F_1 > F_2$. Здійснення тиску зовнішнього зусилля F_1 на тканину викликає лише деформації стиснення матеріалу. Силу опору тканини (тертя) F_δ розраховують за формулою:

$$F_m = p_1 \cdot f_m, \quad (1)$$

де f_m – коефіцієнт тертя.

З формули (1) видно, що при зовнішньому зусиллі тиск δ_1 на поверхню є максимальним і, відповідно, максимальною є сила опору тканини до розтягуючих зусиль. Звідси, сила розтягнення F_δ , яка є протилежною силі тертя F_δ , рівна нулю.

На другому етапі першої стадії формування внаслідок розрідження повітря, починаючи від поверхневого шару РАРС, у камері відбувається спад тиску $p_1 < p_2$. Хвиля розрідження викликає збільшення формувального зусилля, направлено від центру матриці F_2 – і, як наслідок, відривання тканини від матриці та її розтягнення на величину Δl (рис. 3, б). При цьому сила розтягнення F_p направлена по дотичній до поверхні тканини, а сила опору F_m є мінімальною тому, що даний момент часу характеризується послабленням зовнішнього тиску p_1 на тканину та відривом останньої від матриці.

Вирівнювання робочого тиску в камері відзначає початок нового циклу першого етапу гідродинамічного формування деталі швейного виробу. Знову в результаті гідралічного удару зростає зовнішній тиск на поверхню тканини p_1 та зусилля F_1 , що супроводжується виникненням деформації стиснення. Стиснення попередньо розтягнутих ниток викликає їх зміщення в системі за рахунок зміни сітчастих кутів. Як раніше зазначалось, за цих умов сила опору тканини F_m є максимальною, що перешкоджає матеріалу відновити свої розміри.

Варто зазначити, що саме циклічність процесу деформування тканини приводить до «розхитування» грубої структури матеріалу, і як наслідок, до більшої формостійкості формованої деталі. Після певної кількості циклів деформування встановлюється стаціонарний режим деформування, який характеризується виникненням стабільної для даних умов надмолекулярної структури [9, 10].

Друга стадія процесу гідродинамічного формування – відсмоктування (евакуація) РАРС через тканину та перфоровану матрицю, здійснюється відразу після завершення першої стадії. При цьому процес евакуації РАРС із зони формування супроводжується створенням тиску на матеріал, направленим на кінцеве формування деталі.

Рух РАРС супроводжується сумарними втратами тиску. Сумарні втрати тиску складаються із втрат тиску РАРС під час виходу із зони формування Δp_1 , а також втрати напору РАРС Δp_2 . Розрахунок таких втрат тиску є досить складним. При цьому значення втрат тиску Δp_1 , що безпосередньо витрачається на кінцеве деформування структурних елементів тканини, визначають як різницю між сумарними втратами тиску під час витікання РАРС та втратами його напору:

$$\Delta p_1 = \sum \Delta p - \Delta p_2 = (P_1 - P_3) - \Delta p_2, \quad (2)$$

де P_3 – тиск РАРС на виході із зони формування, МПа.

На значення Δp_1 впливає ряд факторів, серед яких структурні характеристики тканин, конфігурація поверхні перфорованої матриці та сумарна площа її отворів.

Сумарними втратами тиску під час витікання РАРС згідно формули (2) є різниця тисків P_1 та P_3 . Значення тиску РАРС у камері P_1 та тиску РАРС при витіканні з камери P_3 визначають експериментально.

Розрахунок втрат напору Δp_2 проводять так. Основною величиною, яка характеризує процес евакуації РАРС є її швидкість [5, 6], яка залежить від величини перепаду тиску, температури та тривалості процесу, діаметру отворів матриці, в'язкості рідини тощо.

Відповідно до [5] витрати РАРС у процесі евакуації із зони формування складають:

$$Q = \frac{V}{t}, \quad (3)$$

де Q – витрата РАРС, м³/с; V – об'єм РАРС, м³; t – час евакуації РАРС, с.

Швидкість витікання РАРС через трубу розраховують як відношення загальних витрат до площі труби:

$$v_{mp} = \frac{Q}{S_{mp}}, \quad (4)$$

де v_{mp} – швидкість витікання РАРС через трубу, м/с; S_{mp} – площа отвору у трубі, м².

Для визначення тиску РАРС на виході із зони формування Δp_2 враховують те, що при русі робочого середовища частина енергії потоку витрачається на подолання гідравлічного опору. Тому втрати тиску під час витікання РАРС складають [5]:

$$\Delta p_2 = \rho \cdot g \cdot h_{1-2} = \rho \cdot g \cdot \left(\frac{v_{mp}^2}{2g} \cdot \left(1 + \frac{\lambda \cdot l}{d} + \Sigma \zeta \right) \right), \quad (5)$$

де h_{1-2} – висота труби, м; g – сила тяжіння, Н; λ – коефіцієнт опору в'язкого тертя; l – довжина труби, м; d – діаметр труби, м²; $\Sigma \zeta$ – сумарні втрати тиску в трубі, МПа.

Під час гідравлічних навантажень визначення втрат напору РАРС необхідно урахувати коефіцієнт опору в'язкого тертя, який розраховують за формулою Альтшуля [5]:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (6)$$

де Δ – шорсткість труби, м; Re – число Рейнольдса; η – в'язкість РАРС, м²/с.

Число Рейнольдса Re визначають [5]:

$$Re = \frac{v_{mp} \cdot d}{\eta}. \quad (7)$$

Складовою формули (7) є в'язкість РАРС η , яка залежить від температури середовища. Для даного РАРС ця залежність описується формулою [5, 6]:

$$\eta = \frac{0,0176}{1 + 0,0337 \cdot T + 0,000221 \cdot T^2}, \quad (8)$$

де T – температура РАРС, °С.

Приведені розрахунки дозволяють визначити значення тиску РАРС під час виходу із зони формування Δp_1 , що безпосередньо витрачається на кінцеве деформування структурних елементів тканини деталі швейного виробу.

Висновки

Підводячи підсумок, слід відмітити, що у роботі викладено теорію механізму формування деталей швейних виробів гідродинамічним способом із використанням рідинно-активного робочого середовища, яка дозволяє розрахунковим шляхом визначити основні параметри даного процесу: тиск зовні та всередині матриці, амплітудне значення тиску в камері та тиск, що витрачається кінцеве деформування структурних елементів тканини. При цьому сутністю процесу гідродинамічного формування є деформування структурних елементів тканин під впливом навантажень рідинно-активного робочого середовища, які викликають зміни грубої структури тканини, та кінцеве формування деталей у процесі евакуації середовища із зони формування.

Література

1. Рогова А.П. Изготовление одежды повышенной формоустойчивости / Рогова А.П., Табакова А.И. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 184 с.
2. Пашаев Н.П. Оптимизация технологических процессов производства одежды по критериям качества и энергозатрат: дис. канд. техн. наук / Пашаев Н.П.: 05.19.04. – К., 1988. – 234 с.
3. Пат. 14333 UA, МПК D06 F 73/00 A41 N5/00. Спосіб формування деталей швейних виробів об'ємно-просторової форми в рідинно-активному середовищі / Буханцова Л.В., Кушевський М.О. – № 200510447; заявлено 07.11.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5. – 3 с.
4. Буханцова Л.В. Формування об'ємно-просторової форми текстильних матеріалів в рідинно-активному середовищі / Буханцова Л.В., Кушевський М.О // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 5. – С.96-100.
5. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Башта Т.М., Рудиев С.С., Некрасов Б.Б. – М.: Машиностроение, 1982. – 424 с.
6. Лайтхилл Дж. Волны в жидкостях / Лайтхилл Дж.: пер.с англ. – М.: Мир, 1979. – 603 с.
7. Шерышев М.А. Переработка листов из полимерных материалов / Шерышев М.А. – Л.: Химия, 1984. – 214 с.
8. Березненко С.М. Основи теорії ресурсозберігаючих технологічних процесів формування та формозакріплення деталей швейних виробів з врахуванням анізотропії текстильних матеріалів / Березненко С.М.: дис.... докт. техн. наук: 05.19.04. – К., 2002. – 372 с.
9. Анохин В.В. Химия и физико-химия полимеров / Анохин В.В. – К.: Вища школа, 1987. – 399 с.
10. Кулезнев В.Н. Химия и физика полимеров / Кулезнев В.Н., Шершнев В.А. – М.: Высшая школа, 1988. – 312 с.

11. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. – М.: Наука, 1978. – 436 с.

12. Исследование гидродинамики бытовых стиральных активаторных машин / Отчет о НИР (заключит.), № 0188.0018966. – Хмельницький: ХТИБО, 1988. – 105 с.

Надійшла 17.11.2010 р.

УДК 687.016: 658.512

О.П. БОХОНЬКО, П.В. БЛАЖІЄВСЬКИЙ, Д.І. ПРОЦИК
Хмельницький національний університет

АВТОМАТИЗОВАНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ЖІНОЧИХ СПІДНИЦЬ

На основі модифікованої класифікації конструкцій спідниць розроблена структура адаптованої САПР і відповідне меню універсального графічного редактора з вбудованим середовищем програмування. Сформовані пакети алгоритмів і програм для побудови параметричних креслень базових конструкцій та їх геометричних перетворень в процесі моделювання.

On the basis of modified classification of designs of skirts the frame of the adapted CAD and conforming menu of the universal graphic editor with a built-in programming environment is designed. The packages of algorithms and programs for construction of parametric delineations of base designs and their geometrical transformations are formed during simulation

Ключові слова: спідниця, автоматизоване конструювання, базова конструкція, параметричне креслення

Постановка проблеми

Значне розмаїття конструкцій спідниць вимагає подальшої їх структуризації і класифікації для ширшого інформаційного забезпечення САПР [1]. Висока вартість програмного забезпечення спеціалізованих систем і необхідність додаткового навчання персоналу обмежує їх використання на малих підприємствах, тому вдосконалення процесу розробки конструкцій з допомогою САПР на базі універсальних графічних редакторів залишається актуальним.

Мета і завдання дослідження

Змінюючись з плином часу і моди, спідниця, як основний елемент жіночого гардеробу, постійно зберігала привабливість. Ефективні конструкторсько-технологічні рішення завжди необхідні в процесі виготовлення спідниць, а застосування САПР є одним з визнаних і пріоритетним напрямком дослідження.

Метою даної роботи є виявлення та розробка модифікованої класифікації конструкцій спідниць, структуризація інформації для автоматизованого проектування та на їх основі розробка САПР, яка дозволить автоматично будувати базові конструкції (БК) прямих спідниць за різними методиками конструювання з урахуванням індивідуальних особливостей фігури, а також закласти можливості автоматичного формування параметричних креслень конічних і клинових спідниць, комбінованих конструкцій типу спідниця – штани та інших.

Аналіз досліджень та публікацій

За останні роки виконувались роботи де встановлено, що послідовність і зміст основних етапів автоматизованого конструювання майже не відрізняється від «ручного» [2]. Ескізного проектуванню відповідають технічні рисунки моделей спідниць і засоби їх редагування, а результатом технічного і робочого проектування є креслення модельних конструкцій (МК) і лекал деталей.

Виклад основного матеріалу

Формування вказаних документів в САПР проходить традиційні 4 стадії, але за різними траєкторіями, як показано на рис. 1, на якому виділено три блоки введення вхідної інформації.

Базовими предметами для оперування є лекала, деталі конструкцій в готовому вигляді, або їх 3-D моделі.

Лекала вводять в систему двома способами: 1) конвертація, як програмне перетворення інформації про комплект лекал з формату зовнішньої САПР у внутрішній формат системи; 2) оцифровка, як апаратно-програмне формування графічної інформації про контури лекал одним з методів: пряме введення векторного контуру дигітайзером, або опосередковане – розпізнанням контуру (векторизацією) растрового електронного фото.

На стадії розробки БК „плоскі” системи працюють з відповідними кресленнями, а об’ємна модель БК формується по аналогії з макетним методом на 3-D манекені. Вихідними даними для побудови БК, на площині і в просторі служать розмірні ознаки типової фігури або споживача та система прибавок. Розмірні ознаки читаються автоматично з бази даних системи, або вводяться боді-сканером чи індивідуально оператором.

Креслення БК автоматично будується САПР за обраною методикою конструювання, яка формалізується шляхом алгоритмічного або візуального програмування. В першому випадку розробляють всю послідовність дій графічного редактора з формування параметричного креслення БК до його побудови. При візуальному програмуванні відповідні дії виконуються в інтерактивному режимі, а система самостійно записує сценарій з наступним редагуванням оператором.

На стадії розробки МК деякі САПР виконують моделювання лекал БК, інші працюють із самою