

**Василенко О.Л., аспірант, Чупринка В.І., д.т.н., проф., Чупринка Н.В., к.т.н.**

*Київський національний університет технологій та дизайну*

## **РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ РУКАВИЧОК**

**Анотація.** В роботі запропоновані параметричні моделі деталей рукавичок, тобто визначені основні параметри кисті руки, від яких залежить форма зовнішніх деталей рукавичок та отримані залежності координат конструктивних точок деталей від цих параметрів. Використавши ці залежності, було розроблене програмне забезпечення для автоматизованого проектування рукавичок за параметрами кисті руки. Це програмне забезпечення може бути з успіхом використане при проектуванні рукавичок за індивідуальним замовленням.

**Ключові слова:** рукавички; математичне та програмне забезпечення; параметричні моделі.

**Vasilenko O.L., Chuprinka V.I., Chuprinka N.V.**

*Kyiv National University of Technologies and Design*

## **DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL AND SOFTWARE FOR AUTOMATED GLOVE DESIGN**

**Abstract.** The paper proposes parametric models of glove parts, ie the main parameters of the hand brush are determined, on which the shape of the outer glove parts depends and the dependences of the coordinates of the structural points of the parts on these parameters are obtained. Using these dependencies, software was developed for the automated design of gloves according to the parameters of the hand. This software can be successfully used in the design of custom gloves.

**Keywords:** gloves; mathematical and software; parametric models.

**Вступ.** Шкіргалантерейна промисловість є однією з найбільших галузей легкої промисловості. Головна задача шкіргалантерейної промисловості – задоволення потреб людей в шкіргалантерейних виробах високої якості і різноманітного асортименту. Рішення цієї задачі здійснюється на основі підвищеної ефективності виробництва, прискорення науково-технічного прогресу, росту продуктивності праці, усілякого поліпшення якості роботи, удосконалювання праці і виробництва.

Вирішальне значення для виробництва красивих, добротних та дешевих виробів шкіргалантереї мають процеси моделювання та конструювання. Розробка конструкцій лекал, їх перевірка, уточнення в багатьох випадках виготовляється конструкторами рукавичок, на яких в масовому виробництві покладаються складні і відповідальні задачі.

Науково-технічний прогрес, пов'язаний з автоматизацією різноманітних етапів проектування, знаходить широке застосування в багатьох галузях промисловості, у тому числі і легкої. Тому при підготовці виробництва необхідно максимально використовувати досягнення сучасної науки і техніки. В даний час накопичений значний досвід щодо автоматизації підготовки виробництва взуття та одягу, але задача автоматизованого проектування виробництва рукавичок залишається ще повністю невирішеною.

Досвід ведучих галузей промисловості свідчить, що найбільш прогресивною та перспективною основою процесу проектування, а також управління якістю є створення та впровадження в практику об'єктно-орієнтованих систем автоматизованого проектування, загальними цілями яких є підвищення якості, зниження матеріальних затрат, скорочення термінів проектування, а також економія часу. Тому розробка математичного та програмного забезпечення для автоматизованого проектування рукавичок є актуальною.

Автоматизованому проектуванню рукавичок присвячено не так багато робіт [1–7]. В розробках, які представлені роботах [1–5] запропонований метод автоматизованого проектування базових моделей рукавичок. Але суттєвим недоліком цих робіт є те, що графічна візуалізація креслень спроектованих рукавичок та вивід на друк цих креслень виконується за допомогою AutoCAD. Так як це високовартісний програмний продукт, то не всі малі виробництва можуть купити його. В розробках, які представлені в роботах [6–7] був усунутий цей недолік, але розглядалися тільки базові моделі, як і у роботах [1–5]. Тому є актуальним розробити програмне забезпечення, яке має більш широкий асортимент рукавичок, які можна спроектувати в автоматизованому режимі.

**Постановка завдання.** Розробити математичне та програмне забезпечення для автоматизованого проектування широкого асортименту рукавичок за основними параметрами кисті руки.

**Результати досліджень.** Деталі рукавичок в більшості випадків мають складну форму зовнішнього контуру, яку не можна описати аналітично. Тому в подальшому ми будемо апроксимувати зовнішні контури цих деталей. Для цього скористаємося кусково-лінійним методом апроксимації.

Кусково-лінійний метод апроксимації є універсальним, тобто придатний до будь-якої форми плоских геометричних об'єктів, не потребує великих затрат часу при ручному способі апроксимації, легко автоматизується.

Крім того інформація при кусково-лінійному методі апроксимації піддається ущільненню, тобто можливий відсів зайвих точок без втрат точності апроксимації. Тоді кусково-лінійний метод апроксимації зовнішнього контуру деталі є самим зручним та простим при автоматизованій та ручній підготовці інформації, не накладає обмежень на геометрію деталей.

Тому ми зупинимося на цьому методі, в якому зовнішній контур деталі представляється апроксимуючим багатокутником із заданою точністю. Для однозначного відображення апроксимуючого багатокутника необхідно знати координати вершин цього багатокутника та порядок їх обходу, тобто необхідно мати масив пари чисел  $\{X_i, Y_i\}$  (де  $i=1,2,..,n$ ,  $X_1=X_n$  та  $Y_1=Y_n$ ), який визначає координати вершин багатокутника в порядку їх обходу.

Для кожної деталі рукавичок необхідно розробити параметричну модель, тобто визначити параметри, від яких буде залежати форма зовнішнього контуру деталей. Нехай цими параметрами будуть параметри  $t_1, t_2, \dots, t_q$ . Параметричні моделі визначають залежність кожної вершини кожної деталі від параметрів, а саме:

$$\begin{cases} X_i^j = F_i^j(t_1, t_2, \dots, t_q) \\ Y_{i,j} = R_i^j(t_1, t_2, \dots, t_q) \end{cases}$$

$$\begin{cases} i = 1, 2, \dots, n \\ \text{де} \\ j = 1, 2, \dots, p_i \end{cases}$$

Цими параметрами будуть розмірні ознаки кисті руки [8–10]. При проектуванні рукавичок за індивідуальним замовленням такими параметрами будуть:

*DlVelP* – довжина великого пальця;

*DlVkp* – довжина вказівного пальця;

*DlSerP* – довжина середнього пальця;

*DlBezP* – довжина безіменного пальця;

*DlMiz* – довжина мізинця;

*Rebras* – відстань від початку м'язового бугра до бажаної довжини рукавички;

*ShDol* – ширина долоні;

*ObhVelP* – обхват великого пальця;

*Ampon* – відстань від основи великого пальця до основи вказівного пальця;

*DovBug* – довжина м'язового бугра;

*DovDol* – довжина долоні.

Використовуючи методику ручного проектування [8–10], можна представити параметричні моделі кожної деталі рукавичок.

Попередньо параметрична модель основної деталі рукавичок (рис. 1.а)

виглядає наступним чином:

### Координати вершин

X	Y
$X_{a0} = 0$	$Y_{a0} = -10$
$X_{a1} = 0$	$Y_{a1} = Y_{a0} + D1Miz - ShDol/16$
$X_{a2} = X_{a1} + ShDol/16$	$Y_{a2} = Y_{a1} + ShDol/16$
$X_{a3} = X_{a2} + ShDol/16$	$Y_{a3} = Y_{a1}$
$X_{a4} = X_{a3}$	$Y_{a4} = Y_{a0}$
$X_{a5} = X_{a4}$	$Y_{a5} = D1BezP - ShDol/16$
$X_{a6} = X_{a5} + ShDol/16$	$Y_{a6} = Y_{a5} + ShDol/16$
$X_{a7} = X_{a6} + ShDol/16$	$Y_{a7} = Y_{a5} - ShDol/16$
$X_{a8} = X_{a7}$	$Y_{a8} = Y_{a0} + 10$
$X_{a9} = X_{a8}$	$Y_{a9} = D1SerP - ShDol/16$
$X_{a10} = X_{a9} + ShDol/16$	$Y_{a10} = Y_{a9} + ShDol/16$
$X_{a11} = X_{a10} + ShDol/16$	$Y_{a11} = Y_{a10} - ShDol/16$
$X_{a12} = X_{a11}$	$Y_{a12} = Y_{a0} + 10$
$X_{a13} = X_{a12}$	$Y_{a13} = D1Vkp - ShDol/16$
$X_{a14} = X_{a13} + ShDol/16$	$Y_{a14} = Y_{a13} + ShDol/16$
$X_{a15} = X_{a14} + ShDol/16$	$Y_{a15} = Y_{a14} - ShDol/16$
$X_{a16} = X_{a15}$	$Y_{a16} = Y_{a0} + 10$
$X_{a17} = X_{a16}$	$Y_{a17} = -DovDol$
$X_{a18} = X_{a0}$	$Y_{a18} = Y_{a0}$
$X_{a19} = X_{a0}$	$Y_{a19} = Y_{a0}$

Для отримання остаточного креслення основної деталі рукавичок (Рис. 1.б) необхідно спрягти кути  $\angle \alpha_1 = \angle A_1 A_2 A_3$ ,  $\angle \alpha_2 = \angle A_5 A_6 A_7$ ,  $\angle \alpha_3 = \angle A_9 A_{10} A_{11}$  та  $\angle \alpha_4 = \angle A_{13} A_{14} A_{15}$  відповідно дугами кіл з центрами в точках  $C_1((X_{a1} + X_{a3})/2, Y_{a1})$ ,  $C_2((X_{a5} + X_{a7})/2, Y_{a5})$ ,  $C_3((X_{a9} + X_{a11})/2, Y_{a9})$ ,  $C_4((X_{a13} + X_{a15})/2, Y_{a13})$  та радіусами  $r = ShDol/16$ .

Дугу кола між точками  $A_i$  та  $A_{i+2}$ , де  $i=1,5,9,13$  апроксимуємо кусково-лінійною лінією. Тоді координати вершин на дузі можна визначити наступним чином [11]:

$$\begin{cases} X_{ij} = r \cdot \cos\left(\frac{n-j}{n}\pi\right) + X_{C_k} \\ Y_{ij} = r \cdot \sin\left(\frac{n-j}{n}\pi\right) + Y_{C_k} \end{cases}, \text{ де } \begin{cases} i = 1,5,9,13 \\ j = 0,1..n \\ k = \begin{cases} 1 \text{ для } i = 1 \\ 2 \text{ для } i = 5 \\ 3 \text{ для } i = 9 \\ 4 \text{ для } i = 13 \end{cases} \end{cases}$$

Для визначення кількості точок апроксимації на дугах, що спрягають кути  $\angle\alpha_1$ ,  $\angle\alpha_2$ ,  $\angle\alpha_3$  та  $\angle\alpha_4$  скористаємося наступним виразом [12]:

$$n \geq \pi(2 \cdot \arccos(1 - \varepsilon/r)),$$

де  $\varepsilon$  – точність апроксимації дуги кола.

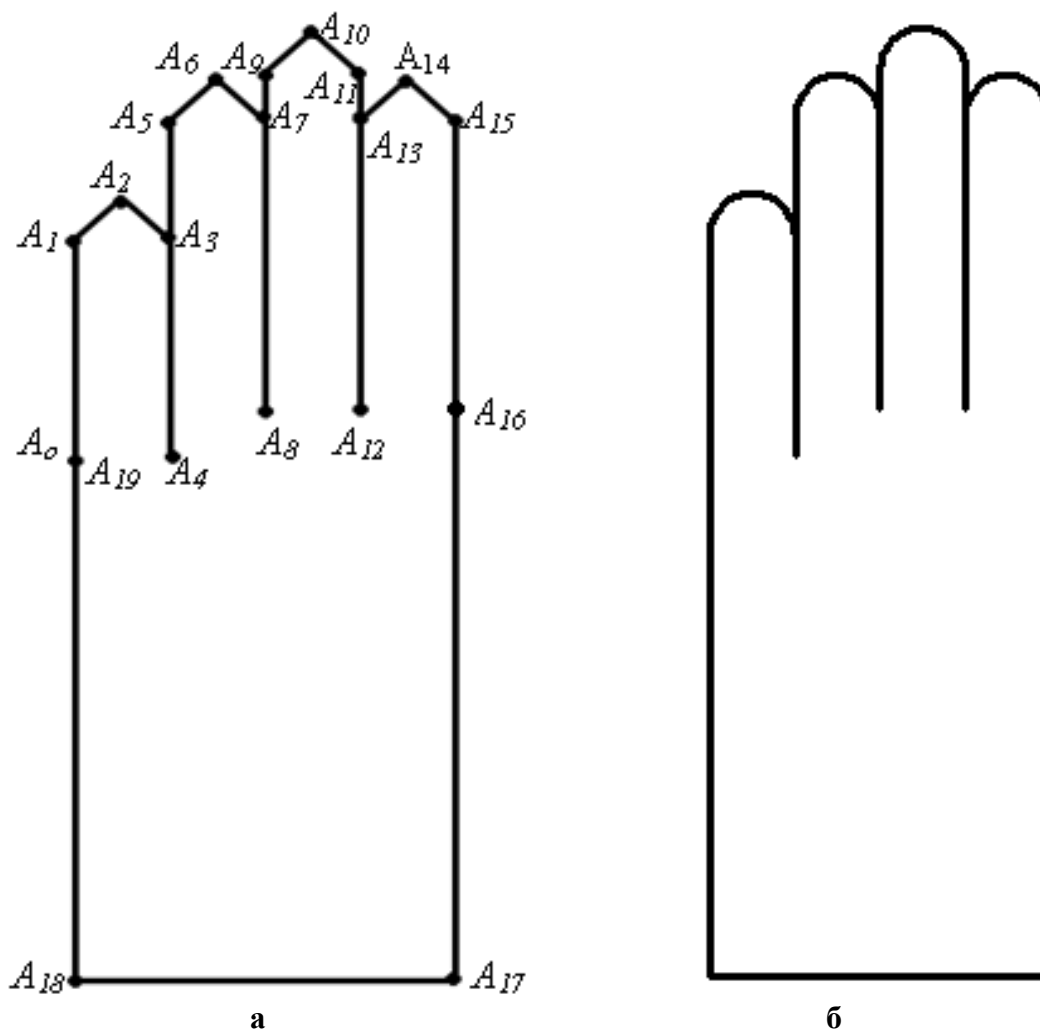


Рис. 1. Креслення основної деталі рукавичок

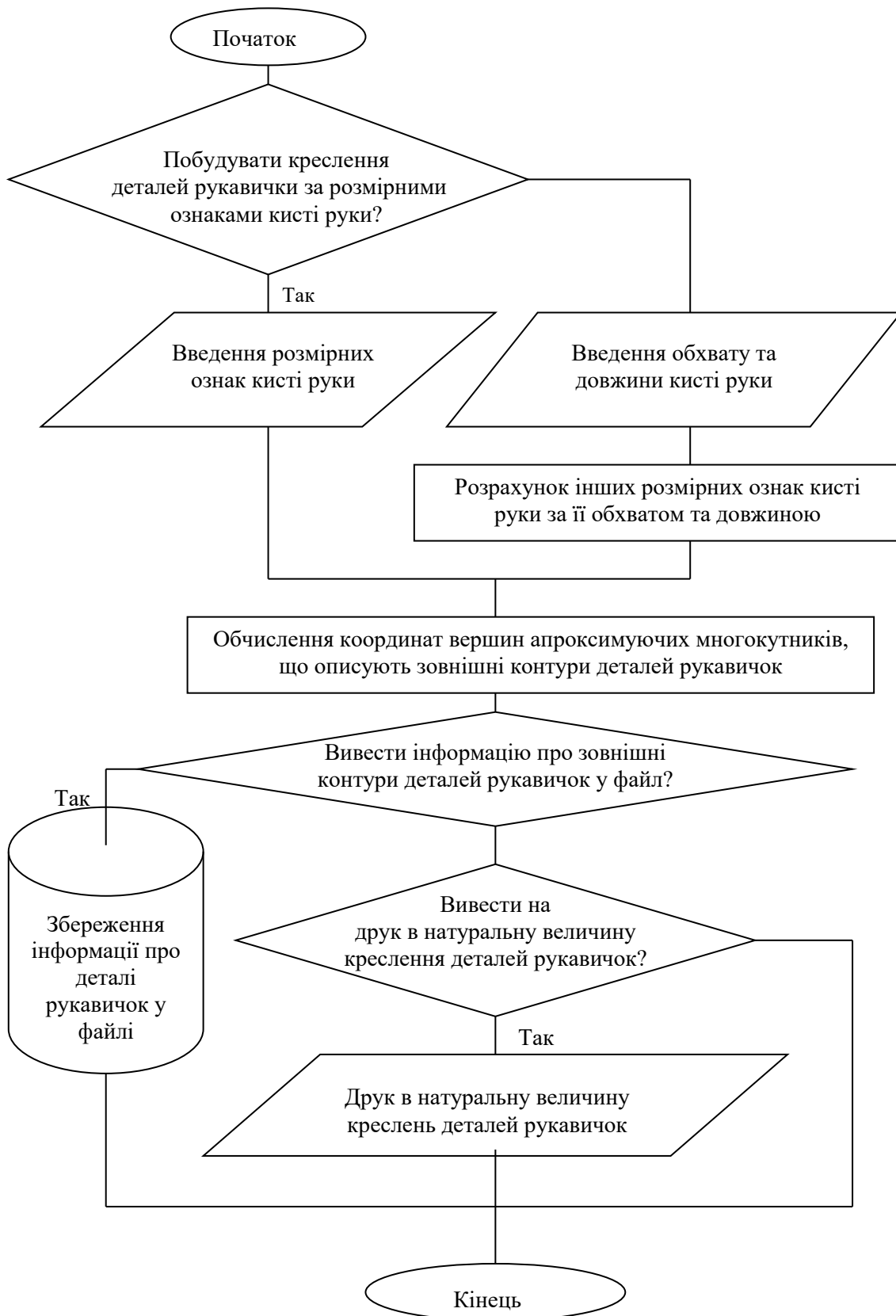
а) попереднє креслення основної деталі рукавичок

б) креслення основної деталі рукавичок після спряження кутів дугами кіл

Аналогічні параметричні моделі були отримані для інших деталей рукавичок.

Отримані параметричні моделі деталей рукавичок були реалізовані в програмний продукт для автоматизованого проектування рукавичок. Програмний продукт має дружній інтерфейс та не потребує спеціальних знань з комп'ютерних наук при роботі з ним. Структурна схема програмного продукту представлена на рис. 2, а результати розрахунків на рис. 3.

Для візуалізації креслень деталей рукавичок та друку цих креслень були використані алгоритми, запропоновані в [13].



**Рис. 2. Структурна схема програмного продукту для автоматизованого проектування креслень деталей рукавичок**

Введення розмірних ознак руки

Розмірні ознаки руки в мм.

Довжина великого пальця	60
Довжина вказівного пальця	70
Довжина середнього пальця	80
Довжина безіменного пальця	70
Довжина мізинця	55
Ребра	40
Ширина долні	140
Обхват великого пальця	50
Амрон	50
Довжина м'язового бугра	30
Довжина долоні	120

Ввести

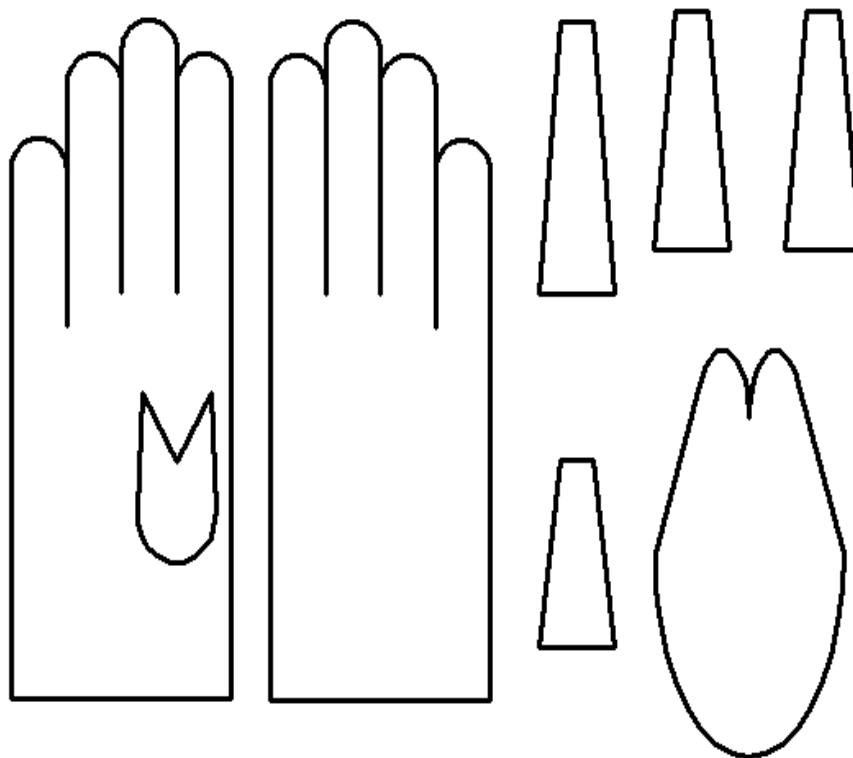


Рис. 3. Креслення деталей рукавичок, що отримані для відповідних розмірних ознак руки за допомогою розробленого програмного продукту

**Висновки.** На підставі аналізу вітчизняної та зарубіжної літератури, досвіду роботи шкіргалантерейних виробів зроблено висновок про необхідність розробки математичного та програмного забезпечення для автоматизованого проектування рукавичок. Запропоноване математичне забезпечення було реалізоване в програмне

забезпечення для автоматизованого проектування рукавичок. Це програмне забезпечення має практичну значимість, так як воно направлене на підвищення конкурентоспроможності вітчизняного малого виробництва завдяки впровадженню у виробництво ефективних комп'ютерних технологій та дозволяє скоротити час розробки нових моделей рукавичок та більш раціонально використовувати матеріали при виробництві рукавичок.

### Список використаної літератури

1. Вуштей О. А. Вирішення задач технологічної підготовки виробництва рукавичок / О. А. Вуштей, О. Л. Мороз // Вісник ДАЛПУ. – 1999. – № 2. – С. 48–50.
2. Вуштей О. А. Програмована конструкторська підготовка виробництва рукавичок / О. А. Вуштей // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – № 3. – С. 119–120.
3. Вуштей О. А. Розробка програмного забезпечення конструкторської САПР рукавичок / О. А. Вуштей // Легка промисловість. – 1999. – № 4. – С. 47.
4. Вуштей О. А. Дослідження процесів зволонення і перетягування рукавичкових шкір / О. А. Вуштей // Вісник ДАЛПУ. – 2000. – № 1. – С. 114–115.
5. Вуштей О. А. Програмована технічна підготовка виробництва рукавичок обуви: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.19.06 // О. А. Вуштей; КДУТД. – К., 2000. – 22 с.
6. Омельченко Н. Н. Усовершенствованная методика автоматизированного проектирования перчаток / Н. Н. Омельченко, Н. В. Чупринка // Международный сборник научных трудов: Техническое регулирование: Базовая основа качества материалов и услуг (Россия, г. Шахты). – 2013. – С. 65–67.
7. Дроменко В. І. Метод автоматизованого проектування рукавичкових виробів / В. І. Дроменко, Н. В. Чупринка // Наукові розробки молоді на сучасному етапі: тези доповідей X Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (19–20 квітня 2011 р.). – К.: КНУТД, 2011. – Т. 2. – С. 58.
8. Николаева Ж. Б. Моделирование кожгалантерейных изделий / Ж. Б. Николаева, С. Н. Темкин, Н. Н. Шаповалова. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 240 с.
9. Николаева Ж. Б. Вопросы теории моделирования кожгалантерейных изделий / Ж. Б. Николаева // Кожевенно-обувная промышленность. – 1971. – № 8. – С. 21–25; № 11. – С. 11–17.
10. Николаева Ж. Б. Технология кожгалантерейного и шорного производства / Ж. Б. Николаева, В. В. Руднева, Н. В. Кошель. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 45 с.
11. Воднев В. Т. Основные математические формулы / В. Т. Воднев, А. Ф. Наумович, Н. Ф. Наумович. – Минск: Вышэйшая школа, 1988. – 270 с.
12. Василенко О. Л. Математичне забезпечення для автоматизованого проектування рукавичок / О. Л. Василенко, В. І. Чупринка // Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених "Молодь – науці і виробництву – 2020: Інноваційні технології легкої промисловості" (ХНТУ, м. Херсон, 14–15 травня 2020 року). – Херсон, 2020. – С. 19–20.
13. Ласло М. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C ++ / Майкл Ласло. – М.: Бинум, 1997. – 265 с.