

$Y_{min_2} < Y_{max_2}$ , то прямокутники  $P_1$  та  $P_2$  перетинаються, перейти до кроку 2.3 для перевірки взаємного розташування деталей, інакше деталі не перетинаються.

2.3 Застосувати метод променя для визначення взаємного розташування деталей, для яких перетинаються кола чи прямокутники, описані навколо них.

Ця задача зводиться до задачі визначення взаємного розташування многокутника й точки. Метод променя, описаний вище, дозволить коректно обробити випадок, наведений на рис.1, оскільки алгоритм працює з образами деталей, які пройшли процедуру дроблення сторін. Тобто вершини многокутника розташовані на такій відстані одна від одної, що хоча б одна з них гарантовано потрапить у зону перетину (див. рис.4., б).

#### **Висновки**

Було досліджено існуючі методи перевірки взаємного розташування деталей між собою та з границями матеріалу. На основі їх кращих ідей було розроблено новий метод діалогового коригування розкрійних схем, який не має недоліків попередніх методів і характеризується високою швидкістю. Запропонований метод може бути використаний у тих галузях промисловості, де необхідно виконувати контроль дій користувача при укладанні геометричних об'єктів на площині.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Платонова О.О. Проектування комбінованих схем розкрою рулонних матеріалів на деталі взуття: Автореф. дис. к-та техн. наук. – К.: 2003. – 24 с.
2. Омельченко П.В. Розробка систем автоматизованого проектування конструкцій і технології дрібних шкіргалантерейних виробів : автореф. дис. к-та техн. наук. – к.: 2005. – 20 с.
3. Чупринка В.І., Колиско О.З. Інтерактивне коригування розкрійних схем, що побудовані в автоматичному режимі. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – №1, ч1. – с. 76–79.
4. Чупринка В.І., Чебанюк О.В. Алгоритм інтерактивної побудови та коригування схем розкрою. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну 2007. – №1. – с. 31–35.
5. Майкл Ласло. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++ . М: Бином, 1997.

Надійшла 11.01.2010

УДК 685.3

## **ІНТЕРАКТИВНА ПОБУДОВА ТА КОРИГУВАННЯ СХЕМ РОЗКРОЮ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ ІЗ НАТУРАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

М.М. ШКОДЕНКО, В.І. ЧУПРИНКА, В.П. КОНОВАЛ

Київський національний університет технологій та дизайну

*У роботі запропоновано математичну модель задачі інтерактивного проектування та коригування раціональних схем розкрою шкіри з врахуванням комплектності*

Задача побудови розкрійних схем натуральних матеріалів на деталі взуття є найбільш складною серед задач укладки, через неоднорідність фізико-механічних властивостей шкіри, необхідність врахування різних топографічних ділянок у відповідності до їх призначення, а також наявність пороків на шкірі.

**Об'єкти та методи дослідження**

Об'єктом дослідження є щільна укладка взуттєвих деталей на натуральному матеріалі. Методами дослідження є методи обчислювальної математики та аналітичної геометрії.

**Постановка завдання**

Побудувати інтерактивно раціональну розкрійну схему на натуральному матеріалі, забезпечивши сталі міжмодельний місток та крайовий зазор. Можливу орієнтацію деталей відносно вихідного положення вибирати з фізико-механічних властивостей тих зон матеріалу, на яких розміщується деталь. При побудові схеми розкрою забезпечити неперетин деталі з вадами матеріалу.

Відкоригувати інтерактивно вже побудовану раціональну розкрійну схему на натуральному матеріалі, забезпечивши сталий міжмодельний місток, крайовий зазор. Можливу орієнтацію деталей відносно вихідного положення вибирати з фізико-механічних властивостей тих зон матеріалу, на яких розміщується деталь. При коригуванні вже побудованої схеми розкрою забезпечити неперетин деталі з вадами матеріалу.

**Результати та їх обговорення**

Шкіри для верху взуття повинні кроїтися з урахуванням найбільш ефективного використання всіх топографічних ділянок у відповідності до їх призначення. Чепрак, із якого кроються найбільш відповідальні деталі, займає 0.45-0.55 загальної площі шкіри.

Задачею раціонального розкрою натуральних матеріалів є наступна задача: при максимальному використанні площі шкіри викроїти якомога більше відповідальних деталей.

Зовнішні деталі верху взуття зазнають фізико-хімічної дії вологи, поту, механічної дії зовнішнього середовища: тертя та ударів при експлуатації.

При виготовленні взуття деталі верху зазнають деформації згину та розтягу. Вплив указаних дій на деталі взуття не однаковий. Зовнішні деталі верху взуття в залежності від їх розміщення ділять на відповідальні (носки, союзки, переди, задні зовнішні ремні), менш відповідальні (берці, халяви, обтяжка для каблуків та платформ) та мало відповідальні (язички).

Проектування розкрійних схем для натуральних шкір на деталі верху взуття є складним процесом, так як шкіри мають різну конфігурацію та площу, випадково розміщені дефекти, різні показники фізико-механічних властивостей по площі та в різних напрямках.

Деталі на шкірі необхідно розміщати з урахуванням фізико-механічних властивостей натуральних шкір та вимог, що пред'являють до деталей верху взуття. Із чепрака кроються носки, союзки, задні та черезпідйомні ремні, декоративні деталі. Так як видовження чепрака приблизно однакове у всіх напрямках, то деталі розміщуються так, щоб міжлекальні відходи були найменшими.

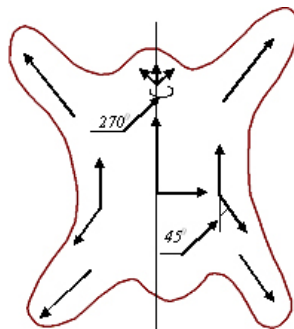


Рис. 1. Напрями найменшого видовження шкір для верху взуття

Шкіри для верху взуття кроються за прямолінійно-поступальною системою суміщення деталей. При цьому по прямолінійно-поступальній системі майже завжди кроїться чепрак, де за схему розміщення береться схема найщільнішої укладки для деталі, що кроїться. Периферійні ділянки шкіри кроються з відхиленням від прямолінійно-поступальної системи, розміщують деталі з урахуванням напрямку найменшого видовження шкіри (рис.1).

При розкрої натуральних шкір за прямолінійно-поступальною системою застосовують наступні варіанти суміщення деталей верху взуття: кожна наступна деталь повернута на  $180^0$  по відношенню до попередньої деталі (рис.2., а); кожна наступна деталь розміщена під кутом  $30^0 - 90^0$  до попередньої деталі (рис. 2., б); усі деталі одного ряду направлені в одну сторону, а суміжного ряду – у протилежну сторону (рис. 2., в); усі деталі у всіх рядах направлені в одну сторону (рис. 2., г).

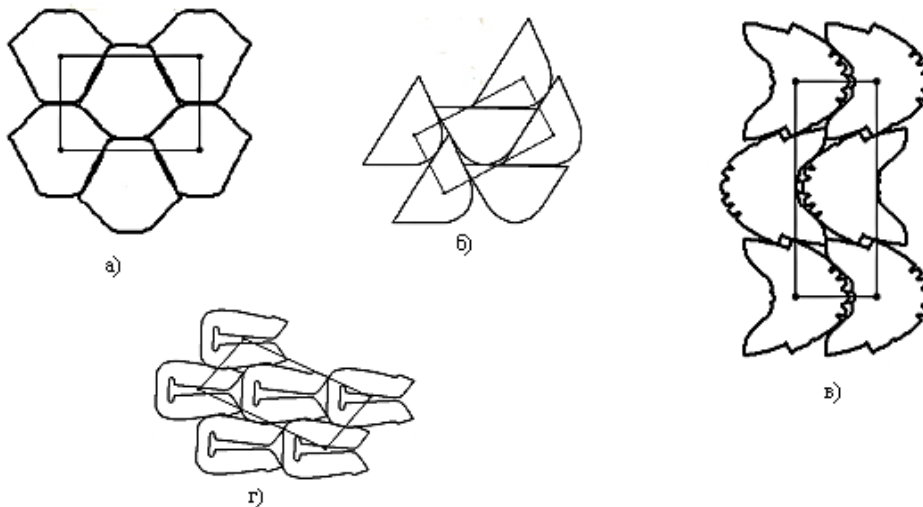


Рис. 2. Варіанти схем суміщення: а – кожна наступна деталь повернута на  $180^0$  по відношенню до попередньої деталі; б – кожна наступна деталь розміщена під кутом  $30^0 - 90^0$  до попередньої деталі; в – усі деталі одного ряду направлені в одну сторону, а суміжного ряду – у протилежну сторону; г – усі деталі у всіх рядах направлені в одну сторону

Ураховуючи вищесказане дамо технологічну та математичну постановки задачі проектування раціональних схем розкрою натуральних шкір на деталі взуття.

*Технологічна постановка задачі:* враховуючи фізико-механічні властивості натуральних шкір та вимог, що пред'являють до деталей верху взуття, спроектувати схему розкрою з максимальним використанням сировини.

*Математична постановка задачі:* дана множина комплектів деталей  $\{G_i\}_{i=1,2,,n}$  і обмежена область  $\Omega$ , у якій задані зони заборони  $G_i (i = n+1, n+q)$ . Необхідно в області  $\Omega$  розмістити деталі так, щоб досягти найбільше значення коефіцієнта використання  $\mu$  області  $\Omega$ . Орієнтація деталей визначається розкрійними властивостями матеріалу, наприклад, лінією тягучості та вимог, що пред'являють до деталей верху взуття.

У задачі автоматизованого проектування схем розкрою рулонних матеріалів на деталі взуття з урахуванням комплектного виходу можна виділити наступні структурні компоненти [1, 2]:

- аналітичне представлення інформації про зовнішні контури розміщуваних деталей;
- параметри, що визначають положення деталі на площині;
- аналітичний опис умов взаємного не перетину деталей у схемі розкрою;
- аналітичний опис системи суміщення деталей у схемі розкрою;
- аналітичний опис конфігурації матеріалу з урахуванням вад матеріалу;
- аналітичний опис умов не перетину деталей із границею матеріалу;
- аналітичне представлення сталого між шаблонного містка між деталями;
- аналітичне представлення вимог комплектного виходу;
- математичний опис множини допустимих розв’язків задачі;
- аналітичне представлення функції цілі.

Аналітичний опис конфігурації матеріалу з урахуванням вад матеріалу. Зовнішній контур шкіри має складну конфігурацію, яку аналітично описати в більшості випадків неможливо. Тому ми будемо апроксимувати його багатокутником [3]. Зв’яжемо прямокутну систему координат  $XOY$  з матеріалом таким чином, щоб початок координат знаходився у лівому нижньому куті прямокутника, який описаний навколо зовнішнього контуру матеріалу (рис. 3). Тоді матеріал можна представити як багатокутник із координатами вершин  $A_i(X_{\Omega_i}, Y_{\Omega_i})$ ,  $i=1,2,..n_{\Omega}$ . Аналогічно вади ми будемо апроксимувати в системі координат  $XOY$ . Тоді вади можна представити як багатокутники з координат вершин  $Bg_{ki}(Xg_{ki}, Y_{ki})$ ,  $k=1,2,..m$ ,  $i=1,2,..n_k$ .

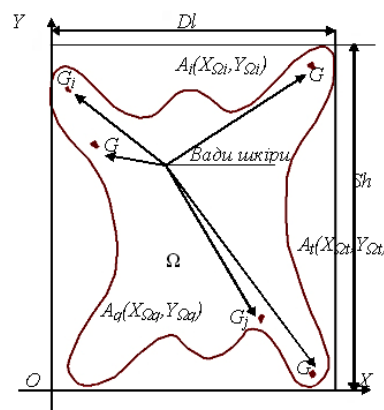


Рис. 3. Натуральна шкіра з вадами матеріалу

Звідси аналітичне описання зовнішнього контуру матеріалу можна представити системою рівнянь (1):

$$\begin{cases} x = X_{\Omega_i} + (X_{\Omega_{i+1}} - X_{\Omega_i})t, & \text{де } i = 1,2,..n_{\Omega}, \\ y = Y_{\Omega_i} + (Y_{\Omega_{i+1}} - Y_{\Omega_i})t, & t \in [0,1] \end{cases} \quad (1)$$

Аналітичне описання зовнішніх контурів вад задається системою (2):

$$\begin{cases} x = Xg_{ki} + (Xg_{k_{i+1}} - Xg_{ki})t, \\ y = Yg_{ki} + (Yg_{k_{i+1}} - Yg_{ki})t, \end{cases} \quad (2)$$

де  $k = 1,2,..m; i = 1,2,..n_k$   
 $t \in [0,1]$

*Аналітичний опис умов неперетину деталей із границею матеріалу.*

Необхідною умовою для не перетину деталей із границею матеріалу є те, що деталі не перетинаються із прямокутником довжиною  $Dl$  та шириною  $Sh$ , який описаний навколо зовнішнього контуру деталі (рис.3), тобто координати полюсів деталей  $(Xp^k, Yp^k)$  задовольняють умові (3):

$$\begin{cases} H(\pi) \leq Xp^k \leq Dl - H(0) \\ H(\frac{\pi}{2}) \leq Yp^k \leq Sh - H(\frac{3\pi}{2}) \end{cases} \quad (3)$$

Ця умова аналогічна умові неперетину деталі з границею матеріалу [4]. Достатньою умовою буде умова, що жодна сторона апроксимуючого многокутника для деталі не перетинається жодною стороною апроксимуючого многокутника для зовнішнього контуру матеріалу. Ця умова є також достатньою умовою не перетину двох деталей.

Тоді достатньою умовою неперетину деталі з вадами шкіри буде умова, що жодна сторона апроксимуючого многокутника для деталі не перетинається жодною стороною апроксимуючого многокутника для зовнішнього контуру вади.

Оскільки зовнішній контур будь-якої деталі моделі після апроксимації представляє собою многокутник, то очевидно, що якщо жодна сторона зовнішньої границі однієї деталі не має точок перетину зі сторонами іншої деталі, то деталі не перетинаються, інакше вони перетнуться.

*Аналітичне представлення функції цілі.* Нехай  $\mu_0$  – найменше допустиме значення коефіцієнта заповнюваності області  $\Omega$ ,  $q$  – шукана кількість комплектів,  $S_0$  – площа області  $\Omega$ ,  $Sg_i$  – площа  $i$ -ої зони із вадою,  $S_i$  – площа  $i$ -ої деталі. Вади представимо як деталі із від’ємною площею, тобто  $S_{m+i} = -Sg_i, i=1..r$ . Кожна зони з вадою на шкірі матиме свої значення параметрів:  $N_i, Xp_i, Yp_i, \theta_i, i=1..r$ .

Кількість комплектів взуття  $N$ , які можна розмістити на шкірі знаходиться із наступного співвідношення

$$N = \left\lfloor \frac{(S_0 - \sum_{i=1}^r Sg_i)\mu_0}{\sum_{j=1}^m S_j} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{(S_0 + \sum_{i=n+1}^{n+r} S_i)\mu_0}{\sum_{j=1}^m S_j} \right\rfloor, \quad (4)$$

де  $\lfloor \rfloor$  – ціла частина від виразу, який знаходиться в дужках. Площу області  $\Omega$ , зон із вадами та деталей визначимо із співвідношення (5) для площі будь-якого многокутника  $\square$ ааеа $\square$ ом $\square$  координатами вершин, тобто  $\square$ ааеа $\square$ ом  $\{X_i, Y_i\}, i=1..m$ , де  $X_i, Y_i$  – координати  $i$ -ої вершини, а  $m$  – кількість вершин апроксимуючого многокутника [5]:

$$S_q = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^{m-1} (X_i Y_{i+1} - X_{i+1} Y_i) \right| \quad (5)$$

Очевидно, що площа може бути наближено визначена за допомогою співвідношення (5) як площа апроксимуючого многокутника. При цьому точність залежить від кількості точок апроксимації  $\epsilon$ .

Чим більше точок апроксимації, тим вище точність визначення площі деталі й дійсна площа деталі буде визначатися співвідношенням (6):

$$S = \lim_{q \rightarrow \infty} S_n = \frac{1}{2} \lim_{q \rightarrow \infty} \left| \sum_{i=1}^{m-1} (X_i Y_{i+1} - X_{i+1} Y_i) \right| \quad (6)$$

Для оцінки ефективності одержаної схеми розкрою матимемо наступне співвідношення для визначення коефіцієнта використання площі шкіри:

$$\mu = \frac{\sum_{j=1}^n q_j S_j}{(S_0 - \sum_{i=1}^r S g_i)} = \frac{\sum_{j=1}^n q_j S_j}{(S_0 + \sum_{i=n+1}^{n+r} S_i)} \quad (7)$$

де  $q_j$  – кількість деталей  $S_j$ , що розмістились на шкірі. Вираз (7) є функцією цілі для задачі проектування раціональних схем розкрою на деталі взуття, для якої потрібно знайти максимум.

#### Висновки

У роботі запропоновано математичну модель задачі інтерактивної побудови раціональних схем розкрою шкіри з урахуванням комплектності та властивостей натуральної шкіри, таких як неоднорідність фізико-механічних властивостей та наявність вад. Наведено математичну та технологічну постановку задачі.

Представлені аналітичні умови розв'язку поставлених задач, а саме: не перетину деталей між собою, з границями матеріалу та з вадами, умова комплектного виходу, критерій ефективності одержаної схеми розкрою.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Чупринка В.І., Комарницька О.В., Коновал В.П. Інтерактивна побудова схем розкрою шкір // Вісник ДАЛПУ. – 2000. – №2. – с. 222–223.
2. Чупринка В.І., Колиско О.З., Омельченко П.В. Інтерактивна побудова схем розкрою натуральних матеріалів на деталі взуття та шкіргалантерейних виробів. // Вісник КНУТД. – 2006. – №1. – с. 78–82.
3. Шкоденко М.М., Коновал В.П., Чупринка В.І. Методика автоматизованого визначення контуру натуральної шкіри // Вісник КНУТД. 2009–№1.– с. 47–53.
4. Чупринка В.І., Пінчук А.В., Чебанюк О.В. Інтерактивна побудова та коригування вже побудованих схем розкрою. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Даля. – 2009. – №6, – с. 279–284.
5. Чупринка В.І. Розрахунок площі деталей, зовнішні контури яких апроксимуються B-сплайном / В.І. Чупринка, П.В. Омельченко // Вісник ДАЛПУ. – 2000. – № 1. – с. 89–90.

Надійшла 16.12.2009