

УДК 685.3

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

Київський національний університет технологій та дизайну

ПОБУДОВА РОЗКРІЙНИХ СХЕМ ДЛЯ НАТУРАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ДЕТАЛІ ВЗУТТЯ У НАПІВАВТОМАТИЧНОМУ РЕЖИМІ З ВРАХУВАННЯМ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОКРЕМОЇ ШКІРИ

У роботі розглянуті питання, які виникають при автоматичному створенні розкрійних схем натуральної шкіри. Наведено способи врахування унікальних властивостей кожного екземпляру натуральної шкіри таких, як складний контур, вади і напрям мінімального розтягу. Представлено методіку побудови розкладки для деталі одного виду у напівавтоматичному режимі.

In research the questions which arise up at computer-aided design of cutting out charts of leather are considered. Methods of account of unique properties each of the copy of leather such, as a complex contour, defects and direction of minimum tension are submit. The methodology of designing of cutting out chart for one type of detail in the part manual mode is presented.

Ключові слова: розкрійні схеми, взуття, натуральні матеріали.

Задача побудови розкрійних схем натуральних матеріалів на деталі взуття є найбільш складною серед задач укладки. Для створення ефективної розкрійної схеми необхідно враховувати геометричні та фізико-механічні властивості кожної окремої шкіри. Необхідно створити таку модель, яка буде об'єднувати опис складного геометричного контуру, конфігурацію пороків і напрямів мінімального розтягу. Особливо виділяється підзадача автоматичної побудови розкрійних схем для натуральної шкіри.

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

Інтерактивно побудувати раціональну розкрійну схему на натуральному матеріалі, забезпечивши сталий міжмодельний місток. Можливу орієнтацію деталей відносно вихідного положення вибрати із фізико-механічних властивостей тих зон матеріалу, на яких розміщується деталь. При побудові схеми розкрою забезпечити неперетин деталі із вадами матеріалу та іншими деталями.

Інтерактивно побудувати базовий вузол решітки щільного суміщення для однієї деталі, визначити базисні вектори. Реалізувати автоматичне заповнення чепрака вибраною деталлю способом побудови щільної решітки на основі інтерактивно визначеного базису. Забезпечити генерацію множини варіантів щільних решіток, які відрізняються кутом повороту базисних векторів і вибір найефективнішої з них. Надати оператору можливість інтерактивно коригувати автоматично створену розкладку.

Результати та їх обговорення

Зовнішній контур шкіри має складну конфігурацію, яку аналітично описати в більшості випадків неможливо. Крім того для повноцінної роботи з натуральною шкірою необхідно представити вади і напрями найменшого розтягу. Для моделювання контуру шкіри і вад було використано систему апроксимуючих багатокутників [1]. 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. Тоді матеріал можна представити як багатокутник з координатами вершин $A_i (X_{\Omega_i}, Y_{\Omega_i})$, $i=1,2,..n_{\Omega}$. Аналогічно вади будуть апроксимуватися в системі координат XOY . Тоді вади можна представити як багатокутники з координатами вершин $Bg_{ki} (Xg_{ki}, Yg_{ki})$, $k=1,2,..m$, $i=1,2,..n_k$

Аналітичний опис зовнішнього контуру матеріалу можна представити співвідношенням (1):

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

Аналітичний опис зовнішніх контурів вад можна представити співвідношенням (2):

$$\begin{cases} x = Xg_{ki} + (Xg_{k,i+1} - Xg_{ki})t, & \text{де } k = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n_k \\ y = Yg_{ki} + (Yg_{k,i+1} - Yg_{ki})t & t \in [0, 1] \end{cases} \quad (2)$$

Запропоновано представляти пороки у вигляді деталей спеціального виду, що мають від'ємну площу. Такі деталі не можна виділити і видалити, вони є невід'ємною частиною представлення конкретної натуральної шкіри. Для шкіри з позначеними пороками корисна доступна площа S_k буде розраховуватись за формулою (3):

$$S_k = S_{shk} - \sum S_{Gi}, \quad (3)$$

де S_{Gi} – площа i -го пороку G

Окрім наявності пороків натуральна шкіра характеризується нерівномірністю розподілу видовження по площі та топографічним ділянкам [2]. Як правило, розтяг у повздовжньому напрямі більший ніж у поперечному. При цьому видовження чепрака у всіх напрямках приблизно однакове, тоді як для воротку, піл і особливо лап відрізняється у різних напрямках. Напрями найменшого видовження показані на рис. 1. При створенні розкрійної схеми необхідно суміщати напрям найменшого розтягу деталі з відповідним напрямом заданим для ділянки шкіри.

Для автоматизації орієнтації деталі відповідно до напрямку розтягу, апроксимований контур шкіри розбивається на 9 зон за допомогою чотирьох променів і відрізків, що їх сполучають (рис. 1). Для кожної зони задається кут повороту деталі відносно хребтової лінії і діапазон можливих відхилень. Конфігурація зон змінюється за допомогою вузлових точок, причому зовнішні точки змінюють своє положення тільки по вертикалі або горизонталі, а внутрішні завжди зберігають прямі кути центральної зони, яка відповідає чепраку.

Належність деталі до певної зони визначається як належність її полюса до многокутника, що задає зону. Оскільки многокутники можуть мати складну конфігурацію, то для визначення належності точки використовується загальна процедура.

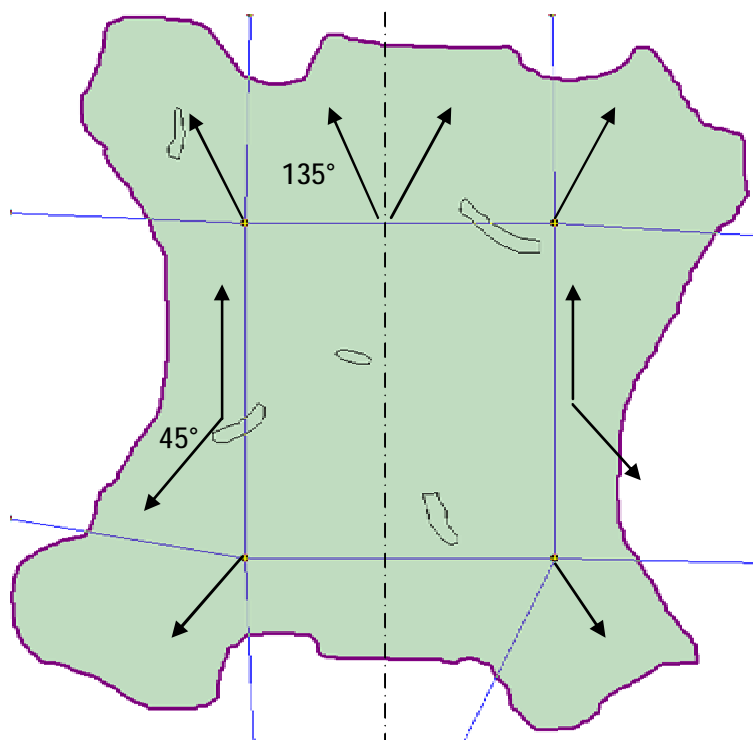


Рис. 1. Напрями найменшого розтягу шкіри для деталей верху взуття по топографічним ділянкам

Виходячи з вищесказаного можна сформулювати наступні умови включення деталі до розкрійної схеми:

- деталь знаходиться всередині контуру шкіри;
- деталь не перетинається з іншими деталями;
- деталь не має спільних точок з пороками;
- напрям найменшого розтягу деталі співпадає з таким напрямом, що визначений для ділянки шкіри.

Оскільки контур шкіри, деталей і пороків описуються за єдиною схемою, то для визначення допустимості укладання деталі критичною виявляється процедура визначення належності точки до многокутника. В представленій роботі використовується метод променя, причому точки перетину променя зі сторонами многокутника шукаються як точки перетину прямих з уточненням належності результату до заданих відрізків. Такий підхід дозволяє спростити врахування особливих випадків.

В програмі реалізовано довільний поворот деталі відносно її полюса. Розрахунок нових координат проводиться за формулою (4):

$$\begin{cases} X_{res} = X_0 + (\sqrt{(X_{in} - X_0)^2 + (Y_{in} - Y_0)^2}) * \cos(a) \\ Y_{res} = Y_0 + (\sqrt{(X_{in} - X_0)^2 + (Y_{in} - Y_0)^2}) * \sin(a) \end{cases} \quad (4)$$

де X_{res}, Y_{res} – нові координати точки, X_{in}, Y_{in} – початкові координати, X_0, Y_0 – центр повороту.

При переміщенні деталі над контуром шкіри автоматично визначається зона і перевіряється різниця

між допустимим кутом для даної зони шкіри і встановленим для деталі. Якщо це значення виходить за межі встановленого інтервалу, то значення кута повороту для деталі встановлюється рівним значенню кута напружаму найменшого розтягу для ділянки шкіри.

Для центральної зони, яка відповідає чепраку, обмеження на кут повороту деталі знімається завдяки відносній однорідності властивостей чепрака за напрямом. Така особливість центральної зони дозволяє реалізувати автоматичну генерацію варіантів розкладки деталей, що відрізняються кутами повороту відносно хребтової лінії. Для реалізації алгоритму було використане поняття про щільні решітки, що дозволяють автоматично створювати розкладки деталей за прямокутно-поступальною системою з мінімальними міжлекальними втратами.

Розглянемо базові поняття і властивості щільних решіток [3]. Плоска геометрична фігура – це замикання обмеженої однозв'язної області у просторі $R^{(2)}$. При цьому головна увага зосереджена на многокутниках, тобто на фігурах, границі яких є замкненими ламаними лініями. Таке звуження класу розглядуваних фігур є виправданим, тому що на практиці будь-яка заготовка може бути представлена як многокутник в межах деякої допустимої похибки.

Розглянемо на площині дві фігури S_1 і S_2 . Нехай $int S = S \setminus s$, де s – границя фігури S . Фігури S_1 і S_2 не перетинаються, якщо виконується умова (5):

$$int S_1 \cap int S_2 = \emptyset. \tag{5}$$

Якщо одночасно виконується умова (6), то фігури S_1 і S_2 називаються розміщеними щільно.

$$S_1 \cap S_2 \neq \emptyset, \tag{6}$$

Іншими словами, щільно розміщені фігури не мають спільних внутрішніх, але обов'язково мають спільні граничні точки.

Система фігур $S_i, i = \overline{1, p}$, утворює на площині укладку, якщо для кожної пари фігур виконується умова їх взаємного неперетину.

Позначимо через $S + \vec{a}$ фігуру, яка виникає при переміщенні кожної точки фігури S на вектор \vec{a} , і будемо називати її трансляцією фігури S . Множина векторів виду: $r = n\vec{a}_1 + m\vec{a}_2$, де $n, m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \pm k \dots$ називається решіткою з базисом \vec{a}_1, \vec{a}_2 , де \vec{a}_1, \vec{a}_2 – лінійно незалежні вектори, і позначається як $\Lambda = \Lambda(\vec{a}_1, \vec{a}_2)$.

Абсолютна величина визначника, складеного з координат базисних векторів решітки, називається визначником решітки і позначається як $\det \Lambda$.

Розглянемо систему фігур (7), яка складається з трансляцій $S_{nm} = S + n\vec{a}_1 + m\vec{a}_2$ фігури S на вектори решітки $\Lambda = \Lambda(\vec{a}_1, \vec{a}_2)$:

$$\bigcup_{n,m} S_{nm}, \quad n, m = 0, \pm 1, \pm 2, \mathbf{K}, \tag{7}$$

Якщо система (7) являється укладкою, то така укладка називається *решітчастою укладкою* фігури S , виконаною за решіткою $\Lambda = \Lambda(\vec{a}_1, \vec{a}_2)$. Решітка Λ у цьому випадку називається допустимою для укладки фігури S .

Щільність $d_s(\Lambda)$ решітчастої укладки фігури S можна охарактеризувати за допомогою співвідношення (8)

$$d_s(\Lambda) = \frac{|S|}{(\det \Lambda)}, \tag{8}$$

де $|S|$ – площа фігури S ;

$\det \Lambda$ – визначник решітки $\Lambda = \Lambda(\vec{a}_1, \vec{a}_2)$, за якою виконана укладка.

В подальшому однаковими вважатимуться тільки фігури, які можуть бути переведені одна в іншу за допомогою трансляції на деякий вектор. З цієї точки зору фігура, яка виникає із заданої шляхом повороту на деякий кут, вважається відмінною від неї. Такі фігури в подальшому розглядаються як різні.

Нехай $S(0)$ – фігура з заданою орієнтацією, а $S(p)$ – фігура, яку одержано з неї поворотом на кут p . Складемо з цих фігур щільні однорядні розміщення

$$\bigcup_n (S(0) + n\vec{a}), \quad \bigcup_n (S(p) + n\vec{a}), \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \mathbf{K}, \dots$$

Чергуючи утворені ряди і щільно суміщуючи їх, створимо на площині укладку W таким чином, щоб взаємне розміщення ряду, складеного з фігур $S(0)$, по відношенню до сусідніх рядів із фігур $S(p)$, було однаковим у всій укладці W . Укладка W є об'єднанням двох решітчастих укладок

$\bigcup_{n,m} S(0) + n\mathbf{a}_1 + m\mathbf{a}_2$ і $\bigcup_{n,m} S(p) + n\mathbf{a}_1 + m\mathbf{a}_2$, $n, m = 0, \pm 1, \pm 2, \mathbf{K}$, виконаних за решітками $\Lambda = \Lambda(\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2)$ з однаковим базисом $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2$, де $\mathbf{a}_1 = \mathbf{a}$, $\mathbf{a}_2 = \mathbf{g} - \mathbf{p}$.

Система, яка складається з двох одночасно заданих на площині однакових не співпадаючих решіток, одна з яких являється трансляцією другої на деякий вектор, називається подвійною решіткою і позначається $W = W(\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{g})$. Тут $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2$ – базис кожної з решіток системи, \mathbf{g} – вектор їх взаємного зміщення. Така укладка визначається взаємним розміщенням чотирьох сусідніх багатокутників $S(0), S(0) + \mathbf{a}, S(p) + \mathbf{g}, S(p) + \mathbf{p}$ і може бути задана трьома векторами $\mathbf{a}, \mathbf{g}, \mathbf{p}$ (рис. 2).

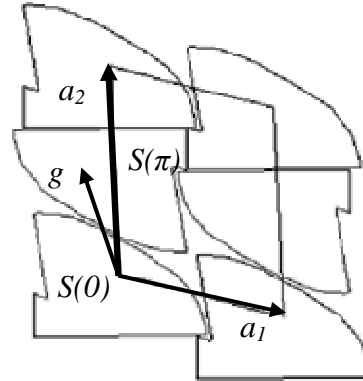


Рис. 2. Система базисних векторів подвійної решітки

В силу самого способу формування укладки виконуються умови

$$\begin{aligned} \text{int}S(0)_{nm} \cap \text{int}S(0)_{kl} &= \emptyset; & \text{int}S(p)_{nm} \cap \text{int}S(p)_{kl} &= \emptyset; \\ S(0)_{nm} \cap S(0)_{(n+1)m} &\neq \emptyset, & S(p)_{nm} \cap S(p)_{(n+1)m} &\neq \emptyset, \\ \text{int}S(0)_{nm} \cap \text{int}S(p)_{kl} &= \emptyset, \end{aligned}$$

де $S(0)_{mv} = S(0) + m\mathbf{a}_1 + v\mathbf{a}_2$; $S(p)_{mv} = S(p) + \mathbf{g} + m\mathbf{a}_1 + v\mathbf{a}_2$; $\mathbf{a}_1 = \mathbf{a}$; $\mathbf{a}_2 = \mathbf{g} - \mathbf{p}$; $m = n, k$; $v = m, l$; $n, m, k, l = 0, \pm 1, \mathbf{K}$.

Це означає, що системи $\bigcup_{n,m} S(0)_{nm}$ і $\bigcup_{n,m} S(p)_{nm}$, $n, m = 0, \pm 1, \mathbf{K}$, є решітчастими укладками фігур

$S(0)$ і $S(p)$. З цього випливає, що три вектори $(\mathbf{a}, \mathbf{g}, \mathbf{p})$ породжують подвійну решітку $W = W(\mathbf{a}, \mathbf{g} - \mathbf{p}, \mathbf{g})$, допустиму для подвійної решітчастої укладки V фігур $S(0)$ і $S(p)$ на площині.

Позначимо через $\det W$ визначник, однаковий для обох решіток, які складають подвійну решітку, і будемо називати *визначником* подвійної решітки. Щільність $d_s(W)$ подвійної решітчастої укладки W конгруентних фігур $S(0)$ і $S(p)$ будемо характеризувати з допомогою співвідношення (9)

$$d_s(W) = \frac{2|S|}{\det W}. \tag{9}$$

Щоб знайти решітчасту укладку об'єкта S на площині, достатньо визначити розміщення об'єктів $S+a_1$ та $S+a_2$, які щільно суміщені з об'єктом S . Оскільки об'єкти $S+a_1$ та $S+a_2$ щільно суміщені з об'єктом S , то a_1 та $a_2 \in$ деякими значеннями вектор-функції щільного розміщення пари об'єктів S .

Оскільки реальні деталі, як правило, мають складну конфігурацію, то автоматична побудова вектор-функції щільного розміщення, наприклад, за допомогою годографу, може виявитись недостатньо ефективною. Тому в загальному випадку оператор вручну суміщає деталі для побудови базису решітки. Вектори a_1 та a_2 в такому випадку фактично задаються явно. Нижче на рис. 3 і 4 показано послідовність суміщення деталей у базовий вузол для решіток без повороту і з поворотом відповідно.

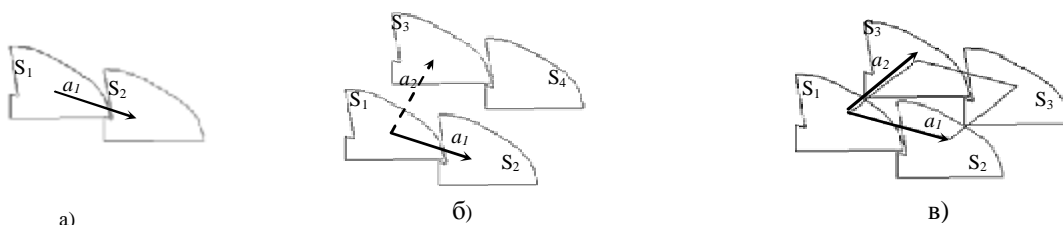


Рис. 3. Інтерактивна побудова базису щільної решітки без повороту:
 а) суміщення по горизонталі, визначення вектору a_1
 б) пошук варіантів суміщення по вертикалі, визначення вектору a_2
 в) остаточний варіант, розрахунок щільності укладки

Базисні вектори розраховуються через координати полюсів інтерактивно суміщених деталей за співвідношенням (10):

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_1 &= (Xp_{S_2} - Xp_{S_1}; Yp_{S_2} - Yp_{S_1}) \\ \mathbf{a}_2 &= (Xp_{S_3} - Xp_{S_1}; Yp_{S_3} - Yp_{S_1}) \end{aligned}$$

де Xp_S, Yp_S – координати полюсу фігури S (10)

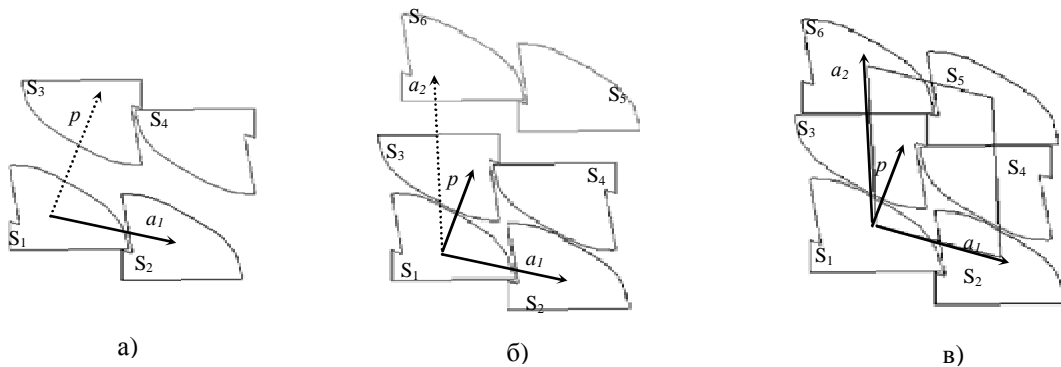


Рис. 4. Інтерактивна побудова базису щільної решітки з поворотом
 а) визначення вектору a_1 , варіанти вектору p
 б) визначення вектору p , варіанти вектору a_2
 в) остаточний варіант, розрахунок щільності укладки

Розрахунок базисних векторів для решітки з поворотом:

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_1 &= (Xp_{S_2} - Xp_{S_1}; Yp_{S_2} - Yp_{S_1}) \\ \mathbf{a}_2 &= (Xp_{S_6} - Xp_{S_1}; Yp_{S_6} - Yp_{S_1}) \\ \mathbf{p} &= (Xp_{S_3} - Xp_{S_1}; Yp_{S_3} - Yp_{S_1}) \end{aligned} \quad (11)$$

Отриманий базис використовується для автоматичного заповнення прямокутної центральної зони, що позначає чепрак. При цьому будується щільна решітка, координати вузлів якої знаходяться за формулами, відповідно для решітки без повороту (12) та для решітки з поворотом (13):

$$\begin{cases} X_{Si} = X_{S_0} + Xa_1 * m + Xa_2 * n \\ Y_{Si} = Y_{S_0} + Ya_1 * m + Ya_2 * n \end{cases} \quad n, m, k = 0, \pm 1, \pm 2, \mathbf{K} \quad (12)$$

$$\begin{cases} X_{Si} = X_{S_0} + Xa_1 * m + Xa_2 * n + Xp * k \\ Y_{Si} = Y_{S_0} + Ya_1 * m + Ya_2 * n + Yp * k \end{cases} \quad (13)$$

Після знаходження координат вузла решітки необхідно перевірити умову невиходу контуру деталі за межі центральної зони. Для цього визначаються опорні прямі. Полюс деталі має знаходитися в межах прямокутника, утвореного опорними прямими. Оскільки прямі, що задають центральну зону, завжди паралельні координатним осям, то ця умова визначається нерівністю (14).

$$\begin{cases} X_{V1} + \frac{dx}{2} < X_p < X_{V2} - \frac{dx}{2} \\ Y_{V1} + \frac{dy}{2} < Y_p < Y_{V4} - \frac{dy}{2} \end{cases} \quad (14)$$

де X_V, Y_V – координати вузлових точок центральної зони, X_p, Y_p – координати полюсу деталі, dx, dy – максимальна ширина і висота деталі.

Потім проводиться перевірка наявності спільних точок контурів деталей та вад; якщо такі існують, то даний вузол залишається порожнім.

Для знаходження оптимального варіанту розміщення деталі генерується множина решітчастих укладок, які відрізняються кутом повороту базових векторів. Діапазон кутів повороту становить $0^\circ \dots 359^\circ$ з кроком в один градус. Всі варіанти можна переглянути і обрати оптимальний. Кількісною мірою ефективності варіанту розкладки є площа розміщених деталей. Після фіксації оптимального варіанту, розміщення деталей можна редагувати у звичайному режимі.

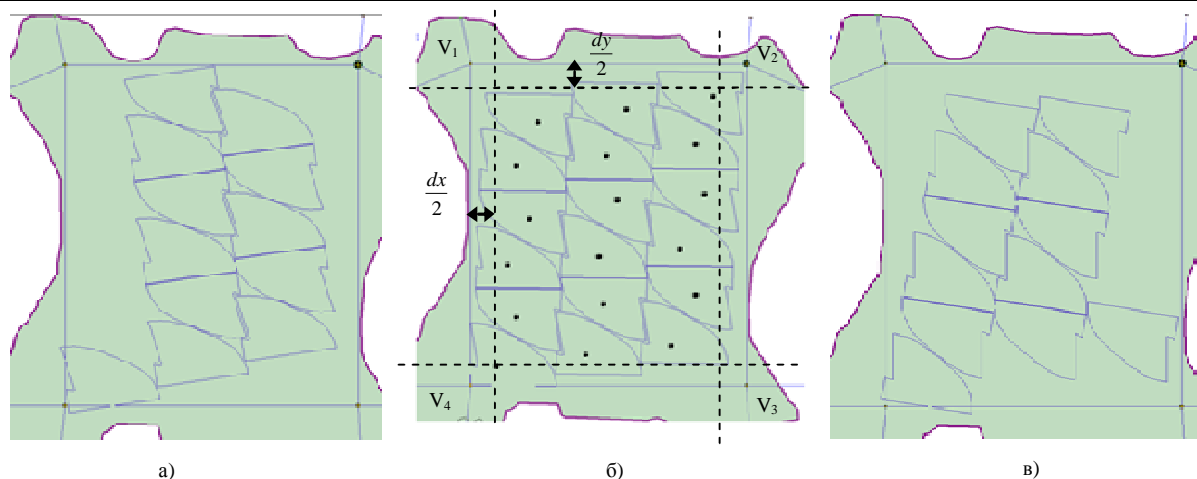


Рис. 5. Варіанти автоматичного заповнення чепрака з різними кутами повороту базисних векторів:
а) $\alpha = 350^\circ$; б) опорні прямі і вузлові точки, $\alpha = 0^\circ$; в) $\alpha = 10^\circ$

Висновки

У роботі представлено модель, яка дозволяє описати геометричний контур, конфігурацію пороків і напрямів мінімального розтягу для конкретного екземпляру натуральної шкіри. Розглянуто умови включення деталі до розкрійної схеми з врахуванням названих факторів. Наведено теоретичні відомості про щільні решітки на площині і методику інтерактивної побудови базисних векторів щільної решітки для обраної деталі. Реалізовано автоматичну генерацію розкладок для однієї деталі в зоні чепрака на основі інтерактивно побудованих базисних векторів.

Література

1. Чупринка В.І. Інтерактивна побудова схем розкрою шкір / Чупринка В.І., Комарницька О.В., Коновал В.П. // Вісник ДАЛПУ. – 2000. – № 2. – С. 222-223
2. Шагапова И.М. Технология раскроя материалов на детали обуви. – / Шагапова И.М. М.: Изд-во «Легкая индустрия», 1988.
3. Чупринка В.І. Алгоритм побудови щільних укладок для двох видів плоских геометричних об'єктів / Чупринка В.І. // Вісник КНУТД. – 2007. – № 6. – С. 107-112.

Надійшла 11.5.2010 р.

УДК 685.34.07

П.С. МАЙДАН, Г.М. ДРАПАК
Хмельницький національний університет

КЛАСИФІКАЦІЯ СПОСОБІВ ТА МЕТОДІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ФІКСАЦІЇ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХУ ВЗУТТЯ ПЕРЕД ЇХ З'ЄДНАННЯМ У ЗАГОТОВКУ

В статті наводиться огляд існуючих способів і методів фіксації багатошарових конструкцій, а також визначаються шляхи поліпшення техніко-економічних характеристик обладнання, яке використовується в процесі попередньої фіксації деталей верху взуття при їх скріпленні у заготовку.

The article provides an overview of existing means and methods of fixing multilayer structures, and identifies ways to improve technical and economic characteristics of the equipment used during the previous fixing details at fastening them in the shoe uppers.

Ключові слова: заготовки верху взуття, деталі верху взуття, фіксація, палета, базування, пристосування.

Постановка задачі

На даний час взуттєва промисловість України знаходиться в умовах жорсткої конкуренції, що викликано появою на вітчизняному ринку потужних західних та східних конкурентів. Сьогодення характеризується організацією виробництва взуття на малих підприємствах. Ключовими факторами в конкурентній боротьбі є собівартість і якість продукції. Одним із засобів оптимізації цих факторів є використання пристосувань для попередньої фіксації деталей заготовок верху взуття (ЗВВ) перед їх з'єднанням, що призведе до зменшення кількості обслуговуючого персоналу, зниження собівартості та енерговитрат і буде сприяти підвищенню якості продукції.

Аналіз досліджень та публікацій

Відомі дослідження присвячені різним аспектам процесу складання ЗВВ (Тонковид Л.А., Стоянов І.С., Калина В.М., Шуцька Г.В., Драпак Г.М., Горященко С.Л. та інші). Зокрема, при автоматизації процесів