

УДК 685.34.01

ЧУПРИНКА В.І., ЗЕЛІНСЬКИЙ Г.Ю., ЧУПРИНКА Н.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

МЕТОД АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРЯМОКУТНОЇ РЕШІТКИ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМ РОЗКРОЮ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Розробити метод автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки для проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Методика. Використані методи аналітичної геометрії та прикладної математики для автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки для проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Результати. В роботі був запропонований метод автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки для проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Наукова новизна. Запропоновано метод автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки, який більш ефективний за існуючі при проектуванні раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Практична значимість. Результати теоретичних досліджень були реалізовані в програмний модуль для автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки, який дозволив розробити програмний продукт для автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів. Розроблений програмний продукт може бути використаний в легкій промисловості для автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі взуття та в інших галузях промисловості при розкрої листових матеріалів на плоскі геометричні об'єкти.

Ключові слова: щільне розміщення, схема розкрою, прямокутна решітка, програмне забезпечення.

Вступ. Автоматичне проектування раціональних розкрійних схем матеріалів дозволить ефективно використовувати матеріали при розкрої, зменшити кількість відходів, що забруднюють навколишнє середовище, знизити собівартість виробів. Задача автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки при проектуванні раціональних схем розкрою листових матеріалів є актуальною задачею, так як вона дозволяє вирішити одну із задач автоматичного проектування раціональних схем розкрою, а саме автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів.

Постановка завдання. В більшості випадків процес підготовки раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі взуття виконуються вручну. Але розвиток обчислювальної техніки та методів обчислювальної математики дозволяють виконувати ці етапи в автоматичному режимі. В роботах [1-3] для автоматичного генерування раціональних схем розкрою параметри прямокутної решітки визначаються експериментально, що вимагає додаткових затрат часу технолога. В роботах [4-5] для визначення параметрів решітки використовується апарат годографа вектор-функції щільного розміщення [6]. Але цей метод є не ефективним для знаходження параметрів прямокутної решітки. Тому завданням цієї роботи є розробка ефективного методу автоматичного визначення параметрів прямокутної решітки при проектуванні раціональних схем розкрою листових матеріалів для плоских геометричних об'єктів з довільною конфігурацією зовнішнього контуру.

Результати досліджень. В роботі[7] була визначена залежність векторів a , b , q подвійної решітки $W: na+mb+kq$, $n,m=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$, $k=0,1$ від семи параметрів $Sh_1, Sh_2, Sh_3, H_1, H_2, X_{p1}, Y_{p1}$. Визначимо ці параметри.

Так як зовнішній контур плоского геометричного об'єкту S апроксимується багатокутником з координатами вершин (X_i, Y_i) , $i=1,2 \dots n$, то

$$X_{p1} = \left| \min_{i=1,2 \dots n} \{X_i\} \right|, \quad Y_{p1} = \left| \min_{i=1,2 \dots n} \{Y_i\} \right| ..$$

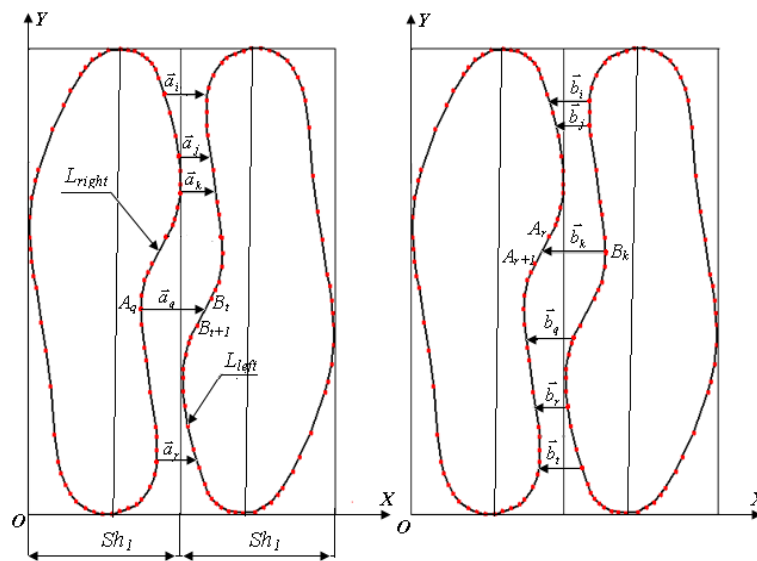
Ширину та висоту плоского геометричного об'єкту S визначається наступним чином:

$$Sh_1 = \left| \max_{i=1,2 \dots n} \{X_i\} - \min_{i=1,2 \dots n} \{X_i\} \right|; \quad H_1 = \left| \max_{i=1,2 \dots n} \{Y_i\} - \min_{i=1,2 \dots n} \{Y_i\} \right|;$$

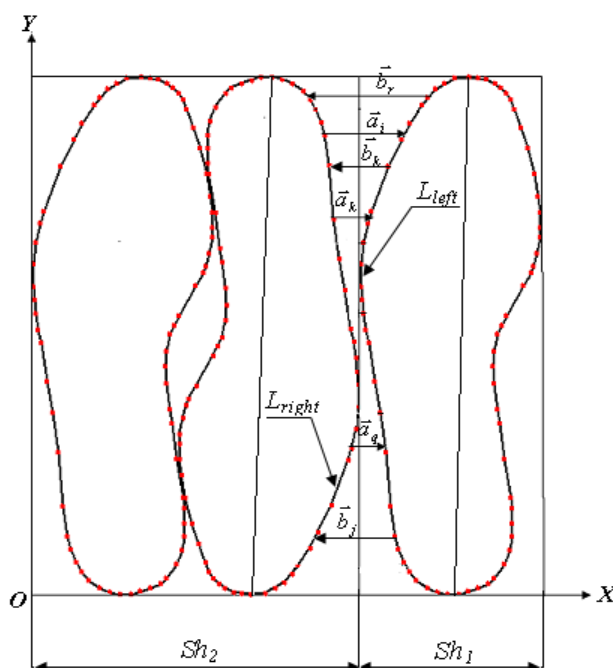
Для визначення Sh_2 визначимо поняття лівої L_{left} та правої L_{right} границь зовнішнього контуру плоского геометричного об'єкту S . Під лівою(правою) границею $L_{left}(L_{right})$ зовнішнього контуру плоского геометричного об'єкту S будемо розуміти ділянку зовнішнього контуру цього плоского геометричного об'єкту, яка знаходиться ліворуч(праворуч) від прямої, що з'єднує точки на зовнішньому контурі цього плоского геометричного об'єкту з максимальним та мінімальним значенням координати Y . Так як зовнішній контур плоского геометричного об'єкту ми апроксимуємо у вигляді багатокутника, то ліва та права границі зовнішнього контуру плоского геометричного об'єкту будуть представлятись у вигляді ламаних ліній, тобто $L_{left} \{X_{left_i}, Y_{left_i}\} i=1,2 \dots n_{left}$ та $L_{right} \{X_{right_j}, Y_{right_j}\} j=1,2 \dots n_{right}$ (рис. 1.a).

Для знаходження Sh_2 (рис. 1.a) (Sh_3 (рис.1.б)): щільно сумістимо в ряду прямокутники, які описані навколо першого (перших двох) та другого(третього) плоских геометричних об'єктів;

- з кожної вершини A_i правої границі зовнішнього контуру першого (другого) плоского геометричного об'єкта проведемо вектор $\vec{a}_i$ паралельний вісі OX таким чином, що кінець його дотикається до лівої границі другого(третього) плоского геометричного об'єкта;



a)



б)

Рис. 1. Знаходження параметрів щільного сусіщення Sh_2 та Sh_3

- знайдемо $\delta_a = \min_{i=1,2..n_{right}} \{|\vec{a}_i|\}$;
- серед векторів $\vec{a}_i$ знайдемо ті вектори, які задовольняють умові $|\vec{a}_i| = \delta_a$. Для них визначимо вектор $\vec{a}_k$ з максимальним значенням координати Y , тобто $Y_{\vec{a}_k} = Y_{\max_{left}}$.

Визначимо Q_a як $Q_a = H_1 - Y_{\max_{left}}$;

- з кожної вершини B_j лівої границі зовнішнього контуру другого (третього) плоского геометричного об'єкта проведемо вектор $\vec{b}_j$ паралельний вісі OX таким чином, що кінець його дотикається до правої границі першого(другого) плоского геометричного об'єкта;

- знайдемо $\delta_b = \min_{j=1,2..n_{left}} \{|\vec{b}_j|\}$;
- серед векторів $\vec{b}_j$ знайдемо ті вектори, які задовольняють умові $|\vec{b}_j| = \delta_b$. Для них

визначимо вектор $\vec{b}_k$ з максимальним значенням координати Y , тобто

$Y_{\vec{b}_k} = Y_{\max_{right1}}$ ($Y_{\vec{b}_k} = Y_{\max_{right2}}$). Визначимо Q_{1b} (Q_{2b}) як $Q_{1b} = H_1 - Y_{\max_{right}}$

($Q_{2b} = H_1 - Y_{\max_{right2}}$);

- знайдемо $\delta_1 = \min\{\delta_a, \delta_b\}$ ($\delta_2 = \min\{\delta_a, \delta_b\}$)(рис.4);
- знайдемо $Q_1 = \begin{cases} Q_{1a}, & \text{якщо } \delta_a = \delta_1 \\ Q_{1b}, & \text{якщо } \delta_b = \delta_1 \end{cases}$ ($Q_2 = \begin{cases} Q_{2a}, & \text{якщо } \delta_a = \delta_2 \\ Q_{2b}, & \text{якщо } \delta_b = \delta_2 \end{cases}$);
- знайдемо $Q = \min\{Q_1, Q_2\}$;

- визначимо Sh_2 (Sh_3) як $Sh_2=2Sh_1-\delta_1$ ($Sh_3=Sh_2+Sh_1-\delta_2$).

Введемо поняття верхньої границі нижнього ряду та нижньої границі верхнього ряду у секції. Для цього щільно сумістимо два прямокутники, що описані навколо двох рядів щільно суміщених плоских геометричних об'єктів (рис. 7). Під верхньою (нижньою) границею нижнього(верхнього) ряду у секції будемо підрозумувати лому лінію, яка складається із ділянок зовнішніх контурів щільно суміщених у ряду плоских геометричних об'єктів та координата Y яких задовольняє наступній умові:

$$H_1-Q \leq Y \leq H_1 \quad (H_1 \leq Y \leq H_1+Q).$$

Нехай верхня границя нижнього ряду секції описується функцією $F_1(x,y)=0$, а нижня границя верхнього ряду секції описується функцією $F_2(x,y)=0$. Очевидно, що $F_1(x,y)=0$ та $F_2(x,y)=0$ є періодичними функціями з періодом, який дорівнює довжині вектору решітки a , тобто $T=|a|$ (рис. 2). Тоді для щільного суміщення рядів у секції достатньо щільно сумістити ділянки верхньої границі нижнього ряду та нижньої границі верхнього ряду секції на наступному інтервалі $X_0 \leq X \leq X_0+T$. значення X :

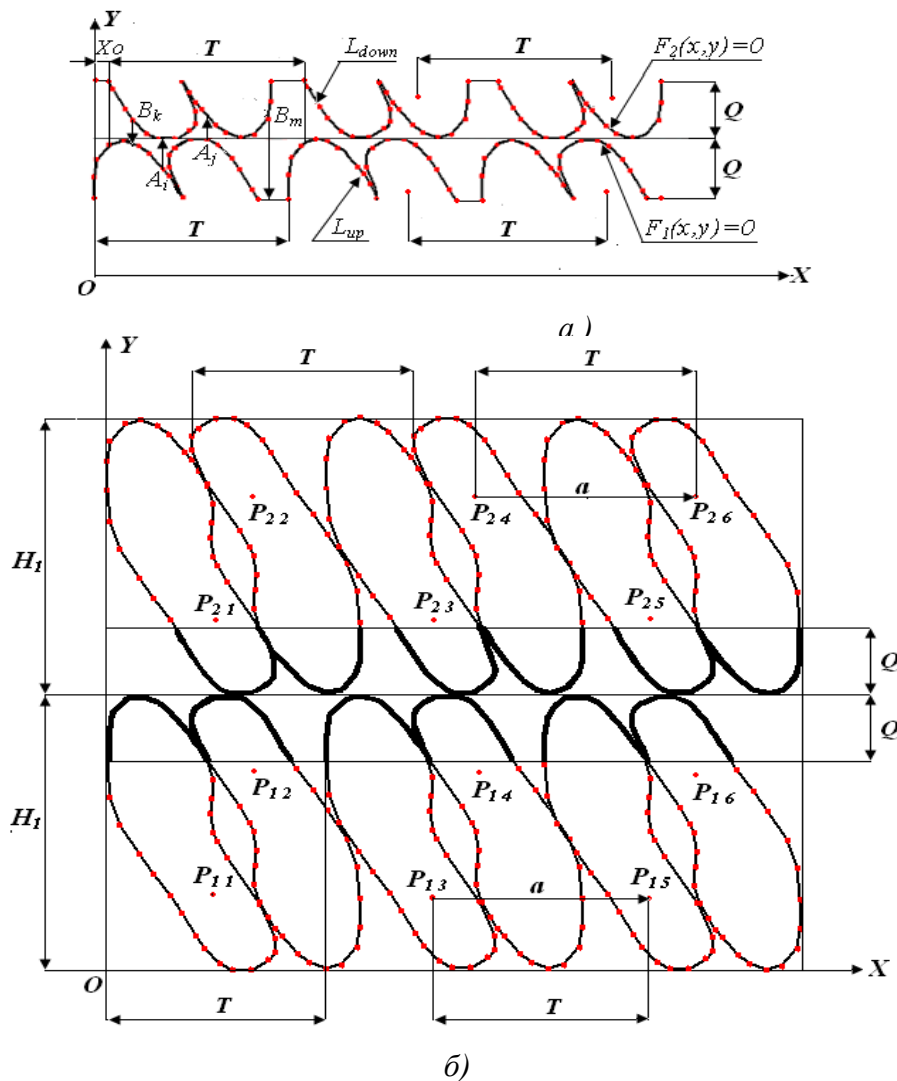


Рис. 2. Щільне суміщення рядів

Для щільного суміщення верхнього ряду з нижнім рядом в секції необхідно визначити величини зсуву верхнього ряду δ_3 , Тобто необхідно для виділених ділянок верхньої границі нижнього ряду та нижньої границі верхнього ряду секції на інтервалі $X_0 \leq X \leq X_0 + T$:

- щільно сумістити прямокутники, що описані навколо верхнього та нижнього рядів у секції(рис. 2.а);
- виділити ділянки верхньої границі нижнього ряду та нижньої границі верхнього ряду секції на інтервалі $X_0 \leq X \leq X_0 + T$ (рис. 2.б);
- з кожної вершини A_i верхньої границі нижнього ряду проведемо вектор $\vec{a}_i$ паралельно вісі OY таким чином, що кінець його дотикається до нижньої границі верхнього ряду секції(рис. 2.б);
- знайти $\delta_a = \min_{i=1,2..n_{up}} \{|\vec{a}_i|\}$;
- з кожної вершини B_j верхньої границі нижнього ряду проведемо вектор $\vec{b}_j$ паралельно вісі OY таким чином, що кінець його дотикається до нижньої границі верхнього ряду секції(рис. 2.б);
- знайти $\delta_b = \min_{j=1,2..n_{down}} \{|\vec{b}_j|\}$;
- знайти $\delta_3 = \min\{\delta_a, \delta_b\}$.

Тоді $H_2 = 2H_1 - \delta_3$ (рис. 1).

Для знаходження $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ необхідно вирішити наступну задачу.

Дано: відрізок AB з координатами вершин $A(X_a, Y_a)$, $B(X_b, Y_b)$ та $C(X_c, Y_c)$ (рис.3).

Знайти довжину $|CO|$ вектора CO враховуючи, що вектор перпендикулярний (рис.3.а)(паралельний (рис.3.б)) вісі OX .



Рис. 3. Знаходження величини вектора зсуву рядів

Знайдемо координати точки $O(X_0, Y_0)$.

Рівняння прямої AB має вигляд [8]:

$$\frac{X - X_a}{X_b - X_a} = \frac{Y - Y_a}{Y_b - Y_a}.$$

Випадок а) Вектор CO перпендикулярний (рис.6.а). Задача має розв'язок, коли виконується наступна умова:

$$\min(X_a, X_b) \leq X_c \leq \max(X_a, X_b).$$

Так як $X_o = X_c$, то з рівняння прямої AB маємо:

$$Y_o = Y_a + \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a} \cdot (X_c - X_a).$$

$$\text{Тоді } |CO| = |Y_o - Y_c| = \left| Y_a - Y_c + \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a} \cdot (X_c - X_a) \right|.$$

Випадок б) Вектор CO паралельний (рис.6.б). Задача має розв'язок, коли виконується наступна умова:

$$\min(Y_a, Y_b) \leq Y_c \leq \max(Y_a, Y_b).$$

Так як $Y_o = Y_c$, то з рівняння прямої AB маємо:

$$X_o = X_a + \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a} \cdot (Y_c - Y_a).$$

$$\text{Тоді } |CO| = |X_o - X_c| = \left| X_a - X_c + \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a} \cdot (Y_c - Y_a) \right|.$$

Визначивши вектори $a\{a_x, 0\}$, $b\{0, b_y\}$, $q\{q_x, q_y\}$ та Xp_{11} , Yp_{11} можна виразити координати полюса будь-якого із розміщених в секції плоского геометричного об'єкту через ці величини наступним чином (рис. 1):

$$Xp_{ij} = Xp_{11} + [i/2] \cdot a_x + (j+1-2 \cdot [(j+1)/2]) \cdot q_x \quad (1)$$

$$Yp_{ij} = Yp_{11} + (i+1) \cdot b_y + (j+1-2 \cdot [(j+1)/2]) \cdot q_y \quad (2)$$

$$i=1,2..Kd, j=1,2..Kr$$

де $Kd = [(Dl_{mat} - Dl_1)/a_x]$, $Kr_{max} = [(H_{mat} - H_1)/b_y]$ та $Kr = 1,2..Kr_{max}$,

Kr_{max} – максимальна можлива кількість рядів у секціях для заданого плоского геометричного об'єкту.

Врахування сталої відстані між плоскими геометричними об'єктами в математичному описанні системи розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області. При побудові раціональних схем розкрою прямокутної області на плоскі геометричні об'єкти необхідно забезпечити сталість відстані між цими об'єктами в розкрійній схемі, тобто необхідно отримати вирази для координат полюсів деталей, які подібні виразам (3-4) та за враховують сталу технологічну відстань Δ між плоскими геометричними об'єктами при їх щільному розміщенні. Для однозначного визначення параметрів подвійної решітки W необхідно визначити вектори a , b , q . Як уже було показано вище, ці вектори можна визначити через наступні параметри Sh_1 , Sh_2 , Sh_3 , H_1 , H_2 , Xp_{11} , Yp_{11} . Введемо параметри Sh_1^A , Sh_2^A , Sh_3^A , H_1^A , H_2^A , Xp_{11}^A , Yp_{11}^A , аналогічні цим параметрам та які враховують сталу технологічну відстань Δ між плоскими геометричними об'єктами при їх щільному розміщенні. Визначимо параметри Sh_1^A , Sh_2^A , Sh_3^A , H_1^A , H_2^A , Xp_{11}^A , Yp_{11}^A та вектори $a^A\{a_x^A, 0\}$, $b^A\{0, b_y^A\}$ та $q^A\{q_x^A, q_y^A\}$. Очевидно, що (рис. 4):

$$Xp_{11}^A = X_{11} + \Delta, \quad Yp_{11}^A = Y_{11} + \Delta;$$

$$H_1^A = H_1 + \Delta, \quad H_2^A = H_2 + 2\Delta;$$

$$Sh_1^A = Sh_1 + \Delta, \quad Sh_2^A = Sh_2 + 2\Delta, \quad Sh_3^A = Sh_3 + 3\Delta.$$

$$\text{Тоді } a^A\{a_x^A, 0\} = \{Sh_3^A - Sh_1^A, 0\} = \{Sh_3 - Sh_1 + 2\Delta, 0\},$$

$$b^A\{0, b_y^A\} = \{0, H_2^A - H_1^A\} = \{0, H_2 - H_1 + \Delta\},$$

$$q^A\{q_x^A, q_y^A\} = \{Sh_2^A - 2Xp_{11}^A + \Delta, H_1^A - Yp_{11}^A + \Delta\} =$$

$$=\{ Sh_2-2Xp_{11}+\Delta, H_1-Yp_{11}+\Delta \}$$

Визначивши координати точки $P_{11}^{\Delta} (Xp_{11}^{\Delta}, Yp_{11}^{\Delta})$ та вектори $\mathbf{a}^{\Delta} \{a_x^{\Delta}, 0\}$, $\mathbf{b}^{\Delta} \{0, b_y^{\Delta}\}$ та $\mathbf{q}^{\Delta} \{q_x^{\Delta}, q_y^{\Delta}\}$. можна виразити координати полюса будь-якого із розміщених в секції плоского геометричного об'єкту з врахуванням сталості відстані між деталями при їх щільному розміщенні через ці величини наступним чином (рис. 7):

$$Xp_{ij}^{\Delta} = Xp_{11}^{\Delta} + [i/2] \cdot a_x^{\Delta} + (j+1-2 \cdot [(j+1)/2]) \cdot q_x^{\Delta} \quad (3)$$

$$Yp_{ij}^{\Delta} = Yp_{11}^{\Delta} + (i+1) \cdot b_y^{\Delta} + (j+1-2 \cdot [(j+1)/2]) \cdot q_y^{\Delta} \quad (4)$$

$$i=1,2..Kd, j=1,2..Kr$$

де $Kd = [(Dl_{mat} - Sh_1^{\Delta}) / a_x^{\Delta}]$, $Kr_{max} = [(H_{mat} - H_1 - \Delta) / b_y^{\Delta}]$ та $Kr = 1, 2.. Kr_{max}$,

Kr_{max} – максимальна можлива кількість рядів у секціях для заданого плоского геометричного об'єкту.

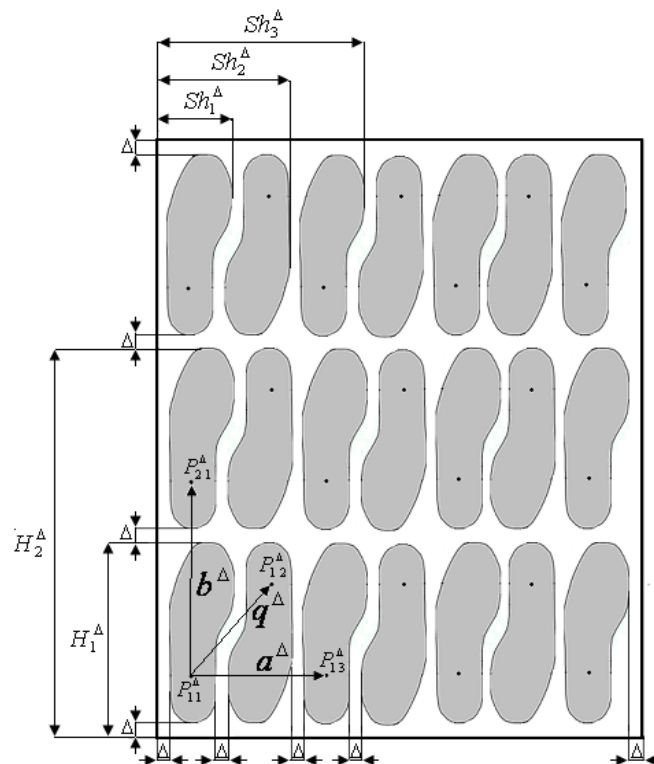


Рис. 4. Врахування сталої відстані між плоскими

Висновки. Запропонований метод автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів для плоских геометричних об'єктів довільної конфігурації зовнішнього контуру дозволив розробити програмне забезпечення для метод автоматичного проектування схем розкрою.

Впровадження програмного продукту у виробництво дозволить підвищити продуктивність праці технолога в підготовчо-розкрійному виробництві при підготовці схем розкрою та ефективність використання матеріалів, дозволить впровадити в розкрійне виробництво автоматизовані розкрійні комплекси.

Запропонований метод автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів для плоских геометричних об'єктів довільної конфігурації зовнішнього

контуру можна в подальшому після доопрацювання можна використати для автоматичного проектування раціональних схем розкрою рулонних матеріалів.

Література

1. Волошин А. Т. Совершенствование организации и планирования подготовительно-раскройного производства кожгалантерейных предприятий: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Т. Волошин – К.: 1984. – 22 с.
2. Жбанков Ю. Б. Поиск множества экономических вариантов схем раскроя листовых материалов на детали низа / Ю.Б. Жбанков, А. Н. Калита, Ю. Г. Свистунов // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 1984. – №3. – С. 70-73.
3. Шишкіна О.О. Дослідження впливу лінійних розмірів деталей взуття на використання гуми при розрубі / О.О. Шишкіна, Л.Т. Свістунова // Вісник Технологічного університету Поділля. - 2001. - №5. - С. 110-112.
4. Платонова О.О. Проектування комбінованих схем розкрою рулонних матеріалів на деталі взуття: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.О. Платонова – К.: 2003. – 24 с.
5. Wu Y.L. An effective quasi-human based heuristic for solving the rectangle packing problem. / Y.L. Wu, S. Huang, C.K. Lau , G.H Young.// Eur. J. of Oper. Res., 2002. -P.141-162.
6. Стоян Ю.Г. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов / Ю.Г. Стоян, Н.И. Гиль. – К.: Наукова думка, 1976, – 256 с.
7. Чупринка В.І. Автоматичне проектування схем розкрою листових матеріалів для плоских геометричних об'єктів/ В.І. Чупринка, Г. Ю. Зелінський, Н.В. Чупринка // Вісник КНУТД. – 2017. – № 6. – С. 49-58.
8. Ильин В.А. Аналитическая геометрия / В.А. Ильин, Э.Г. Позняк. – М.:Издательство “Наука”, Главная редакция физико-математической литературы. 1975, – 243 с.

References

1. Voloshin A.T. (1984.) *Sovershenstvovaniye organizatsii i planirovaniya podgotovitel'no- raskroynogo proizvodstva kozhgalantereynykh predpriyatiy* [Perfection of the organization and planning of preparatory-cutting production of leather goods enterprises]: Extended abstractct of candidate's thesi. Kyiv:[in Russian].
2. Zhbakov Yu. B., Kalita A. N., Svistunov Yu. G. (1984) *Poisk mnozhestva ekonomichnykh variantov skhem raskroya listovykh materialov na detali niza* [Search for a number of economical options for cutting sheet materials on the bottom details] *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti*. — News of Higher Educational Establishments. Technology of light industr, 3, 70-73. [in Russian].
3. Shyshkina O. O., Svistunova, L. T. (2001) *Doslidzhennya vplyvu liniynykh rozmiriv detaley vzuttya na vykorystannya humy pry rozrubi* [Investigation of the influence of linear dimensions of shoe parts on the use of rubber at cutting] *Visnyk Tekhnolohichnoho universytetu Podillya*. – Bulletin of the Technological University of Podillya, Vol. 5, 110-112 [in Ukraine].
4. Platonova O. O. (2003) *Proektuvannya kombinovanykh skhem rozkroyu rulonnykh materialiv na detali vzuttya* [Designing of combined schemes of cutting roll materials on details of footwear]Extended abstractct of candidate's thesi. Kyiv: [in Ukraine].
5. Wu Y. L. An effective quasi-human based heuristic for solving the rectangle packing problem. / Y. L. Wu, S. Huang, C. K. Lau , G. H Young. // Eur. J. of Oper. Res., 2002. -P.141-162.
6. Stoyan Yu. G., Gil' N. I. (1976) *Metody i algoritmy razmeshcheniya ploskikh geometricheskikh ob'yektov* [Methods and algorithms for placing planar geometric objects]– Kyiv: Naukova dumka[in Ukraine].
7. Chuprynka V. I., Zelinsky G. U., Chuprynka N. V.(2017) *Avtomatichne proektuvanya skhem rozkroyu lystovykh materialiv dlya ploskykh heometrychnikh obyektiv* [Automatic planning cutting schemes of sheets for flat geometric objects] *Visnyk KNUTD*. – KNUTD Bulletin, 6, 49-58 [in Ukraine]..
8. Yl'yn V. A. & Poznyak, E. H. (1975) *Analytycheskaya heometryya*. [Analytic geometry]– Moscow:Yzdatel'stvo “Nauka”, Hlavnaya redaktsyya fyzyko-matematycheskoy lyteratury[in Russian].

CHUPRYNKA NATALIA

Natasha-chup@ukr.net;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1507-489X> ;
Kiev National University of Technologies & Design

CHUPRYNKA VICTOR

Chuprinka_V_I@ukr.net;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6869-3091> ;
Kiev National University of Technologies & Design

ZELINSKIY HRYHORIY

gzelinskiy@gmail.com;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4138-6670>;

Kiev National University of Technologies & Design

**МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ПРЯМОУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ РАСКРОЯ
ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

ЧУПРИНКА В. И., ЗЕЛИНСКИЙ Г. Ю., ЧУПРИНКА Н. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработать метод автоматического определения параметров прямоугольной решетки для проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов.

Методика. Использованы методы аналитической геометрии и прикладной математики для определения параметров прямоугольной решетки для проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов.

Результаты. В работе был предложен метод автоматического определения параметров прямоугольной решетки для проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов.

Научная новизна. Предложен метод автоматического определения параметров прямоугольной решетки, который более эффективен существующих при проектировании рациональных схем раскроя листовых материалов.

Практическая значимость. Результаты теоретических исследований были реализованы в программный модуль для автоматического определения параметров прямоугольной решетки, который позволил разработать программный продукт для автоматического проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов. Разработанный программный продукт может быть использован в легкой промышленности для автоматического проектирования рациональных схем раскроя листовых материалов на детали обуви и других отраслях промышленности при раскрое листовых материалов на плоские геометрические объекты.

Ключевые слова: плотное размещение, схема раскроя, прямоугольная решетка, программное обеспечение.

**METHOD OF AUTOMATIC DETERMINATION OF PARAMETERS OF
RECTANGULAR GRID FOR DESIGNING OF SCHEMES OF SHEET MATERIALS
CHUPRYNKA V. I., ZELINSKY G. U., CHUPRYNKA N. V.**

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. To develop a method for automatically determining the parameters of a rectangular grid for designing rational schemes for cutting sheet materials.

Methodology. The methods of analytical geometry and applied mathematics are used to determine the parameters of a rectangular lattice for the design of rational schemes for cutting sheet materials.

Findings. In the paper, a method was proposed for automatically determining the parameters of a rectangular lattice for designing rational schemes for cutting sheet materials.

Originality. A method is proposed for automatic determination of the parameters of a rectangular lattice, which is more effective when designing rational schemes for cutting sheet materials.

Practical value. The results of theoretical studies were implemented in the software module for automatic determination of the parameters of a rectangular lattice, which allowed to develop a software product for the automatic design of rational schemes for cutting sheet materials. The developed software product can be used in the light industry to automatically design rational schemes for cutting sheet materials on parts of footwear and other industries when cutting sheet materials on flat geometric objects.

Key words: dense placement, cutting layout, rectangular grille, software.