

ПОБУДОВА РАЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ РОЗКРОЮ БАГАТОШАРОВИХ НАСТИЛІВ НА ДЕТАЛІ ВЗУТТЯ З УРАХУВАННЯМ КОМПЛЕКТНОСТІ І РОЗМІРНОГО АСОРТИМЕНТУ

В роботі запропоновано три постановки задачі розкрою багатошарового настилу відповідно до пріоритетів економії матеріалу та підвищення продуктивності праці. Наведено спосіб розрахунку кількості шарів матеріалу, що забезпечує мінімальні перевитрати матеріалу на виготовлення зайвих комплектів за умови некратності кількості комплектів та шарів настилу. Надані рекомендації щодо підвищення відсотку використання матеріалу та продуктивності праці.

Three task of multi-layered cutting out in accordance with priorities to the economy of material and increase of the working efficiency are in-process offered. A method of calculation of amount of layers of material is introduced. A method provides the minimum overexpenditure of material on making of superfluous complete sets on condition of not multiplicity of amount of complete sets and layers of flooring. The recommendations of increasing of percent of the use of material and working efficiency are given.

Ключові слова: технологія взуття, схеми розкрою, деталі взуття.

Стандартність розмірів і однорідність фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів, штучних і синтетичних шкір дозволяє розкрювати їх багатошаровими настилами. Оскільки рулонні взуттєві матеріали одного кольору можуть мати різні відтінки, усі зовнішні деталі верху взуття викроюють повними комплектами з одного настилу, підбраного за відтінком. Для поліпшення показника використання площі матеріалів багатошаровий настил формують шляхом ділення довжини рулону на задане число шарів. Число шарів в настилі залежить від товщини матеріалу, кількості деталей різних найменувань, розкрійного устаткування. Раціональне число шарів в настилі має бути кратним кількості однойменних деталей, що потрібні на пару взуття, тобто двом або чотирьом [1].

Огляд вітчизняної та зарубіжної літератури показав, що дослідження виконувалися в напрямку створення математичних методів побудови щільних укладок деталей на прямокутній площині, тобто мали більш теоретичний характер. Але на реальному взуттєвому виробництві виконується розкрій багатошарових настилів. Тому актуальною є задача розробки математичних методів і програмного забезпечення для проектування раціональних технологічно обґрунтованих схем розкрою багатошарових настилів з комплектним виходом та розмірним асортиментом.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктами дослідження є технологічно обґрунтовані щільні схеми суміщення взуттєвих деталей складної конфігурації. Методами дослідження є методи аналітичної геометрії та обчислювальної математики.

Постановка задачі

Формалізація задачі може здійснюватись одним з варіантів:

1.А Технологічна постановка задачі автоматизованої підготовки схем розкрою багатошарового настилу рулонних матеріалів заданої довжини на деталі взуття

На багатошаровому рулонному матеріалі максимально допустимої довжини W_m і ширини H_m та з кількістю шарів r розмістити максимальну кількість комплектів деталей заданої моделі з урахуванням розмірного асортименту таким чином, щоб відсоток використання заповненої зони $W_p * H_m$ був максимальним і виконувались наступні технологічні вимоги:

- враховувати крайовий відхід d ;
- враховувати міжшаблонний місток Δ ;
- орієнтувати деталі під кутами 0° або 180° ;
- забезпечувати неперетин контурів деталей між собою;
- забезпечувати неперетин контурів деталей з границями матеріалу;
- забезпечувати не перебільшення робочої довжини матеріалу $W_p \leq W_m$, де W_m – довжина рулону при рулонній подачі або довжина розкрійного столу при роботі з настилами;

- забезпечувати не перебільшення допустимої кількості шарів $r \leq R_{max}$.

1.Б Технологічна постановка задачі автоматизованої підготовки схем розкрою багатошарового настилу рулонних матеріалів при заданій кількості комплектів на деталі взуття

На багатошаровому рулонному матеріалі максимальної довжини W_m і ширини H_m та з кількістю шарів r раціонально розмістити визначену кількість комплектів C деталей заданої моделі з урахуванням розмірного асортименту таким чином, щоб відсоток використання заповненої зони $W_p * H_m$ був максимальним і виконувались технологічні вимоги, як в задачі 1.А.

1.В Технологічна постановка задачі автоматизованого проектування схем розкрою багатошарового настилу рулонних матеріалів допустимої кількості шарів на деталі взуття заданої

кількості комплектів

На багат шаровому настилі рулонних матеріалів визначеному максимальною довжиною Wm і шириною Hm розмістити кількість комплектів C деталей заданої моделі з урахуванням розмірного асортименту на такій допустимій кількості шарів, щоб число надлишкових комплектів було мінімальним і виконувались технологічні вимоги як у задачі 1.А.

Якщо матеріал має відносно невелику вартість (наприклад, матеріал на підкладку) і пріоритетним напрямом розв'язку задачі є підвищення продуктивності праці розкрійника і зменшення кількості ударів різачка, то при некратності кількості комплектів і кількості шарів матеріалу доцільно викроїти надлишкову кількість комплектів, а зайві деталі будуть вважатися втратами матеріалу.

Якщо матеріал має високу вартість (наприклад, штучна шкіра), то пріоритетним напрямом розкрою є перш за все його економія. По-перше необхідно підрахувати кількість комплектів на одному шарі $C^1 = C/r$. Якщо C^1 -ціле, то ця задача тотожна задачі 1Б.

Якщо C^1 не ціле, то в цьому разі можливі наступні три випадки:

1) спочатку розв'язати задачу 1.Б для цілого числа $[C^1]$ комплектів, а потім для решти комплектів $Co = C - [C^1] \cdot r$ розв'язати задачу 1.Б для меншого числа шарів матеріалу;

2) викроїти з одного настилу $[C^1] + 1$ комплектів, а зайві деталі перекроїти на деталі менших розмірів інших моделей;

3) розв'язати задачу 1.В для такої технологічно допустимої кількості шарів матеріалу, при якій надлишок викроєних деталей буде найменшим.

Кількість деталей у ростовці, як правило, розподіляється за законом нормального розподілу. При цьому крайні розміри ростовки мають кількість комплектів, яка у десятки разів менша, ніж у найбільш поширених середніх розмірів. Тому при побудові розкрійної схеми для багат шарового настилу доцільно, як один із варіантів зменшення кількості викроєних зайвих комплектів, проектувати окремо схему розкрою, яка складається з багатчисельних комплектів деталей середніх розмірів, і окремо схему з комплектів деталей малочисельних крайніх розмірів на меншій кількості шарів матеріалу. Такий підхід не тільки дозволить зменшити втрати матеріалу від перекрою зайвих деталей, а і скоротить час комп'ютерних розрахунків.

Сформулюємо математичні постановки задач розміщення деталей взуття у розкрійній схемі рулонних матеріалів при багат шаровому розкрої.

2.А Математична постановка задачі 1.А

Дано n - різновидів деталей з кількістю i -ї деталі Q_i , $i = \overline{1, n}$, і обмежену r -шарову прямокутну область, задану нерівністю $\begin{cases} \Delta/2 \leq x \leq Wm - \Delta - 2 \\ \Delta/2 + \delta \leq y \leq Hm - \Delta/2 - \delta \end{cases}$, в якій необхідно розмістити максимальну кількість комплектів деталей таким чином, щоб відсоток використання P заповненої області $Wp \cdot Hm$ був максимальним.

Нехай C^1 – кількість комплектів, розміщених на одному шарі. Тоді $C = C^1 \cdot r$. Відсоток

використання матеріалу визначається як:
$$P = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot C \cdot Sd_i)}{Wp \cdot Hm \cdot r} = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot C^1 \cdot r \cdot Sd_i)}{Wp \cdot Hm \cdot r} = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot C^1 \cdot Sd_i)}{Wp \cdot Hm}.$$

Тоді функція цілі має вигляд (1) при обмеженнях (2)– (3):

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot C^1 \cdot Sd_i)}{Wp \cdot Hm} \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$Q_i \cdot C - \partial \leq a_i \leq Q_i \cdot C, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

$$Q_i, a_i \in N_0, \quad C, C^1 \in N \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

де Sd_i – площа i -ї деталі,

Wp – практична довжина розкрійної схеми, $Wp \leq Wm$;

∂ – допустиме відхилення кількості многокутників від плану задачі;

a_i – реальна кількість розміщених многокутників i -го виду.

2.Б Математична постановка задачі 1.Б

Дано n - різновидів деталей з кількістю i -ї деталі Q_i , $i = \overline{1, n}$ і обмежену r - шарову прямокутну

область, задану нерівністю $\begin{cases} \Delta/2 \leq x \leq Wm - \Delta/2 \\ \Delta/2 + d \leq y \leq Hm - \Delta/2 - d \end{cases}$, в якій необхідно розмістити кількість комплектів C

деталей таким чином, щоб відсоток використання заповненої області P був максимальним.

Нехай C^1 – кількість комплектів, теоретично розміщених на одному шарі. Тоді $C^1 = [C/r]$.

Необхідно перевірити скільки комплектів реально може бути розміщене $C^{1r} = \frac{Wm \cdot Hm \cdot P}{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot Sd_i}$ у області

$Wm \cdot Hm$. Залежно від величини C^1 виникають дві різні підзадачі:

Підзадача 1. $C^{1r} \geq C^1$, кількість комплектів C^1 вкладається на довжині Wm . Необхідно перейти до задачі 2.А, вважаючи, що на r шарах необхідно вкласти максимальну кількість комплектів, що дорівнює C .

Підзадача 2. $C^{1r} < C^1$, кількість комплектів C^1 не вкладається на довжині Wm . Необхідно виконати наступні кроки:

1. Визначити цілу кількість повністю заповнених шарів матеріалу $r' = \lfloor C / C^{1r} \rfloor$;

2. Визначити кількість комплектів Co , які не вклалися на r' , розрахунок Co провести за формулою

$$Co = C - C^{1r} \cdot r';$$

3. Розв'язати задачу 2.А. для r' шарів;

4. Визначити необхідну кількість шарів r'' для розкрою Co комплектів. Розв'язати задачу 2.А для r'' шарів та максимальної кількості комплектів Co .

2.В Математична постановка задачі 1.В

Дано n - різновидів деталей з кількістю i -ї деталі Q_i , $i = \overline{1, n}$ і допустимий діапазон шарів $r \in [R \min, R \max]$, кожен з яких має прямокутну форму, задану нерівністю
$$\begin{cases} \Delta/2 \leq x \leq Wm - \Delta/2 \\ \Delta/2 + d \leq y \leq Hm - \Delta/2 - d \end{cases}$$

Необхідно вибрати таку кількість шарів із діапазону, яка забезпечить укладання кількості комплектів C деталей з мінімальною кількістю перевитрат матеріалу на зайві комплекти і відсотком використання заповненої області P вищим за нормативний.

Алгоритм вибору кількості шарів матеріалу із технологічно допустимого діапазону залежно від перевитрат матеріалу на виготовлення зайвих комплектів

Позначимо через r розрахункову кількість шарів настилу, необхідну для розміщення заданої кількості комплектів кожного розміру $C_{\hat{j}}$, де $\hat{j} \in [1, krm]$, krm – кількість розмірів моделі.

Нехай $R \min = 2$, а $R \max$ максимальна технологічно допустима фактична кількість шарів настилу матеріалу. Одному розрахунковому шару відповідає два фактичних.

Виконати наступні j ітерації, на кожній з яких r послідовно приймає значення із діапазону $[R \min/2, R \max/2]$, де $j \in [1, kj]$, kj – кількість значень, які приймає r . Кожна ітерація містить чотири кроки:

1. Підрахувати цілу кількість комплектів на 1-му шарі за формулою $C_{j, \hat{j}}^1 = \left\lfloor \frac{C_{\hat{j}}}{r_j} \right\rfloor$ для кожного

розміру ростовки, де $\hat{j} \in [1, krm]$, krm – кількість розмірів моделі.

2. Розрахувати кількість не вкладених комплектів $Co_{j, \hat{j}} = C_{\hat{j}} - C_{j, \hat{j}}^1 \cdot r_j$. Якщо $Co_{j, \hat{j}} \neq 0$, тоді збільшити $C_{j, \hat{j}}^1$ на 1.

3. Визначити кількість зайвих комплектів $\hat{Co}_{j, \hat{j}} = C_{j, \hat{j}}^1 \cdot r_j - C_{\hat{j}}$ кожного розміру та сумарну кількість зайвих комплектів $\sum_{j=1}^{krm} \hat{Co}_{j, \hat{j}}$.

4. Присвоїти r_j наступне значення із діапазону. Якщо $r_j > R \max/2$, тоді вийти з циклу, інакше перейти до кроку 1.

Нехай $Sc_{\hat{j}}$ – площа комплекту деталей \hat{j} -го розміру. Тоді відносна площа зайвих комплектів

визначається як $Sc_j^* = \frac{\sum_{\hat{j}=1}^{krm} Sc_{j, \hat{j}} \cdot \hat{Co}_{j, \hat{j}}}{\sum_{\hat{j}=1}^{krm} Sc_{j, \hat{j}} \cdot C_{\hat{j}}}$, а відносна кількість зайвих комплектів у загальній кількості

$\hat{C}o_j^* = \frac{\sum_{j=1}^{krm} \hat{C}o_{j, \hat{j}}}{\sum_{j=1}^{krm} C_{j, \hat{j}}}$. Відсоток відносних перевитрат матеріалу r_j^* на виготовлення зайвих комплектів

визначається як $r_j^* = Sc_j^* \cdot \hat{C}o_j^* \cdot 100\%$. Відсоток відходів матеріалу, обумовлений вкладанням зайвих

комплектів визначається як $Ps_j^* = \frac{\sum_{\xi=1}^{krm} Sc_{j, \xi} \cdot \mathcal{E}o_{j, \xi}}{Hm_j \cdot Wm_j \cdot r_j \cdot 2} \cdot 100\%$, де Hm_j, Wm_j – відповідно ширина та довжина використаної області настилу з кількістю шарів r_j .

- Можливо вибрати кількість шарів за наступними критеріями:

- найменшим відсотком перевитрат матеріалу на виготовлення зайвих комплектів $\min_{j=1..kj} (r_j^*)$;

- найменшим сумарним надлишком комплектів $\min_{j=1..kj} (\sum_{\xi=1}^{krm} \mathcal{E}o_{j, \xi})$;

- найменшим відсотком відходів матеріалу, обумовленим вкладанням зайвих комплектів $\min_{j=1..kj} (Ps_j^*)$

У випадку однакових величин надлишку вибирають варіант із більшою кількістю шарів. Кількість фактичних шарів матеріалу становить $2r$.

При визначеній кількості шарів r , ця задача тотожна задачі 2.Б.

Іноді технологам для прийняття рішень важливо мати інформацію про максимальну кількість шарів матеріалу при якій будуть відсутні надлишкові комплекти. Максимальна кількість фактичних шарів настилу без надлишкових комплектів дорівнює $2NSD$, де NSD – найбільший спільний дільник серед чисел, що відповідають кількостям комплектів C_{ξ} . Величина $2NSD+1$ відповідає кількості шарів з мінімальним надлишком комплектів.

Для знаходження NSD набору натуральних чисел можна використати алгоритм Евкліда з відніманням. З набору вибирається будь-яка пара ненульових чисел, і більше з них (чи будь-яке, якщо вони рівні) замінюється різницею цих чисел. Цей процес повторюється до тих пір, поки не залишиться одне ненульове число. Це число і буде NSD початкового набору.

Результати та їх обговорення

Розроблено алгоритми та програмне забезпечення для побудови схем розкрою багат шарових настилів на деталі взугтя. Дослідження показали, що відсоток використання матеріалу зменшується зі збільшенням кількості шарів, так як різниця між цим показником коливається в межах 0,5-5,4 % для 4-шарових та 12-шарових настилів (див. рис.: 1а). Також було виявлено, що комбіновані схеми (КС) розкрою мають відсоток використання матеріалу на 4-6 % більше, ніж паралелограмно групові схеми (ПГС) для ширин 0,6 та 0,85 м, і на 0,1-4,2 % більше для ширин 1,0-1,5 м. В той же час відсоток деталей невикладених автоматично для КС розкрою на 0,4-18 % менше, ніж для ПГС розкрою (див. рис. 1б).

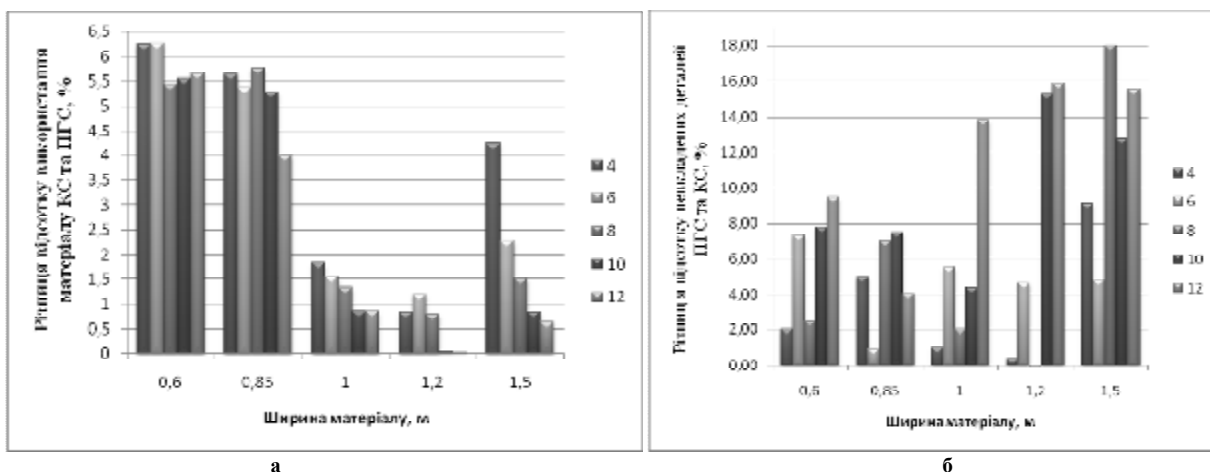


Рис. 1: а) порівняння відсотку використання матеріалу для КС розкрою та ПГС при різній ширині матеріалу (0,6-1,5 м) та зміні кількості шарів від 4 до 12; б) порівняння відсотку автоматично невикладених деталей у ПГС розкрою відносно КС при тих же умовах, що і в а)

На рис. 2 представлена КСР, а на рис. 3– ПГС, побудовані для тих же деталей.

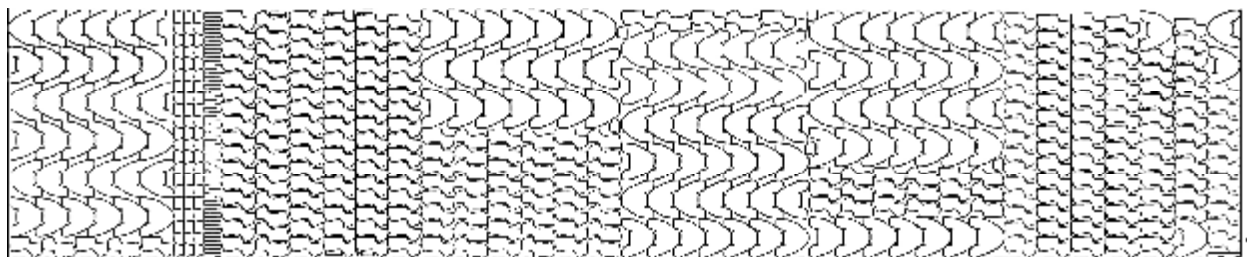


Рис. 2. КС розкрою для 6 шарів матеріалу шириною 1,5 м, міжшаблонний місток 2 мм, ростовка розрахована на 400 пар, відсоток використання 78 %

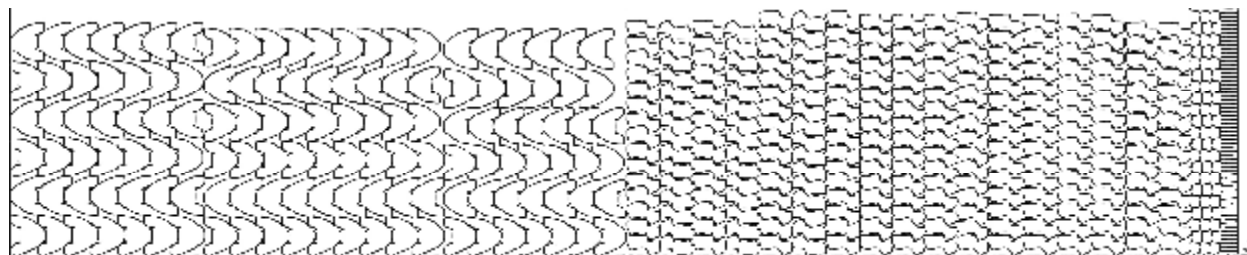


Рис. 3. ПГС розкрою для 6 шарів матеріалу шириною 1,5 м, міжшаблонний місток 2 мм, ростовка розрахована на 400 пар, відсоток використання 75,7 %

Висновки

Огляд вітчизняної і зарубіжної літератури показав, що дослідження проводились для одношарових настилів, в той час як на виробництві застосовують багатошаровий розкрій. В даній роботі запропоновано три постановки задач розкрою багатошарового настилу відповідно до пріоритетів економії матеріалу на виробництві та підвищення продуктивності праці. Наведено спосіб розрахунку кількості шарів матеріалу, що забезпечує мінімальні перевитрати матеріалу на виготовлення зайвих комплектів.

Апробація розробленого програмного забезпечення виявила, що при збільшенні кількості шарів настилу зменшується відсоток використання матеріалу та збільшується кількість автоматично невикладених деталей. Крім того було виявлено, що ПГС розкрою є менш ефективними, ніж КС розкрою за всіма показниками. Отже, для економії матеріалу доцільно будувати комбіновані розкрійні схеми з мінімально технологічно допустимою кількістю шарів. Якщо ж пріоритетним є підвищення продуктивності праці, то доцільно кроїти максимально допустиму кількість шарів з додаванням невикладених деталей у інтерактивному режимі.

Література

1. Зыбин Ю.П. Технология изделий из кожи. / Зыбин Ю.П. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 464 с.
2. Універсальний довідник взуттєвика: навчальний посібник // В.П. Коновал, С.С. Гаркавенко, Л.Д. Свістунова та ін. – К.: Либра, 2005. – 720 с.
3. Довнич И.И. Технология производства обуви. – М.: Академия, 2004. – 288 с.

Надійшла 2.5.2010 р.