

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ЗУСИЛЛЯ ВИСІКАННЯ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

*Розв'язано задачу моделювання зв'язків між критеріями, які впливають на зусилля висікання. Одержано модель ієрархії критеріїв, що впливають на фактичні зусилля висікання.*

*The simulation task of bonding of criterions of effort cutting has been released. The hierarchy criterions model with influences on real cutting efforts received.*

### 1. ВСТУП

Для виявлення взаємозв'язків між факторами, що впливають на якість готового пакування, розглянемо найбільшу групу факторів – фактори впливу на зусилля висікання, адже зусилля висікання картонних заготовок є основним оперативним параметром. Інформація про зусилля висікання і виявлення причин, що на них впливають необхідна як для силових розрахунків преса так і для об'єктивного керування технологічним процесом, зокрема – з метою зменшення технологічних навантажень.

Використаємо при цьому нетрадиційні для подібних задач засоби теорії графів і математичного моделювання. Наявність деякої множини критеріїв, що мають відношення до зусилля висікання, породжує значну кількість можливих зв'язків між ними. У зв'язку з цим суттєвим завданням є встановлення мінімально повної кількості зв'язків між критеріями, достатньої для адекватної оцінки їх інтегрального впливу на якість обрізування [1].

### 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Аналіз багатьох факторів за суттю та ступенем впливу на остаточний продукт уможливив їх групування та об'єднання, виділення узагальнених критеріїв. Нехай сукупність таких критеріїв становить деяку множину

$$z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_n\}$$

---

<sup>1</sup> Українська академія друкарства

Виберемо з цієї сукупності підмножину  $z_1 \in z$  найбільш суттєвих критеріїв:

- $z_1$  – зусилля висікання;
- $z_2$  – технологічно-необхідні зусилля висікання;
- $z_3$  – приправка штанцювальної форми;
- $z_4$  – кут заточування висікальної лінійки;
- $z_5$  – радіус заокруглення крайки ріжучого леза лінійки;
- $z_6$  – конфігурація розгортки;
- $z_7$  – параметри точності натискної плити;
- $z_8$  – напрямок розміщення волокон;
- $z_9$  – точність виготовлення опорної пластини;
- $z_{10}$  – точність виготовлення компенсаційної пластини;
- $z_{11}$  – структура та товщина оброблюваного картону;
- $z_{12}$  – точність виготовлення висікальних лінійок;

Підмножину критеріїв  $z_1$  та можливі взаємозв'язки між ними подамо у вигляді орієнтованого графа (рис. 2), де у його вершинах – елементи підмножини  $z_1$ , а з'єднуються пари вершин для яких встановлений взаємозв'язок, що вказує на певну залежність одного параметра від іншого.

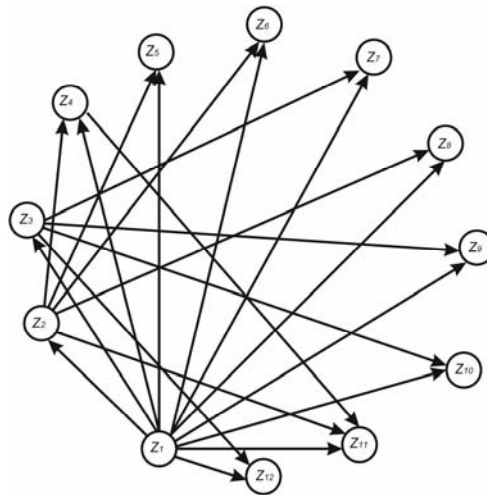


Рис. 2. Граф зв'язків між факторами, що впливають на зусилля висікання

На основі отриманого графа (рис.2) утворюємо бінарну матрицю залежності  $A$  для множини вершин  $z_1$ , яку для зручності представлено у вигляді таблиці (табл. 1), де рядки і стовпці відповідають критеріям, за наступною залежністю:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо критерій } i \text{ залежить від критерію } j \\ 0, & \text{коли критерій } i \text{ не залежить від критерію } j \end{cases}$$

Таблиця 1

	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$	$z_6$	$z_7$	$z_8$	$z_9$	$z_{10}$	$z_{11}$	$z_{12}$
$z_1$	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$z_2$	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
$z_3$	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
$z_4$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
$z_5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z_6$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z_7$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z_8$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z_9$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z_{10}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z_{11}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

З використанням матриці  $A$  будемо матрицю досяжності, що повинна задовольняти умову:

$$(I + A)^{k-1} \leq (I + A)^k \leq (I + A)^{k+1},$$

де  $I$  – одинична матриця.

Побудова матриці подаємо у вигляді таблиці (табл. 2) із бінарними елементами, що визначаються за таким критерієм:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } z_i \text{ потрапити в } z_j \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

Таблиця 2

	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$	$z_6$	$z_7$	$z_8$	$z_9$	$z_{10}$	$z_{11}$	$z_{12}$	$z_{13}$
$z_1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$z_2$	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0
$z_3$	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
$z_4$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
$z_5$	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$z_6$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$z_7$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$z_8$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$z_9$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$z_{10}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$z_{11}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
$z_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Вершина  $z_j$  досягається з вершини  $z_i$ , якщо в графі (рис. 1) існує шлях, який приводить з вершини  $z_i$  до вершини  $z_j$ . Така вершина називається досягнутою ( $S(z_i)$ ).

Вершина  $z_i$  є попередницею вершини  $z_j$ , якщо вона досягається з цієї вершини ( $P(z_j)$ ).

Певний рівень ієрархії пріоритетності дії обраних критеріїв, що впливають на зусилля висікання визначаємо із перетину підмножин досягнутих вершин та вершин попередниць.

Для ідентифікації рівнів ієрархії критеріїв будемо вихідну таблицю за допомогою матриці досяжності (табл.3).

Для визначення положення в ієрархії повинна виконуватись рівність:

$$R(z_i) = P(z_i).$$

Як видно із таблиці 1 така рівність виконується для критерію під першим номером. Це і буде критерій, який вважатимемо найнижчим.

Згідно відомого методу [1], викидаємо з табл.1 рядок 1, а в другому і третьому стовбцях цієї таблиці викреслюємо цифру 1. Одержимо таблицю (табл. 4) – основу для обчислення другої ітерації чергового рівня ієрархії.

Таблиця 3

Вихідна таблиця визначення ієрархії критеріїв

$z_i$	$S(z_i)$	$P(z_i)$	$S(z_i) \cap P(z_i)$
1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	1	1
2	2,4,5,6,7,8,11	1,2	2
3	3,7,9,10,12	1,3	3
4	4,11	1,2,4	4
5	5	1,2,5	5
6	6	1,2,6	6
7	7	1,3,7	7
8	8	1,2,8	8
9	9	1,3,9	9
10	10	1,3,10	10
11	11	1,2,4,11	11
12	12	1,3,12	12

В другій ітерації необхідна рівність виконується одночасно для кількох критеріїв – для критеріїв з номером 2 (технологічно-необхідні зусилля висікання) та з номером 3 (приправка штанцювальної форми), що дозволяє розмістити ці два критерії на одному ієрархічному рівні.

Виконуючи дії, аналогічні попереднім ітераціям, одержимо для наступного рівня критерії: 4 – кут заточування висікальної лінійки, 5 – радіус заокруглення крайки ріжучого леза лінійки, 6 – конфігурація розгортки, 7 – параметри точності натискної плити, 8 – напрямок розміщення волокон відносно висікальної лінійки, 9 – точність виготовлення опорної пластини, 10 – точність виготовлення компенсаційної пластини, 12 – точність виготовлення висікальних лінійок. І на останньому рівні ієрархії залишається критерій 11 – товщина оброблюваного картону. В результаті виконаних дій одержимо ієрархічно структуровану модель (рис. 2) пріоритетності впливу вибраних критеріїв на зусилля висікання.

Таблиця 4

Таблиця визначення другої ітерації ієрархії критеріїв

$z_i$	$S(z_i)$	$P(z_i)$	$S(z_i) \cap P(z_i)$
2	2,4,5,6,7,8,11	2	2
3	3,7,9,10,12	3	3
4	4,11	2,4	4
5	5	2,5	5
6	6	2,6	6
7	7	3,7	7
8	8	2,8	8
9	9	3,9	9
10	10	3,10	10
11	11	2,4,11	11
12	12	3,12	12

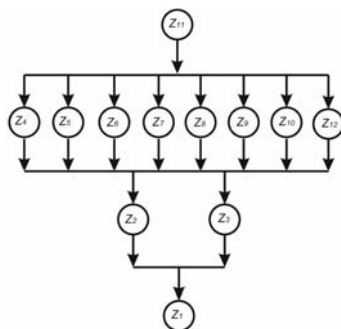


Рис. 2. Модель ієрархії критеріїв, що впливають на зусилля висікання

### 3. ВИСНОВОК

Одержано реальну модель, яка визначає рівень впливу вибраних критеріїв на зусилля висікання розгортки картонних пакувань. Цікавим є той факт, що зусилля висікання розгортки в першу чергу залежить від картону, що використовується для виготовлення пакування – його структури, товщини, жорсткості і т.п. Другорядною за важливістю є група критеріїв, що мають відношення до неточностей виготовлення складових елементів преса, геометричних параметрів інструменту висікання і його точності, а також конфігурації розгортки пакування, що виготовляється.

Розташування зазначених критеріїв на певному відповідному ієрархічному рівні відбувається цілком об'єктивно, що забезпечується використанням відомих засад теорії системного аналізу, теорії моделювання, методології дослідження і розв'язання проблем.

1. Лямець В.І., Тевяшев А.Д. Системный анализ. Водный курс. – 2-е изд., Харьков: ХНУРЕ, 2004. – 448 с. Рос. мовою.
2. Дурняк Б.В., Піх І.В., Сеньківський В.М. Системний аналіз та оптимізація параметрів книжкових видань: Монографія. – Львів: Українська академія друкарства, 2006. – 197 с.
3. Куликовський Н.Ф., Мотов В.В. Теоретические основы информационных процессов. – М.: Высш. шк., 1987. – 248 с.
4. Хведчин, Ю. И. Резальные машины и комплексы POLAR : учеб.пос. / Ю. И. Хведчин, Ю. А. Шостачук, М. Оучар. – К. : ПКТ "СТ-Друк", 2004. – 204 с.
5. Терницький С. В. Дослідження технологічно-необхідних зусиль висікання розгортки картонних пакувань //Упаковка : Журнал для виробників та споживачів тари і упаковки. - 2011. - №3. - С. 28 – 31.
6. Банах Ю.О. Експериментальне дослідження процесу ітанцювання на пресах тигельного типу з підвищеною точністю базування його робочих органів// Поліграфія і видавнича справа, №34.- Львів, УАД, 1998 – С.159-163.
- 7.Регей І.І. Споживче картонне пакування (матеріали, проектування, обладнання для виготовлення): навч. посіб. – Львів: УАД, 2011. – 144 с.