

УДК 686.12.056

В.Ц. Жидецький

**МАТЕМАТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ
ЕКСПЕРИМЕНТУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ
БЕЗВИСТІЙНОГО ВІБРАЦІЙНОГО
ОБРІЗУВАННЯ КНИЖКОВИХ
ТА БРОШУРНИХ БЛОКІВ**

Традиційне обрізування книжкових та брошурних блоків, що виконується під час вистою продукції, здебільшого стримує зрос-

тання продуктивності потокових брошуровально-палітурних ліній. Розробка процесу безвистійного вібраційного обрізування книжково-журнальної продукції дозволить збільшити продуктивність, підвищити якість обрізу, понизити силові параметри процесу.

За схемою безвистійного вібраційного обрізування (див. рисунок), в траковій транспортері 1, що рухаються з постійною швидкістю V , вводиться книжковий (брошурний) блок 2, який після затиснення подається на різальний інструмент 3, встановлений під гострим кутом α до напрямку переміщення блоків. Різальному інструменту, – а це плоский ніж з односторонньою заточкою, – передається вібрація вздовж його леза.

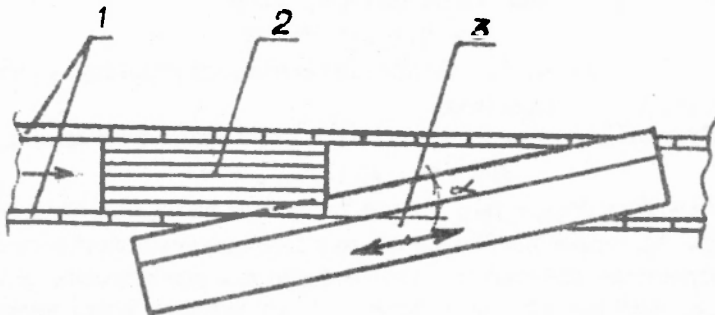


Схема безвистійної вібраційної обрізки книжкових та брошурних блоків.

Для проведення основних експериментальних досліджень безвистійного вібраційного обрізування книжкових та брошурних блоків необхідно мати апріорну інформацію про досліджуваний процес. З цією метою здійснено попередні експерименти, що дозволили встановити вплив різних технологічних параметрів на якісні та силові характеристики процесу. Попередні однофакторні експерименти показали, що вплив кожного фактора залежить від того, на якому рівні виставлені інші фактори. Це свідчить про взаємодію факторів. Щоб виявити цю взаємодію, а також одержати максимум суттєвої інформації з експериментальних даних необхідно використати математичну теорію планування. Ця теорія передбачає дослідження системи як єдиного цілого, без порушень внутрішніх взаємодій, причому одночасно можуть змінюватись декілька факторів, вплив яких на систему досліджується [3]. Для вивчення внутрішніх закономірностей досліджуваного способу обрізування блоків шляхом направленного експерименту необхідно одержати математичну модель процесу, яка дозволить не тільки визначити ступінь впливу кожного фактора на цільову функцію, але і взаємозв'язок між ними. Бажаного

яка дозволить не тільки визначити ступінь впливу кожного фактора на цільову функцію, але і взаємозв'язок між ними. Бажаного результату можна досягти порівняно невеликою кількістю дослідів, якщо вони проводяться на основі попередньо складеного плану зміни факторів, що має необхідні алгебраїчні та статистичні властивості [2].

За результатами попередніх досліджень, вихідним параметром обране зусилля тракових транспортерів в момент обрізки блока – у, при умові одержання якісної поверхні обрізу (див. [4]). Виходячи з аналізу апріорної інформації про безвистійне вібраційне обрізування блоків, а також враховуючи технологічні та розмірні обмеження, вирішено змінювати в дослідях чотири фактори, вплив яких на вихідний параметр у найвагомійший: швидкість подачі блоків V , амплітуду коливань віброножа A , питому масу паперу ρ , розмір лінії різання L . Для підтримання постійних умов досліді проводились "припрацьованим" ножем з радіусом заокруглення леза у межах 17-19 мкм.

Попередні дослідження показали, що на вихідний параметр впливає і орієнтація волокон целюлози у папері. У зв'язку з цим розміщення волокон в блоці відносно площини різання розглядається в кожному окремому випадку для поздовжньої у та поперечної у орієнтації.

Чотири фактори x_1, x_2, x_3, x_4 змінюють свої значення на двох рівнях незалежно від структури паперу. Для зручності застосування матричної алгебри при розрахунках ці рівні закодовані: верхньому рівню відповідає +1, а нижньому -1. Кодування проводиться за допомогою рівнянь перетворення [2]

$$x_{iв} = \frac{x_{iв} - x_{iо}}{\Delta x_i}, \quad x_{iн} = \frac{x_{iн} - x_{iо}}{\Delta x_i}, \quad (i = 1, 2, 3, 4),$$

де $x_{iв}, x_{iн}, x_{iо}, \Delta x_i$ – абсолютні значення факторів.

Всі умови (вибрані і розраховані), необхідні для постановки експерименту, наведені в таблиці:

Рівні факторів та інтервали варіації в абсолютних одиницях

Умови експерименту	Позначення	Фактори			
		x_1	x_2	x_3	x_4
Нульовий рівень	$x_{iо}$	0,75	3	0,775	23,65
Інтервал варіації	Δx_i	0,25	2	0,225	9,35
Верхній рівень	$x_{iв}$	1,0	5	1,0	33,0
Нижній рівень	$x_{iн}$	0,5	1	0,55	14,3

Для побудови лінійної математичної моделі процесу безвистійного вібраційного обрізування блока необхідно застосувати повний факторний експеримент (ПФЕ) 2^4 , що має ортогональну

матрицю планування. ПФЕ передбачає проведення досліджень з метою одержання необхідної інформації про вібраційне обрізування блоку, оформлення її у вигляді поліноміальної моделі та статистичний аналіз.

Математична модель, що описує невідому залежність $y = f(V, A, \rho, L)$, представлена у формі алгебраїчного полінома першої степені

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i x_i + \sum_{\substack{l, i=1 \\ l < i}}^4 b_{li} x_l x_i.$$

За планом експерименту (матриці планування) кожний дослід реалізує одну з комбінацій рівнів факторів, а весь експеримент – всі можливі неповторювальні комбінації рівнів. До початку його проведення за таблицею рівномірно розподілених чисел [2] визначаємо випадкову послідовність проведення як основних, так і повторних дослідів, тобто рандомізуємо точки плану. Після реалізації матриці планування проводиться математична обробка результатів на основі відомих методик [3,5].

Оцінка дисперсій середнього арифметичного в кожному рядку плану експерименту визначалась за формулою

$$S_i^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_{ik} - \bar{y}_i)^2,$$

де y_{ik} – результат окремого дослідів, \bar{y}_i – середнє значення відгуку по повторних дослідів; m – число паралельних дослідів; $k = 1, \dots, m$ – номер паралельного дослідів; i – номер рядка матриці.

Однорідність дисперсій перевіряється за критерієм Кохрена

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^m S_i^2}; \quad G(y) = 0,203, \quad G(y') = 0,145.$$

Оскільки в технічних розрахунках прийнятий 5%-ний рівень значущості, то для $f_1 = m - 1 = 1$ і $f_2 = N = 16$ табличне значення $G = 0,47$. Гіпотеза про однорідність дисперсій $G > G(y, y')$ підтверджується.

Визначаємо дисперсії відтворення при кількості основних дослідів $N = 16$ та кількості повторень $m = 2$ за формулою

$$S_{\text{від}}^2(y, y') = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2(y, y');$$

$$S_{\text{від}}^2(y) = 1194,88; \quad S_{\text{від}}^2(y') = 1667,53.$$

Перевірка дала позитивний результат, експеримент є відтворюваним відносно керованих факторів.

Після розрахунку коефіцієнтів регресії визначасмо їх значущість на основі критерія Стюдента, табличне значення якого $t = 2,12$ [3].

Гіпотеза адекватності математичної моделі перевірялась з використанням F -критерія Фішера, табличне значення якого в нашому випадку $F_{кр} = 2,59$ [2].

Оскільки $F(y) = 1,96$ і $F(y') = 1,71$ менші $F_{кр}$, то умова адекватності виконується.

Таким чином, одержана математична модель, що описує залежність тягового зусилля тракових транспортерів від технологічних параметрів має вигляд

$$\begin{aligned} \hat{y} &= 858,69 + 46,06x_1 - 167,06x_2 + 124,44x_3 + 345,81x_4 + \\ &+ 19,94x_1x_2 + 26,81x_2x_3 - 77,69x_2x_4; \\ \hat{y} &= 952,53 + 54,66x_1 - 180,47x_2 + 134,41x_3 + 360,54x_4 + \\ &+ 20,97x_1x_2 - 22,34x_2x_3 - 95,91x_2x_4; \end{aligned}$$

Ця модель дозволяє оцінити ступінь як самостійного, так і сумісного впливу основних факторів безвистійного вібраційного обрізування блока на вихідний параметр цього процесу. Крім того, за одержаним рівнянням регресії можна розрахувати тягове зусилля з урахуванням орієнтації волокон целюлози при будь-якій комбінації незалежних змінних у вивченому інтервалі їх зміни.

Позитивність математичної моделі полягає також в тому, що на її основі можна здійснити пошук бажаної області факторного простору.

1. А.С. 1286408. Устройство для обрезки книжных блоков / А.Н.Полудов, В.Ц.Жидецкий // Бюл. изобрет. 1987. № 4. 2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. 1976. 3. Боднар А.Г., Стасюха Г.А., Потяженко И.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии. К., 1980. 4. Брошюровочно-переплетные процессы. Технологические инструкции. М. 1982. 5. Статистические методы в инженерных исследованиях / Под ред. Г.К.Круга. М. 1983.

Стаття надійшла до редакції 13.01.93.