

УДК 628.91.678

О.Л.Ляшук<sup>1</sup>, О.В.Фльонц<sup>2</sup><sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя<sup>2</sup>Бережанський агротехнічний інститут

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СИЛ РІЗАННЯ КОНВЕЄРНИХ СТРІЧОК НА СМУГИ

Проведено повнофакторний експеримент ПФЕ  $3^3$  розрізання гладкої конвеєрної стрічки на смуги. Виведені рівняння регресійних залежностей сили різання конвеєрних стрічок дисковими ножами для гумо-тканинних стрічок типу А, Б із синтетичного матеріалу в залежності від товщини стрічки, діаметра ножів і величина кута їх заточування. Побудовані графічні залежності величини сил різання від вище приведених факторів для визначення сил різання і визначенні коефіцієнти регресії для розрізання цих матеріалів.

Ключові слова: Конвеєрна стрічка, повнофакторний експеримент, сила різання, товщина стрічки, діаметр ножів, кут заточування, нарізні плоскі приводи паси, гумопластичні матеріали, еластометри.

Постановка питання. В приводах сільськогосподарських та інших машин широкого застосування набули нарізні плоскі приводи паси, які виготовляються з конвеєрних стрічок (КС) з різних матеріалів. У зв'язку з цим обґрунтування параметрів виготовлення нарізних плоских привідних пасів машин з рулонних заготовок, технологічного оснащення і устаткування, різальних систем і стендів для їх дослідження є актуальною задачею сільськогосподарського машинобудування і науково-технічних їх підрозділів.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження технологічних процесів розрізання КС гумопластичних матеріалів і еластомерів присвячені праці ряду вчених, але однак цілий ряд питань залишилися не вирішеними. В праці Лепетов В.А. [1] приведено проектування і виробництва гумово-технічних виробів, в праці Рублюк О.В. [2] технологія порізки вторинної гумовотканиної сировини, а в праці Логуша І.В.[3] технологія розрізки КС з гумово-кордових заготовок. Однак цілий комплекс питань виготовлення плоских нарізних привідних пасів сільськогосподарських та інших машин потребують свого подальшого опрацювання.

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження технологічного процесу розрізання на смуги з визначенням сили різання з використанням повнофакторного експеримента. Робота виконується згідно постанови Кабінету Міністрів України "Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентноздатною технікою" на 2005...2009 роки.

Результати досліджень. Для визначення впливу геометричних параметрів конвеєрної стрічки та конструктивних параметрів верстата для її розрізання (незалежних факторів  $x_i$ ) на силу різання (параметр оптимізації Р) проведено повнофакторні експерименти, тобто визначення залежності сили різання від зміни трьох основних факторів:

- від товщини стрічки S, діаметра ножів D та кута заточування ножів  $\gamma$ , тобто  $P=f(S,D,\gamma)$ .

Оброблення отриманих даних експериментального масиву проведено за загальновідомими методиками та методами статистичного оброблення з використанням загальновідомих методик кореляційного та регресійного аналізу для отримання у кінцевому результаті емпіричних рівнянь регресії [4, 5]. Для отримання регресійної моделі параметра оптимізації, вибирали відповідний план повнофакторного експерименту, реалізацію якого проводили у наступній послідовності.

Оскільки, під час проведення експериментів змінні незалежні фактори неоднорідні та мають різні одиниці вимірювання, а числа, що виражають значення цих факторів – різні порядки, то їх приводили до єдиної системи обрахунків шляхом переходу від дійсних значень до кодованих представлено в таблиці 1.

Повнофакторний експеримент проводили на трьох рівнях варіювання факторів. Після кодування вхідних факторів склали план-матриці повного факторного експерименту типу ПФЕ  $3^3$  для загального числа дослідів  $N = m^k$ , де m – кількість рівнів варіювання, k – кількість діючих вхідних факторів у експеримент.

З метою достовірної оцінки сили різання конвеєрних стрічок під час проведення експериментальних лабораторних досліджень, необхідну кількість вимірів показників, що контролюються (повторність дослідів), визначали за методикою, викладеною у [4], при цьому досліди проводили у трикратній повторності.

Таблиця 1

Результати кодування факторів та рівні їх варіювання							
Фактори		Позначення		Інтерв. варіов.	Рівні варіювання, натур./кодовані		
		натур.	код.				
1	Товщина конвеєрної стрічки S, мм	$X_1$	$x_1$	4,0	12,0/+1	8,0/0	4,0/-1
	Діаметр ножів D, мм	$X_2$	$x_2$	30,0	150,0/+1	120,0/0	90,0/-1
	Кут заточування ножів $\gamma$ , град	$X_3$	$x_3$	3	18,0/+1	15,0/0	12,0/-1

Отримані результати розрахунків зводили у таблиці результатів експериментальних досліджень. Оброблення отриманих результатів експериментів проводили за допомогою загальновідомої методики та аналізу проведених експериментальних досліджень [4, 5].

Функцію відгуку (параметр оптимізації), тобто силу різання гладкої конвеєрної стрічки  $P^i = f(S, D, \gamma)$ , визначену експериментальним шляхом, представлено у вигляді математичної моделі повного квадратичного полінома [4, 5]:

$$P^i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2, \quad (1)$$

де  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$  - коефіцієнти відповідних значень  $x_i$ ;  $x_1, x_2, x_3$  - відповідні кодовані фактори.

Побудову даних таблиць проведено наступним чином. Вхідними змінними факторами ПФЕ  $3^3$  прийнято:

- товщина конвеєрних стрічок S, яке кодували індексом  $x_1$ ;
- діаметр ножів D, який кодували індексом  $x_2$ ;
- кут заточування ножів  $\gamma$ , який кодували індексом  $x_3$ .

Загальний вигляд рівняння регресії сили різання конвеєрної стрічки залежно від їх товщини, діаметра ножів та кута їх заточування, тобто  $P^i = f(S, D, \gamma)$  за результатами проведених ПФЕ  $3^3$  у кодованих величинах дорівнюють:

- для гумотканинних стрічок типу Б:

$$P_{(x_1, x_2, x_3)}^{\text{Б}} = 2934 + 2656\bar{\alpha}_1 + 697,3\bar{\alpha}_2 + 133,38x_3 + 569,75\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2 + 106,65x_1x_3 + 29x_2x_3 + 497,88\bar{\alpha}_1^2 - 2,26\bar{\alpha}_2^2 - 1,26x_3^2 \quad (2)$$

- для гумотканинних стрічок типу А:

$$P_{(x_1, x_2, x_3)}^{\text{А}} = 3661 + 3321\bar{\alpha}_1 + 872,6x_2 + 166,7x_3 + 712,88\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2 + 133,12x_1x_3 + 36,12x_2x_3 + 623,16\bar{\alpha}_1^2 + 1,16\bar{\alpha}_2^2 + 1,66x_3^2 \quad (3)$$

- для стрічок із синтетичного матеріалу:

$$P_{(x_1, x_2, x_3)}^{\text{Н}} = 4398 + 3985\bar{\alpha}_1 + 1048\bar{\alpha}_2 + 201,06x_3 + 856,5\bar{\alpha}_1\bar{\alpha}_2 + 160,68x_1x_3 + 43,68x_2x_3 + 747,14\bar{\alpha}_1^2 + 0,64\bar{\alpha}_2^2 - 1,36x_3^2 \quad (4)$$

де  $x_1$  - кодоване значення товщини стрічки;  $x_2$  - кодоване значення діаметра ножа;  $x_3$  - кодоване значення кута заточування ножа.

Отримані рівняння регресії (2,3,4) можуть бути використані для визначення залежності сили різання  $P$  конвеєрних стрічок від товщини стрічок, діаметра ножів та кута їх заточування ножів у таких межах зміни вхідних факторів:  $4 \leq S \leq 12$  (мм);  $90 \leq D \leq 120$  (мм);  $12 \leq \gamma \leq 18$  (град).

Під час експерименту проводили дослідження сили різання конвеєрних стрічок виготовлених із різних матеріалів.

Графічні значення результатів представлено в (таблиці 1) залежності сили різання гумотканинних стрічок типу Б з використанням «Mathcad 2000 Professional» наведено на рис. 1-2.

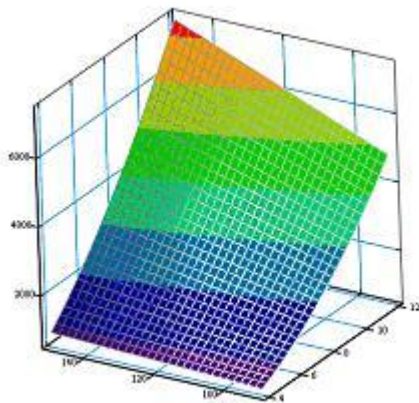


Рис. 1. Поверхня відгуку залежності сили різання  $P_{(S,\gamma)}^B$  гумотканинної конвеєрної стрічки типу Б від товщини стрічки та кута заточування ножів ( $D=120$ мм)

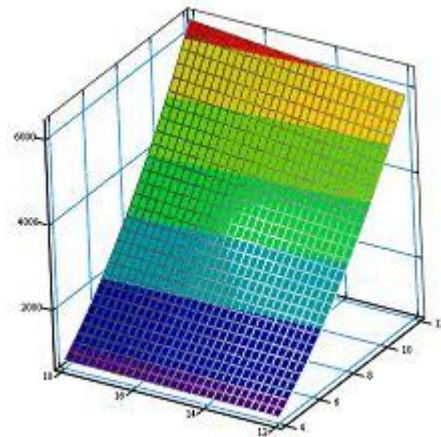


Рис. 2. Поверхня відгуку залежності сили різання  $P_{(S,D)}^B$  гумотканинної конвеєрної стрічки типу Б від товщини стрічки та діаметра ножів ( $\gamma=15^\circ$ )

З рисунків 1-2 видно, що сила різання конвеєрної стрічки найбільше залежить від товщини стрічки і в меншій мірі від діаметра ножів та кута їх заточування. Максимальна сила різання досягає 7000Н.

На рис. 3-4 зображено графічні залежності сили різання гумотканинної конвеєрної стрічки типу А із товщиною матеріалу в межах 4...12мм, дисковими ножами діаметрами 90...150мм.

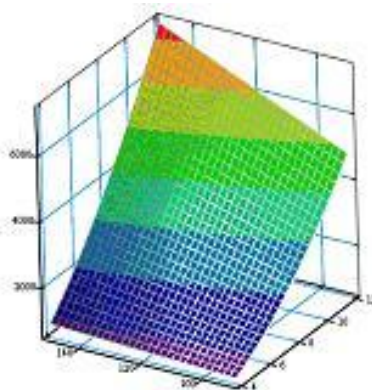


Рис. 3. Поверхня відгуку залежності сили різання  $P_{(S,D)}^A$  гумотканинної конвеєрної стрічки типу А від товщини стрічки та діаметра ножів ( $D=120$ мм)

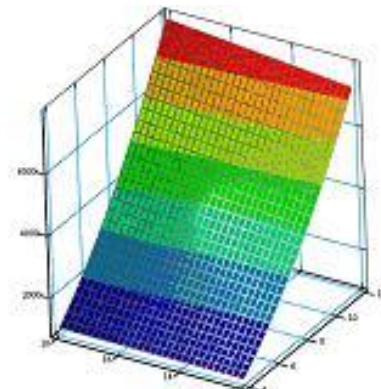


Рис. 4. Поверхня відгуку залежності сили різання  $P_{(S,\gamma)}^A$  гумотканинної конвеєрної стрічки типу А від товщини стрічки та кута заточування ножів ( $\gamma=15^\circ$ )

З рисунків 3-4 видно, що із збільшенням товщини матеріалу гумотканинної конвеєрної стрічки типу А, зусилля різання збільшується до 7500Н, що на 7% більше, ніж для гумотканинної конвеєрної стрічки типу Б.

На рисунках 5, 6 зображено графічні залежності сили різання конвеєрної стрічки із синтетичного матеріалу, залежно від товщини стрічки, діаметра ножів та кута їх заточування

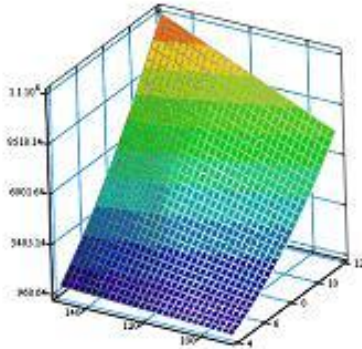


Рис. 5. Залежність сили різання конвеєрної стрічки із синтетичного матеріалу від товщини стрічки та діаметра ножів

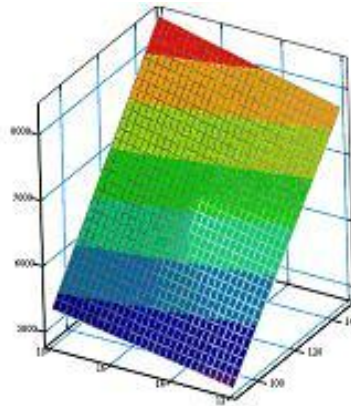


Рис. 6. Залежність сили різання конвеєрної стрічки із синтетичного матеріалу від товщини стрічки діаметра ножів та кута їх заточування

З рисунків 5-6 видно, що змінюючи діаметр ножів від 90 до 150мм, товщину стрічки від 4 до 12мм, і кут заточування ножів від 12° до 18°, залишаючи постійною величину перекривання ножів 5мм, то максимальна сила різання досягає 11000Н, що на 32%-36% більше, ніж для гумовотканинних стрічок

Висновок:

1. На основі проведеного комплексу експериментальних досліджень виведено регресійні залежності для визначення сил різання для гумо-тканинних стрічок типу А, Б із синтетичного матеріалу і визначенні коефіцієнти регресії для розрізання цих матеріалів і встановлено, що суттєво на силу різання впливає товщину стрічки і кут заточування.

2. Побудовані поверхні відгуку сили різання конвеєрних стрічок типу А і Б синтетичного матеріалу в залежності від товщини стрічки, діаметра ножів і кута їх заточування, з використанням програмного забезпечення MathCAD 2000 Professional і встановлено, що максимальна сила різання для синтетичного матеріалу досягає 11000Н, що на 32%-36% більше, ніж для гумовотканинних стрічок

1. Лепетов В.А. Резиновые технологические изделия. 3-е, изд. Л., Химия, 1976, - 440с.
2. Рублюк О.В. Розробка технології одержання виробів з вторинної полімерної сировини. Дисертаційна кандидата технічних наук. 05.02.08. Львів, 1994, 19с.
3. Логуш І.В. Технологічне забезпечення виготовлення стрічок з зубчастих гумово-кордових рулонних заготовок. Авториф. Дисертаційна кандидата технічних наук. 05.02.08. Тернопіль, 2006, 21с.
4. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановський Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных решений. М.: Наука, - 215с.
5. Душинський В.В. Основи наукових досліджень. К.: Вища школа, 2002, - 386с.
6. Патент №33066, Україна. Установка для порізки гладкої конвеєрної стрічки на смуги. Ляшук О.Л., Фльонц О.В. та інші. Бюл.№11, 2008.