

Для круглов'язальної машини КО-2 з діаметром голкового циліндра 450 мм та його лінійною швидкістю 1,1 м/с, використовуючи вихідні дані [5]: $T = 22,7$ Нм (потужність на вертикальному приводному валу 2 кВт; частота обертання вертикального приводного вала 88 об/хв); $R_2 = R_{2max} = 100$ мм; $R_1 = 50$ мм (конструктивно прийнято діапазон варіювання швидкості вертикального приводного вала $D_{var} = \frac{R_{2min} R_{2max}}{R_1^2} = 2$, де R_1 – радіус котка); $f = 0,3$; $C = 20$ Н/мм, одержане рівняння (8) кривизни криволінійної робочої поверхні диска набуває виду:

$$\Delta Y_i = 3,78 \cdot 10^3 \left(\frac{1}{100 - \Delta R_{2i}} - 0,01 \right). \quad (9)$$

Тоді згідно з одержаною залежністю (9) максимальна ордината кривизни робочої поверхні диска (максимальний додатковий стиск пружини варіатора), що має місце при $\Delta R_{2i} = 50$ мм, буде становити: $\Delta Y_{max} = 37,8$ мм, що допустимо для лобових фрикційних варіаторів [6].

Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити висновки, що використання запропонованої конструкції привода в складі круглов'язальної машини дозволяє:

- розширити асортимент приводів круглов'язальних машин;
- підвищити довговічність роботи привода і круглов'язальної машини в цілому за рахунок зниження навантажень елементів привода;
- підвищити продуктивність круглов'язальної машини за рахунок підвищення довговічності роботи привода.

Література

1. Волощенко В.П., Пипа Б.Ф., Шипуков С.Т. Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства. – К.: Техніка, 1977. – 136 с.
2. Орлов В.А., Пипа Б.Ф., Волощенко В.П., Шипуков С.Т. Повышение надежности трикотажного оборудования. – К.: Техніка, 1983. – 112 с.
3. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 209 с.
4. Пипа Б.Ф., Хомяк О.М., Марченко А.І. Приводи круглов'язальних машин (нові розробки та елементи розрахунку). – К.: КНУТД, 2007. – 400 с.
5. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы, 1992. – 86 с.
6. Пронин Б.А., Ревков Г.А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы). – М.: Машиностроение, 1967. – 404 с.

Надійшла 6.2.2010 р.

УДК 678.08

Е.О. ЗОЛОТЕНКО

Хмельницький національний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТКОВОГО ПОДРІБНЮВАЧА ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНИХ ВІДХОДІВ

Розглянуто методику та проведення експериментальних досліджень молоткового подрібнюючого обладнання, із урахуванням особливостей процесу взаємодії робочого органу пристрою з відходами текстильних матеріалів. Отримано регресійні залежності впливу конструктивно-технологічних факторів процесу вторинної переробки текстильних відходів.

A method and leadthrough of experimental researches of molotkovogo is considered grinding down an equipment, recognition features of process of co-operation of working organ of device with the offcuts of textile materials. Regressive dependences of influence of structurally technological factors of process of the second processing of textile offcuts are got.

Ключові слова: молотковий подрібнювач, текстильні відходи, методика експериментальних досліджень.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями

Розробка ефективного подрібнюючого пристрою для переробки відходів легкої промисловості і надалі залишається актуальною. Існують багато пристроїв для переробки вторинних відходів, але всі вони мають свої недоліки, що не дозволяє зробити процес подрібнення простим та ефективним. Основною проблемою проектування подрібнюючих пристроїв є недосконалість розроблених методик розрахунку конструкцій обладнання, а також технологічного процесу.

У попередніх роботах [1– 5] були проведені аналітичні дослідження процесу взаємодії робочого органу молоткового подрібнюючого пристрою з відходами легкої промисловості, а саме текстильними матеріалами. На основі аналітичних досліджень були отримані математичні залежності, що описують ці процеси.

Для перевірки результатів досліджень потрібно провести експериментальні дослідження. Мета таких досліджень полягає у перевірці адекватності проведених аналітичних досліджень. Задачами досліджень є вивчення фізичних явищ, що мають місце при взаємодії робочого органу молоткового подрібнюючого пристрою з матеріалом, визначення конструктивних параметрів подрібнювача і визначення факторів, що впливають на процес подрібнення текстильних відходів у молотковому подрібнюючому пристрої.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

В роботах [1, 4] наведено конструкцію подрібнюючого пристрою для переробки текстильних матеріалів, де було детально описано конструкцію установки та процес подрібнення. Також, процес подрібнення, а саме взаємодія робочого органу з матеріалом було промодельовано у роботі [3], де було використано нелінійний динамічний аналіз методом кінцевих елементів для моделювання процесу руйнування. Було розроблено методику розрахунку конструкції обладнання та технологічного процесу молоткового подрібнюючого пристрою [5] з розробкою математичної моделі [1, 4, 5] для визначення роботи руйнування, що витрачається на утворення одиниці вільної поверхні. Для підтвердження адекватності математичної моделі поотрібно провести експериментальні дослідження. Підсумовуючи все вище сказане, слідує, що для отримання експериментальних залежностей на базі апріорного аналізу інформації по експериментальних дослідженнях даного типу обладнання і технологічних процесах необхідно використовувати планування експерименту другого порядку.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою роботи є розробка методики розрахунку оптимальних параметрів високопродуктивного молоткового подрібнюючого пристрою, з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу, що подрібнюється, геометричних і технологічних параметрів конструкції даного подрібнювача та підтвердження працездатності запропонованої методики експериментальними дослідженнями.

Виклад основного матеріалу досліджень

В якості зразків при проведенні експериментальних досліджень процесу подрібнення волокнистих відходів використовувалися відходи із текстильних матеріалів, які утворилися методом розкрою деталей виробу із листових заготовок. При проведенні експерименту використовувалися зразки таких матеріалів: полотняне, сатин 8/3 та саржа 1/3.

Експеримент проводиться для того, щоб мати змогу врахувати всі ті фактори, які не були врахованими у математичній моделі, а також визначити ступінь їх впливу на процес подрібнення.

Отже, з метою уточнення розробленої аналітичної моделі, а також проведення експериментальних досліджень було виготовлено експериментальну установку, яка дозволяє реалізувати процес подрібнення текстильних матеріалів з можливістю врахування всіх факторів, які мають вплив на даний процес.

Для забезпечення рівномірної дисперсності необхідно створити умови для захвату волокон потрібної дисперсності, які не залежать від параметрів роботи обладнання. А саме у запропонованій конструкції молоткового подрібнювача на головному валу розташований відцентровий вентилятор, який створює потік повітря для видалення відокремлених волокон із зони подрібнення. Інтенсивність потоку повітря залежить від швидкості обертання головного валу, тобто при проведенні експерименту буде змінюватися інтенсивність потоку, відповідно буде змінюватися дисперсність. Зміна дисперсності не дозволить якісно провести експеримент, адже це призведе до отримання похибки.

Тому для проведення експерименту відцентровий вентилятор виключається з конструкції і відноситься за межі корпусу подрібнювача, що дозволяє організувати постійну інтенсивність потоку повітря. Це забезпечує видалення волокон потрібної відповідної дисперсності, які не залежать від параметрів роботи обладнання.

Так як основним показником процесу подрібнення є питома робота руйнування, то нам необхідно визначити величину цієї роботи залежно від конструктивних і технологічних параметрів процесу, а саме: швидкість взаємодії інструменту з матеріалом, вид удару, товщина ножа, форма ножа і властивості матеріалу та волокон (модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнт тертя, щільність матеріалу).

Параметром, який буде описувати всі ці фактори і пов'язувати їх з питомою роботою руйнування є робота, яка витрачається на подрібнення певного об'єму матеріалу. З експериментальних досліджень цю роботу можна визначити шляхом визначення потужності, яка витрачається за певний час на утворення певної дисперсії.

В процесі роботи установки поточне значення потужності визначається і фіксується по такій схемі (рис. 1), де дана схема підключення вимірювального обладнання складається з аналого-цифрового перетворювача 4, який підключений до ЕОМ 5 для фіксації та перетворення числових значень споживаної потужності двигуна, а також в схему включений блок 6, в який входить амперметр, вольтметр і ватметр, який дозволяє стежити та контролювати поточні значення потужності двигуна.

Споживана потужність двигуна при подрібненні дозволяє визначити роботу, яка витрачається на роботу подрібнення та роботу холостого ходу установки. Для визначення роботи подрібнення необхідно від повної роботи відняти роботу затрачену на холостий хід.

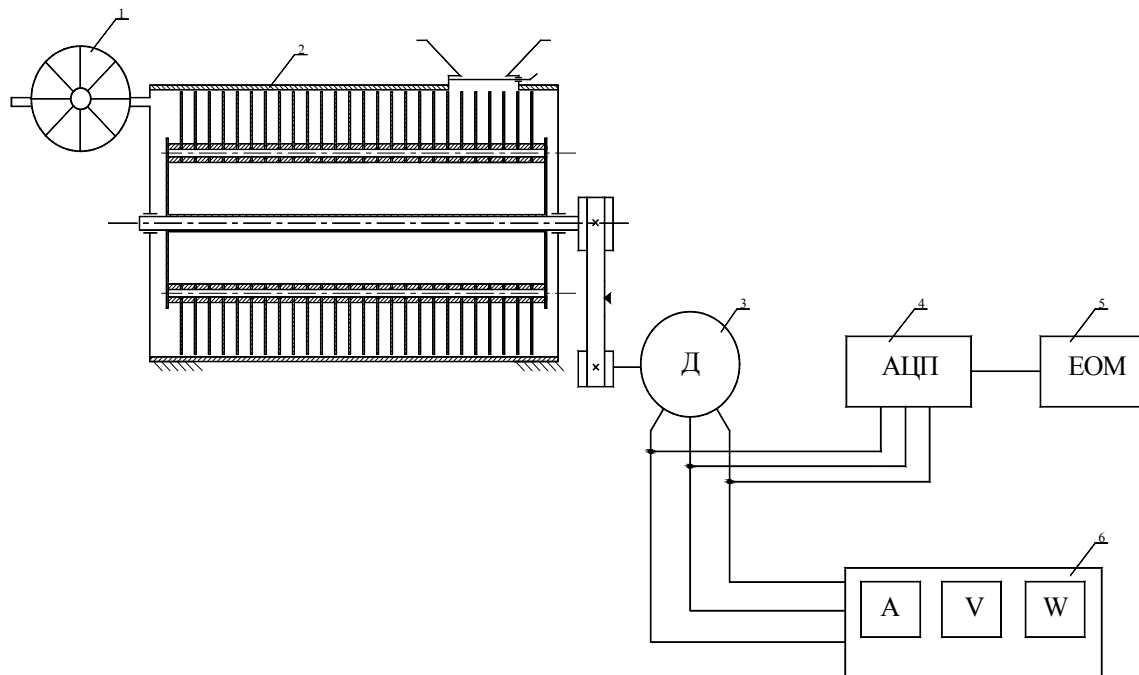


Рис. 1. Принципова схема експериментальної установки: 1 – відцентровий вентилятор; 2 – молотковий подрібнювач; 3 – електродвигун; 4 – аналого-цифровий перетворювач; 5 – комп'ютер; 6 – блок (амперметр, вольтметр і ватметр)

Установка працює наступним чином: молотковий подрібнювач приводиться в дію електродвигуном за рахунок клинопасової передачі, після чого відходить текстильних матеріалів, що потрапляють через завантажувальний отвір в робочу зону, а саме зону подрібнення. В зоні подрібнення, при взаємодії з робочим органом – молотками, шматки текстильного матеріалу розволокнюються на окремі волокна і, через відцентровий вентилятор потрапляють в бункер. Дана конструкція була розроблена на основі аналітичних розрахунків.

Технічна характеристика експериментальної установки приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Технічна характеристика експериментальної установки

Швидкість обертання головного валу, об/с	25...100
Кількість молотків, шт.	22 на 1 валу
Геометричні параметри молотка:	
- довжина, м	0,04 – 0,1
- ширина, м	0,015 – 0,035
- товщина, м	0,001 – 0,005
Відстань до осі обертання, м	0,146
К-сть рифлів, шт.	7
Довжина зони подрібнення, м	0,520

Конструкція установки дозволяє змінювати в певних межах технологічні та конструктивні параметри, що дозволить дослідити їх вплив на процес подрібнення і здійснити необхідні вимірювання. На основі проведеного експерименту було проведено експериментальні дослідження, при цьому було використано планування експерименту [6, 7], що дозволяє підвищити точність та зменшити кількість експериментальних досліджень.

Ефективність процесу подрібнення текстильних матеріалів у молотковому подрібнювачі оцінюється за допомогою наступних показників [8]:

- вагової продуктивності експериментальної установки при сталому процесі подрібнення;
- енергетичних витрат на подрібнення;
- величини волокна, яке було отримане після процесу подрібнення.

Вагова продуктивність експериментальної установки при сталому процесі подрібнення M визначалась за допомогою зважування подрібнених волокон, які були отримані за певний проміжок часу при сталому процесі подрібнення. Середня значення вагової продуктивності, що дозволяє отримати більш точні дані для кожного режиму, визначається за формулою:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{t_i}}{n}, \quad (1)$$

де m_i – вагова i -ї порції матеріалу;

t_i – проміжок часу, протягом якого отримана вага m_i ;

n – кількість зважувань протягом експерименту.

Робота, що витрачається на подрібнення текстильних матеріалів в експериментальній установці визначалась за допомогою системи вимірювань. На основі експериментальних досліджень, робота, що витрачається на подрібнення, визначається з потужності, але для отримання більш точних даних для кожного режиму середнє значення роботи, що витрачається на подрібнення матеріалу, визначається виразом [8]:

$$A = t \frac{\sum_{i=1}^n (W_i - W_{xx})}{n} \quad (2)$$

де W_i – потужність загальна, яка відповідає i -му виміру;

W_{xx} – потужність, що витрачається на холостому ходу.

Різні текстильні матеріали, які було використано при проведенні експериментальних досліджень, мають у складі різні за властивостями волокна. Відповідно, для кожної групи, довжина цих волокон може бути різною [8]. Тому для кожної групи, окремо, середню довжину волокон визначають за формулою:

$$L_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n} \quad (3)$$

де l_i – довжина i -го виправленого волокна.

Вивчаючи процес подрібнення та конструктивні особливості обладнання можна зазначити, що процес подрібнення залежить від наступних факторів [5]:

- швидкість обертання головного вала;
- кількість молотків;
- довжина молотка;
- ширина молотка;
- товщина молотка;
- відстань до осі обертання молотка.

Найбільш суттєвим фактором, який впливає на питому енергію роботи руйнування є кінетична енергія молотка, яка залежить від швидкості обертання головного вала, відстані осі обертання молотка його довжини, ширини та товщини.

Відстань до осі обертання молотків залежить від геометричних параметрів молотків, тому цей параметр буде враховуватися за рахунок геометричних параметрів молотка (довжини, ширини, товщини). Тому відстань до осі обертання беремо постійною і відповідно максимальною для діапазону змінювання геометричних параметрів молотків.

Провівши аналіз цих факторів можна зазначити, що кількість молотків та довжини зони подрібнення можна об'єднати як щільність молотків на валу, або крок розміщення молотків на валу. І як показало попереднє дослідження [5], цей фактор не впливає суттєво на питому роботу руйнування, так як він дозволяє лише збільшити продуктивність роботи обладнання. При цьому пропорційно збільшується витрата енергії. Тобто, чим більше молотків, тим більше продуктивність. А збільшення продуктивності призведе до збільшення витрат енергії.

Вплив кількості рифлів при проведенні експериментального дослідження враховувати не будемо зв'язку з тим, що на базі аналізу ампріорної інформації цей фактор має не суттєвий вплив на роботу руйнування, так як вся робота руйнування матеріалу відбувається під дією молотка.

Виходячи з цього аналізу було визначено фактори для яких буде проводитися експериментальне дослідження. В табл. 2 вказані фактори та їх діапазони варіювання для експериментального дослідження.

Таблиця 2

Фактори та їх діапазони варіювання для експериментального дослідження

№ п/п	Фактори	Описання	Моделювання	
			min	max
1	x_1	Швидкість обертання вала (c^{-1})	25,0	100,0
2	x_2	Довжина молотка (м)	0,04	0,1
3	x_3	Ширина молотка (м)	0,015	0,035
4	x_4	Товщина молотка (м)	0,001	0,005

Математичний опис вивчаємого процесу, в багатьох випадках, є основною ціллю досліджень [6, 7].

У даному випадку проведення досліджень за допомогою однофакторного експерименту не дало б результату. Адже аналітичні дослідження, на основі ампріорної інформації, показали, що проведення досліджень процесу подрібнення у молотковому подрібнювачі, є багатофакторним. Як було зазначено вище, якщо факторів багато, потрібно провести багатофакторний експеримент, що потребує проведення великої кількості дослідів. Тому, для зменшення числа дослідів, які є необхідними для одержання моделі процесу подрібнення, було використано планування експерименту. Це дозволить уникнути недоліків, які виникають при проведенні однофакторного експерименту [6, 7].

При проведенні експериментальних досліджень процесу подрібнення, були прийняті наступні змінні фактори:

x_1 – швидкість обертання валу;

x_2 – довжина молотка;

x_3 – ширина молотка;

x_4 – товщина молотка.

Питома робота руйнування, що витрачається на утворення одиниці вільної поверхні є головним параметром оптимізації. Цей параметр оптимізації повністю відповідає вимогам, що висуваються до параметрів оптимізації при плануванні експерименту [6, 7, 8].

Щоб отримати більш точну модель (параметра оптимізації), як показали аналітичні дослідження процесу руйнування, використовуємо алгебраїчний поліном другого порядку, який у даному випадку має такий вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2, \quad (4)$$

де $b_0, b_1, \dots, b_n$ – коефіцієнт регресії;

$x_1, x_2, \dots, x_n$ – змінні фактори.

Тому, враховуючи усе вище сказане, для проведення експериментальних досліджень використовуємо рототабельний план другого порядку для чотирьох факторів [6,8].

Для обробки експериментальних даних та запису умов експерименту рівні факторів кодуються. При кодуванні значень для факторів x_1, x_2, x_3 та x_4 верхній рівень позначають $+1$, нижній -1 , а основний -0 .

Кодування фактора x_i визначається виразом [6,8]

$$x_i = \frac{x_i^n - x_{i0}^n}{\varepsilon_i}, \quad (5)$$

де i – номер фактору;

x_i^n – натуральне значення i -го фактору;

x_{i0}^n – натуральне значення основного рівня i -го фактору;

ε_i – інтервал зміни i -го фактору.

Кодовані значення факторів наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Рівні та інтервали зміни факторів

Найменування	$x_1, \text{с}^{-1}$	$x_2, \text{м}$	$x_3, \text{м}$	$x_4, \text{м}$
Інтервал зміни	37,5	0,03	0,01	0,002
Рівні факторів:				
- 1	25,0	0,04	0,015	0,001
0	62,5	0,07	0,025	0,003
1	100	0,1	0,035	0,005

Матриця планування для некомпозиційного рототабельного плану другого порядку наведена в табл. 4.

Матриця планування

№ досліджу	x_1	x_2	x_3	x_4
1	1,0	1,0	0,0	0,0
2	1,0	-1,0	0,0	0,0
3	-1,0	1,0	0,0	0,0
4	-1,0	-1,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	1,0	1,0
6	0,0	0,0	1,0	-1,0
7	0,0	0,0	-1,0	1,0
8	0,0	0,0	-1,0	-1,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0
10	1,0	0,0	0,0	1,0
11	1,0	0,0	0,0	-1,0
12	-1,0	0,0	0,0	1,0
13	-1,0	0,0	0,0	-1,0
14	0,0	1,0	1,0	0,0
15	0,0	1,0	-1,0	0,0
16	0,0	-1,0	1,0	0,0
17	0,0	-1,0	-1,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0
19	1,0	0,0	1,0	0,0
20	1,0	0,0	-1,0	0,0
21	-1,0	0,0	1,0	0,0
22	-1,0	0,0	-1,0	0,0
23	0,0	1,0	0,0	1,0
24	0,0	1,0	0,0	-1,0
25	0,0	-1,0	0,0	1,0
26	0,0	-1,0	0,0	-1,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0

Матриця значень по яким проводилися експерименти і визначалися значення питомої роботи руйнування наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Матриця значень

№ досліджу	x_1	x_2	x_3	x_4
1	100,0	0,1	0,025	0,003
2	100,0	0,04	0,025	0,003
3	25,0	0,1	0,025	0,003
4	25,0	0,04	0,025	0,003
5	62,5	0,07	0,035	0,005
6	62,5	0,07	0,035	0,001
7	62,5	0,07	0,015	0,005
8	62,5	0,07	0,015	0,001
9	62,5	0,07	0,025	0,003
10	100,0	0,07	0,025	0,005
11	100,0	0,07	0,025	0,001
12	25,0	0,07	0,025	0,005
13	25,0	0,07	0,025	0,001
14	62,5	0,1	0,035	0,003
15	62,5	0,1	0,015	0,003
16	62,5	0,04	0,035	0,003
17	62,5	0,04	0,015	0,003
18	62,5	0,07	0,025	0,003
19	100,0	0,07	0,035	0,003
20	100,0	0,07	0,015	0,003
21	25,0	0,07	0,035	0,003
22	25,0	0,07	0,015	0,003
23	62,5	0,1	0,025	0,005
24	62,5	0,1	0,025	0,001
25	62,5	0,04	0,025	0,005
26	62,5	0,04	0,025	0,001
27	62,5	0,07	0,025	0,003

По результатам експериментів, виконаних відповідно до робочої матриці планування (табл. 4), при трьох паралельних дослідах, отримані значення питомої роботи руйнування (табл. 6).

Таблиця 6

Значення питомої роботи руйнування

№ досліду	Дослід № 1	Дослід № 2	Дослід № 3
1	964,1594	965,316	963,291
2	75,3102	75,4	75,242
3	1439,722	1441,449	1438,426
4	136,3752	136,538	136,252
5	231,5008	231,778	231,292
6	425,926	426,437	425,542
7	756,6168	757,524	755,935
8	809,4847	810,456	808,756
9	544,6402	545,293	544,15
10	247,1739	247,47	246,951
11	559,0116	559,682	558,508
12	612,6087	613,343	612,057
13	632,0986	632,857	631,529
14	883,7863	884,846	882,99
15	1661,1184	1663,111	1659,623
16	37,0407	37,085	37,007
17	225,0454	225,315	224,842
18	545,6123	546,267	545,121
19	101,2359	101,357	101,144
20	721,1952	722,06	720,546
21	451,2013	451,742	450,795
22	816,3575	817,337	815,622
23	1141,1743	1142,543	1140,147
24	1405,3759	1407,0621	1404,111
25	98,0399	98,157	97,951
26	131,9649	132,123	131,846
27	546,52	547,175	546,028

За допомогою метода найменших квадратів знаходимо коефіцієнти рівняння регресії (4). Для визначення коефіцієнтів використовуємо формули для чотирьох факторів [6, 7, 8]:

$$b_0 = \frac{1}{n_0} \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u} = \frac{1}{3} \sum_{u=1}^3 y_{0u}, \quad (6)$$

$$b_i = A \sum_{j=1}^N x_{ij} y_j = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{27} x_{ij} y_j,$$

$$b_{il} = D \sum_{j=1}^N x_{ij} x_{lj} y_j = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{27} x_{ij} x_{lj} y_j,$$

$$b_{ii} = B \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j + C \sum_{j=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j - \frac{1}{p * n_0} \sum_{u=1}^{n_0} y_{0u} = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^{27} x_{ij}^2 y_j + \left(-\frac{1}{48} \right) \sum_{j=1}^4 \sum_{j=1}^{27} x_{ij}^2 y_j - \frac{1}{2 * 3} \sum_{u=1}^3 y_{0u},$$

де

$n_0 = 3$ – число дослідів в центрі плану [6];

u – номер паралельного дослідів в центрі плану;

y_{0u} – значення функції відклику в u -му досліді;

$N = 27$ – число дослідів у матриці планування;

j – номер дослідів у матриці планування;

i, l – номери факторів;

$x_{ij} x_{lj}$ – кодовані значення i -го та l -го фактору в j -му досліді;

y_j – значення функції відклику в j -му досліді;

$A = \frac{1}{12}$, $D = \frac{1}{4}$, $B = \frac{1}{8}$, $C = -\frac{1}{48}$, $p=2$ – константи, залежні від числа факторів [6].

Значення коефіцієнтів рівняння регресії наведені в табл. 7.

Значення коефіцієнтів рівняння регресії

№ п/п	Коефіцієнти рівняння регресії	Дослід № 1	Дослід № 2	Дослід № 3
1	b_{13}	-63,7008	-63,777	-63,6437
2	b_{12}	-103,6244	-103,7487	-103,5313
3	b_{11}	-35,0527	-35,0948	-35,0213
4	b_{34}	-35,3893	-35,4317	-35,3573
5	b_{33}	10,4547	10,4673	10,445
6	b_{24}	-57,5691	-57,6383	-57,5172
7	b_4	-73,0623	-73,1502	-72,9966
8	b_{23}	-147,3319	-147,5087	-147,1995
9	b_3	-238,2606	-238,5465	-238,0462
10	b_{22}	145,2802	145,4545	145,1493
11	b_2	565,9633	566,6424	565,454
12	b_1	-118,3564	-118,4984	-118,2499
13	b_0	545,5908	546,2450	545,0997
14	b_{44}	1,7631	1,7653	1,7614
15	b_{14}	-73,0869	-73,1745	-73,0213

Для перевірки на однорідність дисперсій похибок по критерію Кохрена для чотирьох факторів використовуємо наступні рівняння [6]:

$$s_{b_0}^2 = \frac{1}{n_0} s_y^2 = \frac{1}{3} s_y^2, \quad (7)$$

$$s_{b_i}^2 = A s_y^2 = \frac{1}{12} s_y^2,$$

$$s_{b_{ii}}^2 = D s_y^2 = \frac{1}{4} s_y^2,$$

$$s_{b_{iii}}^2 = B_1 s_y^2 = \frac{3}{16} s_y^2,$$

де s_y^2 – дисперсія відтворювання експерименту;

$B_1 = \frac{3}{16}$ – константа, залежна від числа факторів [6].

В результаті обчислень отримані наступні значення дисперсії коефіцієнтів рівняння регресії, що наведені в табл. 8.

Таблиця 8

Значення дисперсії коефіцієнтів рівняння регресії

№ п/п	Дисперсія	Дослід № 1	Дослід № 2	Дослід № 3
1	$s_{b_{ii}}^2$	0,2209	0,2215	0,2205
2	$s_{b_i}^2$	0,0736	0,0738	0,0735
3	$s_{b_{ii}}^2$	0,1657	0,1661	0,1654
4	$s_{b_0}^2$	0,2946	0,2953	0,294
5	s_y^2	0,8838	0,8858	0,8821

Отримані значення та їх значимість перевірялися за допомогою довірчих границь за критерієм Стюдента при 5 % рівні значимості [6].

Після перевірки отриманих значень коефіцієнтів рівняння регресії було встановлено, що коефіцієнти по абсолютній величині знаходяться в довірчому інтервалі [6,7]. Виходячи з цього, їх не можна рахувати статично невизначеними і не можна виключити з рівняння регресії (4).

При перевірці адекватності моделі за критерієм Фішера [6, 7], були отримані рівняння регресії в кодованому вигляді:

- для полотняного матеріалу

$$y = 545,5908 - 118,3564 \cdot x_1 + 565,9633 \cdot x_2 - 238,2606 \cdot x_3 - \\ - 73,0623 \cdot x_4 - 103,6244 \cdot x_1 x_2 - 63,7008 \cdot x_1 x_3 - 73,0869 \cdot x_1 x_4 - \\ - 147,3319 \cdot x_2 x_3 - 57,5691 \cdot x_2 x_4 - 35,3893 \cdot x_3 x_4 - \\ - 35,0527 \cdot x_1^2 + 145,2802 \cdot x_2^2 + 10,4547 \cdot x_3^2 + 1,7631 \cdot x_4^2,$$

- для сатину 8/3

$$y = 546,245 - 118,4984 \cdot x_1 + 566,6424 \cdot x_2 - 238,5465 \cdot x_3 - 73,1502 \cdot x_4 - \\ - 103,7487 \cdot x_1 x_2 - 63,777 \cdot x_1 x_3 - 73,1745 \cdot x_1 x_4 - 147,5087 \cdot x_2 x_3 - 57,6383 \cdot x_2 x_4 - \\ - 35,4317 \cdot x_3 x_4 - 35,0948 \cdot x_1^2 + 145,4545 \cdot x_2^2 + 10,4673 \cdot x_3^2 + 1,7653 \cdot x_4^2,$$

- для саржи 1/3

$$y = 545,0997 - 118,2499 \cdot x_1 + 565,454 \cdot x_2 - 238,0462 \cdot x_3 - 72,9966 \cdot x_4 - \\ - 103,5313 \cdot x_1 x_2 - 63,6437 \cdot x_1 x_3 - 73,0213 \cdot x_1 x_4 - 147,1995 \cdot x_2 x_3 - 57,5172 \cdot x_2 x_4 - \\ - 35,3573 \cdot x_3 x_4 - 35,0213 \cdot x_1^2 + 145,1493 \cdot x_2^2 + 10,445 \cdot x_3^2 + 1,7614 \cdot x_4^2,$$

Для одержання натуральних рівнянь підставляємо значення кодованого фактора x_i , згідно з виразом (5) і одержуємо функції залежності питомої роботи руйнування від швидкості взаємодії молотка з матеріалом:

$$y = b_0 + b_1(x_{i1} - 25,0)/75,0 + b_2(x_{i2} - 0,04)/0,06 + b_3(x_{i3} - 0,015)/0,02 + \\ + b_4(x_{i4} - 0,001)/0,0039 + b_{12}(x_{i1} - 25,0)/75,0 \cdot (x_{i2} - 0,04)/0,06 + \\ + b_{13}(x_{i1} - 25,0)/75,0 \cdot (x_{i3} - 0,015)/0,02 + b_{14}(x_{i1} - 25,0)/75,0 \times \\ \times (x_{i4} - 0,001)/0,0039 + b_{23}(x_{i2} - 0,04)/0,06 \cdot (x_{i3} - 0,015)/0,02 + \\ + b_{24}(x_{i2} - 0,04)/0,06 \cdot (x_{i4} - 0,001)/0,0039 + b_{34}(x_{i3} - 0,015)/0,02 \times \\ \times (x_{i4} - 0,001)/0,0039 + b_{11}((x_{i1} - 25,0)/75,0)^2 + b_{22}((x_{i2} - 0,04)/0,06)^2 + \\ + b_{33}((x_{i3} - 0,015)/0,02)^2 + b_{44}((x_{i4} - 0,001)/0,0039)^2, \quad (8)$$

- для полотняного матеріалу

$$y = 545,5908 - 118,3564 \cdot (x_{i1} - 25,0)/75,0 + 565,9633 \cdot (x_{i2} - 0,04)/0,06 - \\ - 238,2606 \cdot (x_{i3} - 0,015)/0,02 - 73,0623 \cdot (x_{i4} - 0,001)/0,0039 - \\ - 103,6244 \cdot (x_{i1} - 25,0)/75,0 \cdot (x_{i2} - 0,04)/0,06 - 63,7008 \times \\ \times (x_{i1} - 25,0)/75,0 \cdot (x_{i3} - 0,015)/0,02 - 73,0869 \cdot (x_{i1} - 25,0)/75,0 \times \\ \times (x_{i4} - 0,001)/0,0039 - 147,3319 \cdot (x_{i2} - 0,04)/0,06 \cdot (x_{i3} - 0,015)/0,02 - \\ - 57,5691 \cdot (x_{i2} - 0,04)/0,06 \cdot (x_{i4} - 0,001)/0,0039 - 35,3893 \times \\ \times (x_{i3} - 0,015)/0,02 \cdot (x_{i4} - 0,001)/0,0039 - 35,0527 \cdot ((x_{i1} - 25,0)/75,0)^2 + \\ + 145,2802 \cdot ((x_{i2} - 0,04)/0,06)^2 + 10,4547 \cdot ((x_{i3} - 0,015)/0,02)^2 + \\ + 1,7631 \cdot ((x_{i4} - 0,001)/0,0039)^2,$$

- для сатину 8/3

$$y = 546,245 - 118,4984 \cdot (x_{i1} - 25,0)/75,0 + 566,6424 \cdot (x_{i2} - 0,04)/0,06 - \\ - 238,5465 \cdot (x_{i3} - 0,015)/0,02 - 73,1502 \cdot (x_{i4} - 0,001)/0,0039 - \\ - 103,7487 \cdot (x_{i1} - 25,0)/75,0 \cdot (x_{i2} - 0,04)/0,06 - 63,777 \times \\ \times (x_{i1} - 25,0)/75,0 \cdot (x_{i3} - 0,015)/0,02 - 73,1745 \cdot (x_{i1} - 25,0)/75,0 \times \\ \times (x_{i4} - 0,001)/0,0039 - 147,5087 \cdot (x_{i2} - 0,04)/0,06 \cdot (x_{i3} - 0,015)/0,02 - \\ - 57,6383 \cdot (x_{i2} - 0,04)/0,06 \cdot (x_{i4} - 0,001)/0,0039 - 35,4317 \times \\ \times (x_{i3} - 0,015)/0,02 \cdot (x_{i4} - 0,001)/0,0039 - 35,0948 \cdot ((x_{i1} - 25,0)/75,0)^2 + \\ + 145,4545 \cdot ((x_{i2} - 0,04)/0,06)^2 + 10,4673 \cdot ((x_{i3} - 0,015)/0,02)^2 + \\ + 1,7653 \cdot ((x_{i4} - 0,001)/0,0039)^2,$$

- для саржи 1/3

$$\begin{aligned}
y = & 545,0997 - 118,2499 \cdot (x_{i1} - 25,0) / 75,0 + 565,454 \cdot (x_{i2} - 0,04) / 0,06 - \\
& - 238,0462 \cdot (x_{i3} - 0,015) / 0,02 - 72,9966 \cdot (x_{i4} - 0,001) / 0,0039 - \\
& - 103,5313 \cdot (x_{i1} - 25,0) / 75,0 \cdot (x_{i2} - 0,04) / 0,06 - 63,6437 \times \\
& \times (x_{i1} - 25,0) / 75,0 \cdot (x_{i3} - 0,015) / 0,02 - 73,0213 \cdot (x_{i1} - 25,0) / 75,0 \times \\
& \times (x_{i4} - 0,001) / 0,0039 - 147,1995 \cdot (x_{i2} - 0,04) / 0,06 \cdot (x_{i3} - 0,015) / 0,02 - \\
& - 57,5172 \cdot (x_{i2} - 0,04) / 0,06 \cdot (x_{i4} - 0,001) / 0,0039 - 35,3573 \times \\
& \times (x_{i3} - 0,015) / 0,02 \cdot (x_{i4} - 0,001) / 0,0039 - 35,0213 \cdot ((x_{i1} - 25,0) / 75,0)^2 + \\
& + 145,1493 \cdot ((x_{i2} - 0,04) / 0,06)^2 + 10,445 \cdot ((x_{i3} - 0,015) / 0,02)^2 + \\
& + 1,7614 \cdot ((x_{i4} - 0,001) / 0,0039)^2,
\end{aligned}$$

Висновки і перспективи подальшого розвитку даного напрямку

Проведено експериментальні дослідження, які підтверджують достовірність та адекватність математичної моделі. Було отримано регресійні залежності впливу конструктивно-технологічних факторів процесу вторинної переробки текстильних відходів. Дана методика та проведення експериментальних досліджень дозволяють спроектувати ефективний подрібнювач пристрій для подрібнення текстильних відходів. Отримана методика розрахунку може бути використана при інженерних розрахунках молоткового подрібнювача обладнання.

Література

1. Скиба М. Є., Михайловський Ю. Б., Філіпченко Е. О. Визначення основних параметрів конструкції молоткового подрібнювача текстильних та волокнистих відходів // Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины. – 2003. – № 7. – С. 105-109.
2. Скиба М.Є., Михайловський Ю.Б., Філіпченко Е.О. Розробка методики пошуку оптимальних параметрів для нелінійних моделей // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – Т. 1. № 2. – С. 176-180.
3. Скиба М.Є., Михайловський Ю.Б., Золотенко Е.О. Моделювання процесу руйнування текстильного матеріалу в молоткових подрібнювачах // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 5. – С. 30-34.
4. Скиба М.Є., Михайловський Ю.Б., Золотенко Е.О. Проектування молоткового подрібнювача для переробки текстильних відходів // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 1. – С. 83-90.
5. Скиба М.Є., Михайловський Ю.Б., Золотенко Е.О. Методика розрахунку технологічних та конструктивних параметрів молоткового подрібнювача обладнання // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2008. – № 2. – С. 41-45.
6. Спиридонов А. А., Васильев Н. Г. Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов: Учебное пособие. – Свердловск: Изд. УПИ им. С. М. Кирова, 1975. – 140 с.
7. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
8. Михайловський Ю. Б. Розробка голкофрезових подрібнювачів для переробки текстильних відходів легкої промисловості: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.10. – Хмельницький, 1999. – 146 с.

Надійшла 11.2.2010 р.

УДК 620.178.1

В.С. ПАВЛОВ

Хмельницький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КРИТЕРІЮ НАЙБІЛЬШОЇ ДОДАТНОЇ ЛІНІЙНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ

Виведено формулу коефіцієнта запасу при використанні критерію найбільшої додатної лінійної деформації за складного опору, що зумовлює спрощений плоский напружений стан. Формула справедлива для матеріалу в крихкому стані незалежно від характеру навантаження за простих опорів, що є компонентами складного опору.

The formula of coefficient of supply at using of criterion of the most positive linear deformation at difficult resistance, which predetermines the simplified flat tense state, was concluded in the article. The formula is just for material in the fragile state regardless of character of loading at simple resistances which are the components of difficult resistance.

Ключові слова: напруження, гіпотеза, стержень, опір матеріалів.

1. Вступ

При розрахунку деталей з матеріалу в крихкому стані (надалі «з крихкого матеріалу») за складного опору, що обумовлює складний напружений стан, використовують гіпотезу найбільшої додатної лінійної