

Яцко С.А.,

Національно науковий центр Інститут механізації та електрифікації сільського господарства  
Київська обл., Васильківський р-н, смт. Глеваха-1, Україна

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ РОБОТИ  
ПОДРІБНЮВАЧА СІНА

УДК631.363

В статті запропонована методика експериментальних досліджень подрібнювача сіна та встановлені фактори, які найбільш впливають на умови подрібнення та визначені основні параметри.

**Ключові слова:** експеримент, корми, критерії, подрібнення.

**Проблема.** Подрібнення стеблових кормів є необхідною технологічною операцією в переробній промисловості і широко використовується на комбикормових заводах та безпосередньо в сільськогосподарських підприємствах. Існуючі подрібнювачі, серед яких найбільш ефективними є молоткові дробарки, створювались для умов великих виробництв і мають відповідну продуктивність, масу, потужність, що робить економічно недоцільним їх використання на сучасному етапі розвитку кормовиробництва малої продуктивності.

Відомо, що складність процесу подрібнення обумовило відсутність єдиної теорії і потребує подальших досліджень з метою наукового обґрунтування нових технічних рішень.

**Аналіз останніх досліджень.** Розвитку теорії подрібнення кормів, підвищенню ефективності і якості процесу подрібнення присвячені праці В.П. Горячкіна [1], В.А. Желіговського [2], І.І. Ревенка [3] та інших дослідників.

Ефективність подрібнення стеблових кормів характеризують групами параметрів якості та енергоємності виконання робочого процесу подрібнення. Найбільш поширеними критеріями оцінювання процесу подрібнення кормів [4,5,6] є критерії якості подрібнення корму (кількість часточок необхідного розміру у подрібненому кормі) та питомої енергоємності процесу подрібнення (відношення сумарної потужності, затраченої на подрібнення, до продуктивності машини).

Для оцінки ефективності функціонування процесу подрібнення стеблових кормів і роботи подрібнювача Надежиним А.В. [7] запропоновано узагальнений критерій – показник якості подрібнення:

$$\eta = \frac{N \sigma_p \sum_{l_0}^{l_{\max}} G_i}{QS_D \sum_{l_n}^{l_B} G_i P_i} 100\% , \quad (1)$$

де  $N$  – потужність, затрачувана на подрібнення, Вт;

$\sigma_0$  – середньоквадратичне відхилення величин заданого розміру, м;

$\sum_{l_0}^{l_{\max}} G_i$  – загальна маса навіски, кг;

$\sum_{l_n}^{l_B} G_i$  – маса фракції, що складається з часточок фізіологічно обґрунтованих

розмірів для конкретного виду тварин, кг;

$Q$  – продуктивність подрібнювача, кг/с;

$S_D$  – припустиме відхилення середньо-заданого розміру часточок, м;

$P_i$  – частка розщеплених часточок у загальній масі, %.

На думку автора цей критерій дозволяє характеризувати процес подрібнення з урахуванням питомих витрат енергії, фракційного складу і ступеня розщеплення часточок. Він може бути використаний як при оптимізації процесу подрібнення грубих і соковитих стеблових кормів, так і при порівняльному аналізі робочих органів різних машин для подрібнення кормів.

**Мета роботи.** Формування методики експериментальних досліджень процесу та раціональних параметрів подрібнювача, що забезпечує дотримання зоотехнічних вимог до якості подрібненого корму і зменшення собівартості виробництва продукції.

**Викладення основного матеріалу.** Експериментальні дослідження подрібнювача проводяться на стенді, який складається із експериментального зразка подрібнювача, спеціального устаткування для зміни параметрів робочого процесу подрібнювача (перетворювача частоти електричного струму) та контрольно-вимірювальної апаратури.

Експериментальний зразок подрібнювача (рис. 1) являє собою робочу камеру, змонтовану на зварній рамі. В якості привода виступає електричний двигун потужністю 1,5 кВт. На горизонтальному валу закріплений циліндр з ножами, які взаємодіють із протирізами. Пластини формування потоку розташовані на стінках циліндричної камери. Вивантажувальний пристрій, який взаємодіє з вивантажувальним решетом, розташовано на горизонтальному валу. Горизонтальний вал зв'язано з приводом за допомогою шківів пасової передачі.

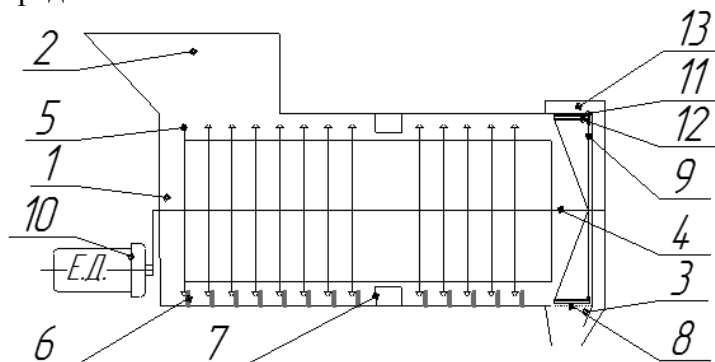
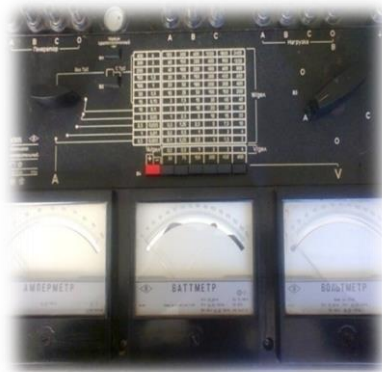


Рис. 1. Конструкційна схема подрібнювача грубих стеблових кормів: 1 – циліндрична камера; 2 – завантажувальна горловина; 3 – вивантажувальний патрубок; 4 – горизонтальний вал; 5 – ножі; 6 – протирізи; 7 – пластили формування потоку; 8 – вивантажувальне решето; 9 – лопати; 10 – електродвигун; 11 – бичі; 12 – подрібнювальні елементи, 13 – захисний кожух.

Для контролю та фіксації показників робочого процесу використовується комплект контрольно-вимірювальної апаратури (рис. 2), до якого входить: переносний вимірювальний комплект К-505 (а) та перетворювач частоти типу VFDO37EL43A (б).



а)



б)

Рисунок 2 – Контрольно-вимірювальна апаратура

Оптимізація конструкційних та режимних параметрів подрібнювача здійснюється з використанням методики планування багатofакторного експерименту [8, 9,10].

Вхідним матеріалом при проведенні експериментальних досліджень подрібнювача виступає сіно люцерни та конюшини. З метою оптимізації конструкційних та режимних параметрів подрібнювача визначаються параметри продуктивності, енергоємності та якості роботи подрібнювача при подрібненні сіна люцерни та конюшини з фіксацією конструкційно-режимних параметрів подрібнювача на оптимальних рівнях.

Відомо [11], що найбільш економічним є варіювання факторів на трьох рівнях з кодуванням факторів за формулою:

$$x_i = (X_i - X_{0i}) / \varepsilon, \quad (2)$$

де  $x_i$  – кодоване значення фактора (безрозмірна величина), для верхнього рівня, центру експерименту та нижнього рівня, вони позначені відповідно +1, 0 та – 1;

$X_i$  – натуральне значення фактора;

$X_{0i}$  – натуральне значення фактора на нульовому рівні;

$\varepsilon$  – натуральне значення інтервалу варіювання фактора, яке обчислюється за формулою:

$$\varepsilon = \frac{X_i^e - X_i^n}{2}, \quad (3)$$

де  $X_i^e$  – значення фактора на верхньому рівні;

$X_i^n$  – значення фактора на нижньому рівні.

На основі проведених теоретичних досліджень та аналізу літературних джерел для проведення експериментальних досліджень подрібнювача відібрано шість факторів, які найбільш значуще впливають на робочий процес ( $x_1$  – швидкість різання, м/с;  $x_2$  – кількість пластин формування потоку, шт.;  $x_3$  – кут розташування пластин формування потоку, град.;  $x_4$  – довжина пластини формування потоку, мм;  $x_5$  – кількість протирізів на кожній окружності робочої камери, шт.;  $x_6$  – величина подачі сировини, кг/с) і обрано їх натуральні значення на нульовому рівні та рівні їх варіювання.

Для з'ясування впливу факторів  $x_1$  (швидкість різання),  $x_5$  (кількість протирізів на кожній окружності робочої камери) та  $x_6$  (величина подачі сировини) на критерії оптимізації провести трифакторний експеримент за планом Бокса ( $B_3$ ), близьким до D-оптимального, для трьох факторів, матриця якого наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Перелік досліджуваних факторів та рівні їх варіювання

Рівні варіації факторів, матриця досліджу	Фактори		
	$X_1$	$X_5$	$X_6$
Верхній рівень (+)	85	7	0,024
Основний рівень (0)	65	5	0,02
Нижній рівень (-)	45	3	0,016
Інтервал варіювання	20	2	0,04

Для визначення впливу факторів  $x_2 - x_4$  на критерії оптимізації проводиться трифакторний експеримент за планом Бокса ( $B_3$ ), близьким до  $D$  - оптимального, матриця якого наведена в таблиці 2.

Таблиця 2

Перелік досліджуваних факторів та рівні їх варіювання

Рівні варіації факторів, матриця досліджу	Фактори		
	$X_2$	$X_3$	$X_4$
Верхній рівень (+)	6	20	120
Основний рівень (0)	4	10	80
Нижній рівень (-)	2	0	40
Інтервал варіювання	2	10	40

При проведенні експериментів приймається трикратна повторність дослідів, що забезпечує з вірогідністю 95% похибку меншу за три стандарти [12,13]. Однорідність дисперсій дослідів перевіряється за критерієм Кохрена для 95% рівня довірчої вірогідності.

**Висновок.** Запропонована методика експериментальних досліджень процесу та раціональних параметрів подрібнювача грубих кормів.

## Література

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений: В 3 т. / Под ред. Н.Д. Лучинского. – М.: Колос, 1965. – Т. 3. – 384 с.
2. Желиговский В.А. Экспериментальная теория резания лезвием // Тр. МИ-МЭСХ.– Вып. 9.– М., 1940. – С. 77-82.
3. Ревенко И.И. Повышение эффективности и качества переработки кормов молотковыми измельчителями: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Ереван, 1985. – 33 с.
4. Ялпачик Ф.Е., Ялпачик Г.С., Крыжачковский Н.Л., Кюрчев В.Н. Кормодробилки: конструкция, расчет. – Запорожье: Издательство «Коммунар», 1992. – 292 с.
5. Бобер О.А. Подготовка к скармливанию грубых кормов измельчителем с дисковыми противорезами: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Горки, 1987. – 16 с.
6. Какабаев О. Повышение эффективности работы измельчителя-смесителя кормов: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Саратов, 1992. – 24 с.
7. Надежин А.В. Обоснование параметров технологического процесса измельчения грубых и сочных кормов комбинированным рабочим органом: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – зерноград, 1992. –19 с.
8. ДСТУ 46.007-2000 Машини та обладнання для приготування кормів: Методи функціональних випробувань.
9. ВНТП-СгіП-46-8.94 Об'єкти для заготівлі, зберігання і приготування кормів для тваринництва.
10. Горюнов Н.А.Разведение уток. Изд. 5-е, перераб. и доп., М.: Колос, 1971.– 176 с. с илл.
11. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 276 с.
12. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В.Обработка результатов измерений. – М.: Наука, 1970. – 104 с.
13. Митков А.Я., Кардашевский С.В. Статистические методы в сельхозмашиностроении. – М.: Машиностроение, 1978. – 390 с.

Yatsko C. **Method eksperimental'nykh researches process work grinding down hay**

In the article the technique of experimental studies shredder equipment, and established the factors that most influence the grinding conditions and identifies the key parameters.

**Key words:** experiment, feed, criteria grinding.

**References**

1. Goriachkin VP Works: The 3 tons / Ed. ND Luchinskogo. - Moscow: Kolos, 1965. - Т. 3. - 384.
2. Żeligowski VA Experimental theory cutting blade // Proc. MIMESKH. - Vol. 9. - Moscow, 1940. - 77-82.
3. Revenco II Improving the efficiency and quality of feed processing hammer shredders: Author. dis. Dr. tehn. Sciences. - Yerevan, 1985. - 33.
4. Yalpachik FE, Yalpachik GS, Kryzhachkovsky NL, VN Kyurchev Feed mill: design, calculation. - Zaporozhye: Publisher "Kommunar", 1992. - 292 p.
5. Beaver OA Preparing for roughage chopper with counter-rotating disk: Author. diss. Candidate. tehn. Sciences. - Slides, 1987. - 16.
6. Kakabaev O. Improving the efficiency of feed grinder-mixer: Author. diss. Candidate. tehn. Sciences. - Saratov, 1992. - 24 p.
7. Nadezhin AV Justification process parameters grinding coarse and succulent fodder combined body of work: Author. diss. Candidate. tehn. Sciences. - Zernograd, 1992. -19 S.
8. DCTU 46.007-2000 machinery and equipment feeding: Methods of functional testing.
9. VNTP-ShiP-46-8.94 Facilities for harvesting, storing and feeding to livestock.
10. Gorunov N.A.Razvedenie ducks. Ed. 5 reslave. and ext., Moscow: Kolos, 1971. - 176. with illustrations.
11. Adler YP, EV Markov, Granovsky Yu.V.Planirovanie experiment in the search for optimal conditions. - Moscow: Nauka, 1976. - 276.
12. Kassandrova ON Lebedev V.V.Obrabotka results. - Moscow: Nauka, 1970. - 104.
13. Mitkov AY, SV Kardashevsky Statistical methods in agricultural engineering. - M.: Mechanical Engineering, 1978. - 390.