

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДРОБЛЕННЯ ЗЕРНА УДАРНО-СЕПАРАЦІЙНИМ ПОДРІБНЮВАЧЕМ

**В. В. Сердюк**, аспірант

**В. А. Руденко**, к.т.н., доцент

Сумський національний аграрний університет

В статті наведені результати експериментальних досліджень процесу подрібнення зерна, визначення раціональних параметрів та режимів роботи подрібнювача при заданому модулю помелу. У роботі встановлена адекватність розрахункових показників продуктивності подрібнювача при обробці фуражного зерна для різних видів тварин потрібного ступеню подрібнення згідно зоотехнічних вимог.

**Ключові слова:** зерно, параметри, модуль помелу, подрібнення зерна, ступінь подрібнення.

**Постановка проблеми:** Подрібнене зерно підвищує ефективність його використання, тому що дрібні частинки корму повніше та швидше засвоюються тваринами. Зернові продукти займають головне місце в рецептурі комбикормів, а міцна кормова база є основою розвитку тваринництва і птахівництва.

У технології приготування кормів найпоширенішим і важливим процесом є подрібнення, обумовлене вимогами фізіології тварин. В результаті подрібнення утворюється безліч частинок з високорозвиненою поверхнею, що сприяє прискоренню процесів травлення і підвищенню засвоюваності і поживних речовин. За рахунок подрібнення зерна продуктивність тварин підвищується на 10 ...15% [1].

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Визначити вплив конструктивних параметрів подрібнювача і режимів його роботи на ступінь подрібнення зерна, оптимальні конструктивні параметри та режими роботи ударного подрібнювача зерна, здатного забезпечити відповідний модуль помелу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Подрібнення зерна на існуючих лініях приготування комбикормів проводиться, в багатьох випадках, подрібнювачами ударної дії. Для визначення оптимального співвідношення показників якості кормів та витрат енергії на подрібнення зерна потрібні дослідження, так як кількість необхідної енергії для цього залежить від багатьох факторів. Аналіз теоретичних досліджень приводить до висновку, що молоткові подрібнювачі мають ряд недоліків: велика металоємність та енергоємність, нерівномірний гранулометричний склад подрібнювального матеріалу, швидке зношування робочих органів [2]. Найпоширеніше застосовують подрібнювачі закритого типу в фермерських господарствах. Використання енергії на подрібнення зерна є складною функцією багатьох змінних величин, а саме фізико-механічних властивостей подрібнювального матеріалу, технологічних, конструктивних та геометричних параметрів робочих органів.

Значний вклад в розвиток теорії подрібнення зернових матеріалів внесли С.В. Мельников, І.І. Ревенко, О.М. Пилипенко та ряд

інших вчених. Дослідження процесу подрібнення зерна необхідно спрямовувати на удосконалення використання енергії активного удару робочими органами. Тому необхідно проведення досліджень спрямованих на визначення енергоємності процесу подрібнення зерна зумовлене впливу на цей процес різних технологічних і конструктивних факторів.

**Мета дослідження.** Визначити вплив факторів на ступінь подрібнення зерна, пошук оптимальних конструктивних і технологічних параметрів та режимів роботи подрібнювача здатних забезпечити заданий модуль помелу.

**Результати дослідження.** Дослідження проводилися у між факультетській лабораторії новітніх технологій в галузі харчових продуктів, спрямовані на визначення оптимальних конструктивних і технологічних параметрів подрібнювача.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Досліди проводилися на експериментальній установці у між факультетській лабораторії новітніх технологій в галузі харчових продуктів. Виконаний апріорний аналіз літературних джерел з роботи ударно-сепараційних подрібнювачів [2,3,4,5.] дозволив встановити конструктивні і технологічні фактори які суттєво впливають як на процес подрібнення зерна, так і на витрати енергії.

На основі аналізу дослідження роботи ударно-сепараційних подрібнювачів були обрані фактори, які впливають на показники роботи подрібнювачів [2,3,4,5] В якості факторів були обрані:  $X_1$  - кут нахилу відбивних пластин статора;  $X_2$  - лінійна швидкість (частота обертів) ротора;  $X_3$  - подача зерна;  $X_4$  - зазор між ротором та статором. Всі фактори належать і відповідають вимогам: вимірюються наявними засобами; являються керованими і одностайними; сумісні один з одним; не пов'язані між собою лінійними кореляційними зв'язками.

При обранні області визначення факторів звертали увагу на обрання нульової точки (основного рівня фактора). На основі апріорної інформації були обрані наступні основні рівні факторів і інтервали їх варіювання:  $X_1$  -  $135 \pm 15^\circ$ ;  $X_2$  -  $50 \pm 15 \text{ м/с}$ ;  $X_3$  -  $8 \pm 2 \text{ кг/с} \cdot 10^{-3}$ ;  $X_4$  -  $6 \pm 3 \text{ мм}$ . Інтервал варіювання факторів обирався з

урахуванням того, що значення факторів повинні достатньо відрізнятись від значення, відповідного нульовому рівню.

Досліди проводилися між факультетській проблемній лабораторії новітніх технологій в галузі переробки харчових продуктів.

Нами був проведений повно факторний експеримент [6,7]. Аналіз його результатів показав, що всі обрані фактори впливають на ступінь подрібнення зерна, Але значущість коефіцієнтів регресії, які характеризують ефекти парної і потрійної взаємодії показують, що лінійна модель недостатня для математичного опису дослідження з необхідною точністю, а тому виникла необхідність в побудові моделі у вигляді поліномів другого ступеня.

У матриці планування першого порядку кожна з змінних варіювалася на двох рівнях. Для оптимізації залежно поліномом другого порядку вивчення тільки на двох рівнях вже недостатньо і, отже, в план повинні включатися додаткові точки для збільшення кількості рівнів кожного фактора.

Якщо математична модель, отримана за методом повного або дрібного факторного експерименту, виявляється неадекватною, то це означає, що параметр (ступінь подрібнення зерна) знаходиться в області високої кривизни поверхні відгуку. Для складання математичних моделей, що описують область високої кривизни

поверхні відгуку, використовуються плани другого порядку.

У зв'язку з цим ми перейшли до планування і проведення експерименту, який пов'язаний з варіюванням факторів на трьох рівнях. Для цього матрицю повно факторного експерименту використовували як "ядро" ротатабельного плану другого порядку з додавання до неї "зіркових" і нульових точок. Ротатабельний план проведеного експерименту наведений в таблиці.

Результати дослідів оброблялися методами математичної статистики [8,9,10], в результаті отримано наступне рівняння регресії

$$I = 4,31 + 0,77X_1 + 1,545X_2 - 0,23X_3 - 0,345X_4 - 0,114X_1^2 + 0,132X_2^2 + 0,134X_4^2 + 0,46X_1X_2 - 0,177X_2X_3 - 0,139X_2X_4$$

Очевидно, що знаки перед коефіцієнтами вказують напрямок руху по кожному з відповідних чинників в бік збільшення параметра виходу. Абсолютне значення коефіцієнтів дає зміна параметра виходу при зміні фактора на величину інтервалу варіювання з урахуванням знака.

Для аналізу впливу окремих факторів на ступінь подрібнення зерна будемо умовно одномірні залежності, стабілізуючи значення інших факторів на певному рівні (рисунки 1,2,3,4).

Таблиця Результати дослідів подрібнення зерна.

№ п/п	Матриця планування				Робоча матриця				Ступінь подрібнення зерна	Складові ротатабельного плану
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>1</sub> – кут нахилу пластин статора, град	X <sub>2</sub> – лінійна швидкість ротора, м/с	X <sub>3</sub> – подача зерна, кг/с·10 <sup>-3</sup>	X <sub>4</sub> – зазор між ротором та статором, мм		
1.	-	-	-	-	120	35	60	3	2,657	Ядро плану
2.	+	-	-	-	150	35	60	3	3,363	
3.	-	+	-	-	120	65	60	3	5,546	
4.	+	+	-	-	150	65	60	3	8,357	
5.	-	-	+	-	120	35	100	3	2,471	
6.	+	-	+	-	150	35	100	3	3,430	
7.	-	+	+	-	120	65	100	3	4,444	
8.	+	+	+	-	150	65	100	3	7,535	
9.	-	-	-	+	120	35	60	9	2,395	
10.	+	-	-	+	150	35	60	9	3,629	
11.	-	+	-	+	120	65	60	9	4,730	
12.	+	+	-	+	150	65	60	9	7,678	
13.	-	-	+	+	120	35	100	9	2,467	
14.	+	-	+	+	150	35	100	9	2,875	
15.	-	+	+	+	120	65	100	9	4,422	
16.	+	+	+	+	150	65	100	9	6,273	
17.	-2	0	0	0	105	50	80	6	2,610	Зіркові точки
18.	+2	0	0	0	165	50	80	6	4,861	
19.	0	-2	0	0	135	20	80	6	1,873	
20.	0	+2	0	0	135	80	80	6	7,568	
21.	0	0	-2	0	135	50	40	6	4,218	
22.	0	0	+2	0	135	50	120	6	3,697	
23.	0	0	0	-2	135	50	80	1	5,964	
24.	0	0	0	+2	135	50	80	12	3,493	
25.	0	0	0	0	135	50	80	6	4,356	Нульові точки
26.	0	0	0	0	135	50	80	6	4,375	
27.	0	0	0	0	135	50	80	6	4,414	
28.	0	0	0	0	135	50	80	6	4,365	
29.	0	0	0	0	135	50	80	6	4,372	
30.	0	0	0	0	135	50	80	6	4,401	
31.	0	0	0	0	135	50	80	6	4,344	

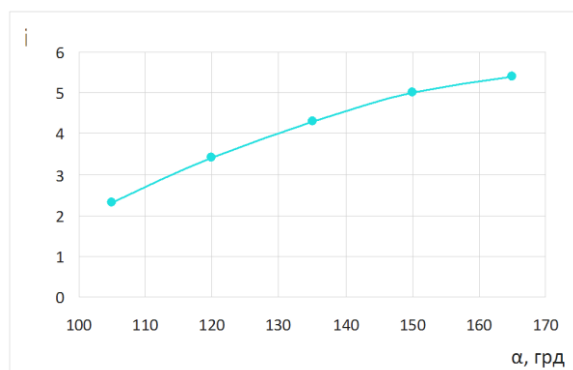


Рис.1. Залежність ступені подрібнення зерна від кута нахилу відбивних пластин статора.

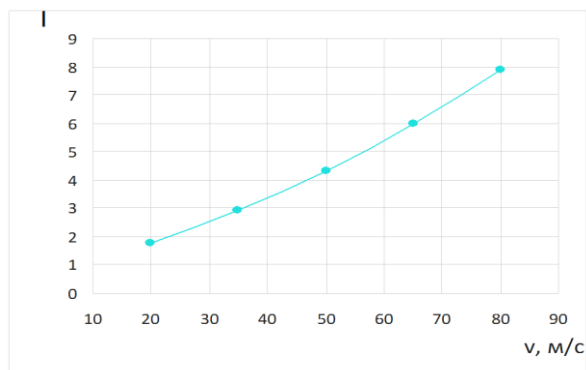


Рис.2. Залежність ступені подрібнення зерна від лінійної швидкості (частоти обертів) ротора.

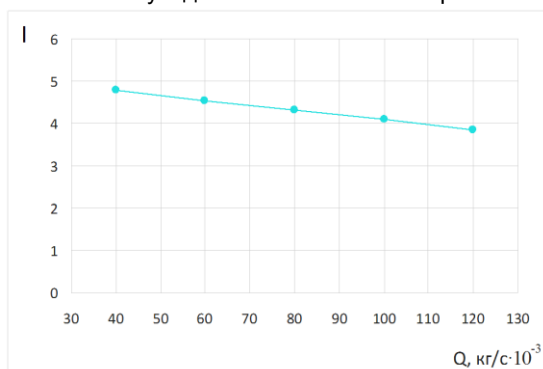


Рис.3. Залежність ступені подрібнення зерна від подачі зерна.

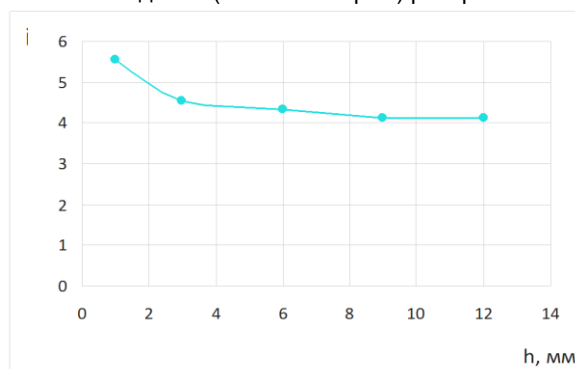


Рис.4. Залежність ступені подрібнення зерна від зазору між ротором та статором.

*Висновки.* За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що найбільший вплив на ступінь подрібнення зерна здійснюють лінійна швидкість ротора (рис.2) та кути нахилу відбивних пластин статора (рис.1). При зростанні цих параметрів ступінь подрібнення зерна збільшується, а зростання подачі зерна (рис.3) й зазору між ротором та статором (рис.4) приводять до зниження ступеня подрібнення.

### **Список використаної літератури:**

1. Хохрин, С.Н. Корма и кормление животных [Текст] / С.Н. Хохрин. - М.: Лань, 2002. - 512 с.
2. Ревенко І.І. та ін. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. К.: Урожай, 1999. – 191 с.
3. Кукта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов. М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
4. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк та ін. За ред. Яцуна С.С. К.: Мета, 2003. – 448 с.
5. Вараксин, А.В. Исследование процесса измельчения концентрированных кормов [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / А.В. Вараксин. - Благовещенск, 2005. - 24 с.
6. Сердюк В.В., Руденко В.А. Дослідження процесу подрібнення зерна ударно-сепараційним подрібнювачем, науковий журнал Вісник СНАУ випуск 10 (25) Суми 2013 - 117 с.
7. Сердюк В.В., Руденко В.А. Визначення витрат енергії на процес дроблення зерна.
8. Адлер Ю.П. Планирование экспериментов при поиске оптимальных решений. / Ю.П.Адлер, Е.В. Макарова, Ю.В. Грановский. М.: Наука, 1986. – 215 с.
9. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
10. Лавров В.В., Спиринов Н.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента. Екатеринбург, ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2004. – 257 с.

### ***Сердюк В.В., Руденко В.А. Исследование процесса дробление зерна ударно-сепараційним измельчителем***

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований процесса измельчения зерна, определение рациональных параметров и режимов работы измельчителя при заданном модуле помола. В работе установлена адекватность расчетных показателей производительности измельчителя при обработке фуражного зерна для разных видов животных нужного степени измельчения согласно зоотехнических требований.*

**Ключевые слова:** зерно, параметры, модуль помола, измельчения зерна, степень измельчения.

### ***Serdyuk V.V., Rydenko V.A. Studying the process of grain draining for an effective separative suspicion***

*In the article the results of experimental researches of the grinding process of grain, determination of rational parameters and operating modes of the shredder with the given grinding module are given. In the work, the adequacy of the calculated indicators of the productivity of the shredder in the processing of fodder grain for different species of animals required degree of grinding in accordance with the requirements of zootechnical requirements.*

**Keywords:** grain, parameters, grinding unit, grain grinding, grinding degree.