

УДК 631.361.43: 664.788

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДРОБАРКИ ЗЕРНА

Гвоздєв О.В., к.т.н.,

Ялпачик О.В., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена аналізу останніх досягнень по створенню обладнання для подрібнення зерна та оптимізації енерговитрат процесу подрібнення зерна шляхом вдосконалення конструкції дробарки зерна.

Ключові слова – подрібнення зерна, аналіз стану, дробарка, оптимізація енерговитрат, вдосконалення, конструкція.

Постановка проблеми. У сучасних умовах споживання зерна нормована його витрата при годуванні великої рогатої худоби має велику актуальність, тим більше, що конкуренція на ринку кормів постійно вимагає пошуку нових шляхів підвищення якості кормових сумішей і зниження виробничих витрат.

Якість тваринницької продукції можлива лише при годуванні великої рогатої худоби збалансованою, високоякісною кормовою продукцією. Оскільки організм тварини засвоює усього лише 20...25% енергії корму, то завдання полягає у зменшенні втрати енергії корму шляхом підвищення його поживної цінності. Для цього при годуванні тварин використовують комбікормові суміші, внаслідок чого продуктивність збільшується на 1... 10%, а витрата корму на одиницю продукції знижується на 15...20% [1].

Подрібнення значною мірою впливає на ефективність використання кормів, а також є однією з важливих і самих енергоємних операцій у технології виготовлення комбікормів. На подрібнення припадає близько 65 % загальних витрат, що складає приблизно 33% собівартості готової продукції [1,2].

Технологічні схеми подрібнення зерна сьогодні розвиваються у напрямку зниження енерговитрат, поліпшення якості, рівномірності подрібнення, розширення технологічних можливостей, повної

© Гвоздєв О.В., к.т.н., доцент, Ялпачик О.В., аспірант

* Науковий керівник Гвоздєв О.В. к.т.н., доц.

механізації завантаження й вивантаження, а також раціональної організації процесу подрібнення [1,3,4].

Однак при цьому необхідно уникати переподрібнення, оскільки при дрібному помелі зростають втрати від розпилення борошнистих пилоподібних фракцій, а питома витрата енергії на подрібнення збільшується у 2-3 рази в порівнянні із середнім і грубим помелом. При цьому дрібна частина корму погано засвоюється тваринами.

Тому подрібнювачі зернових матеріалів повинні забезпечити відповідний модуль помелу (в залежності від виду тварин) з мінімальним вмістом пиловидної фракції.

Аналіз останніх досліджень. У рішенні поставленої задачі важливу роль грає процес дроблення усіх інгредієнтів, що входять у кормову суміш. Промисловістю випускається безліч різних типів і модифікацій молоткових дробарок, що викликає труднощі у виборі найбільш оптимальної установки для досягнення необхідної якості суміші і мінімальних витрат енергії.

Аналіз літературних джерел з цього питання показав, що є різні види молоткових дробарок, такі, як: решітні молоткові дробарки з вісьовим поданням, молоткові дробарки відкритого типу, роторні закритого типу, дискові з розгінними робочими органами і так далі. На підставі теоретичних передумов прийшли до висновку, що молоткові подрібнювачі мають ряд недоліків: велика металоємність і енергоємність, нерівномірний гранулометричний склад подрібнення продукту, швидкий знос робочих органів [5].

Підвищити ефективність подрібнення зерна можливо за рахунок багатоступеневого подрібнення та видалення подрібнених часток із дробильної камери при переході від одного ступеня подрібнення до другого, що забезпечить, відсутність переподрібнення матеріалу й відбувається зменшення маси циркулюючого навантаження [4].

Нами розроблені спосіб і пристрій для подрібнення зерна прямим ударом робочих органів у вигляді металевих пальців [6,7,8,9].

Така дробарка прямого удару досить компактна, не вимагає використання потужного приводного устаткування і може ефективно використовуватися на малих тваринницьких фермах [9].

Удосконалення процесу подрібнення зерна повинне полягати в підвищенні ефективності передачі частці енергії при активному ударі робочого органу по матеріалу. Конструкції камери подрібнення, а також робочих органів повинні виключати такий недолік як переподрібнення матеріалу й зменшення маси циркулюючого навантаження.

Виходячи з аналізу вищевикладеного, ми припускаємо наступне. Якщо завантажувати камеру зверху рівномірно розподіленим потоком зерна, то весь потік подрібненого матеріалу буде рухатися униз,

паралельно осі обертання ротора і дрібні частки, маючи меншу швидкість обертання, будуть легше видалятися з потоку, знижуючи тим самим переподрібнення й підвищуючи якість одержуваного продукту.

Постановка завдання. Метою даної роботи є оптимізація енерговитрат процесу подрібнення зерна шляхом вдосконалення конструкції дробарки зерна.

Основна частина. З метою економічної доцільності для виконання усіх умов роботи дробарки зерна були вивчені конструкції молоткових дробарок і розроблена лабораторна установка.

Дробарка працює таким чином (рисунок 1). Попередньо очищене зерно без сортування на фракції за розміром надходить через бункер – дозатор 15 до живильного бункеру 5, де, проходячи по внутрішньому конуса 7, який виконано у вигляді набору сепаруючих конусів, що мають розподіляючу поверхню брахистохронної властивості, між якими розташовано щілинні отвори 9, розподіляється на фракції, наприклад, на три фракції, як показано на кресленні стрілками I, II, III, за рахунок чого підвищується продуктивність пристрою. Кожна фракція зерна окремо рівномірно розподіляється розподільником фракцій 10. Дрібна фракція поступає на поверхню розподільного конусу 11, середня – на конус 12, велика – на конус 13. Кількість щілинних отворів 9 відповідає кількості суцільних конусів розподільника фракцій 10 та кількості рядів робочих елементів 4, причому у кожному ряду, крім першого, кінцівки робочих елементів 4 розташовані під кутом α . Кут α вигину кінцівок робочих елементів визначається за формулою:

$$\alpha = \text{actg} \frac{h}{a}, \quad (1)$$

де h – відстань між рядами робочих елементів 4;

a – відстань між основами суцільних конусів розподільника фракцій 10.

Довжина робочих елементів 4 першого ряду дорівнює радіусу основи другого від валу суцільного конуса розподільника фракцій 10, а відстані до точок вигину кінцівок робочих елементів наступних рядів дорівнюють відповідним радіусам основ суцільних конусів.

Таке подавання забезпечує рівномірне надходження зерна кожної фракції окремо на свою частку диска 2, де й реалізується однократний прямий удар у площині, перпендикулярній площині падіння зерна робочими елементами (стержнями) 4. Для регулювання об'ємної кількості кожної фракції зерна в залежності від початкового фракційного складу суцільні розподільчі конуси 11, 12, 13 виконані з

можливістю вертикального регулювання за висотою кожного конуса окремо.

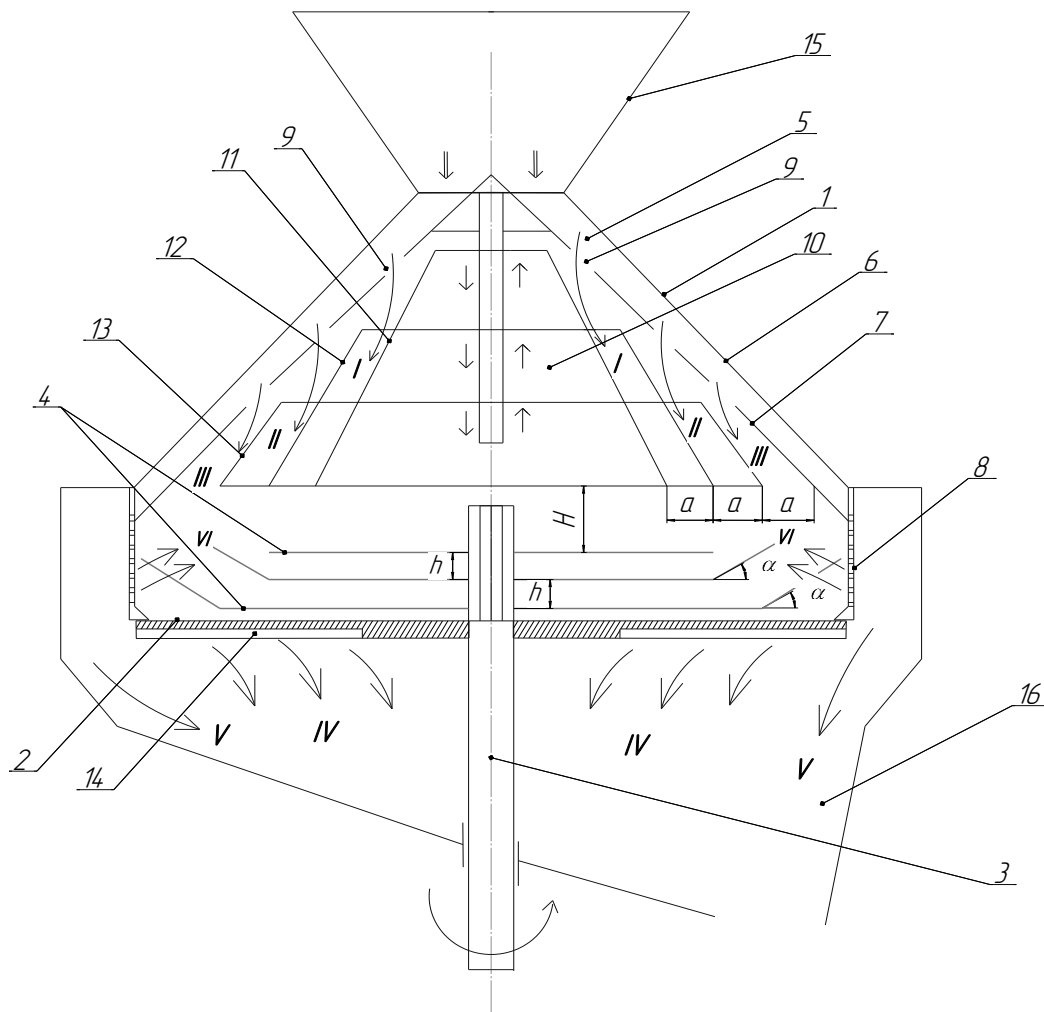


Рисунок 1 – Схема розробленої конструкції дробарки зерна.

1- корпус; 2 – диск; 3 – вал; 4 - робочі елементи у вигляді тонких стержнів; 5 - живильний бункер; 6 - конус зовнішній; 7 - конус внутрішній; 8 - циліндрична перегородка; 9 - щілинні отвори; 10 - розподільник фракцій; 11, 12, 13 - набір суцільних конусів; 14 - канали клиноподібної форми; 15 - бункер – дозатор; 16 - вихідний патрубок;

Наприклад, зерно має велику кількість дрібної фракції, тоді опускають конуси 12 і 13, що збільшує зону прийому дрібної фракції.

Подрібнена суміш часток зерна попадає на диск 2 і рухається уздовж каналів 14 клиноподібної форми, здобуваючи при цьому необхідну швидкість під дією відцентрових сил. При русі часток суміші уздовж каналів 14 клиноподібної форми вони сепаруються відповідно своєму розміру, як показано на кресленні стрілками IV.

Частки, розмір яких перевищує максимальний розмір сепаруючих каналів 14 диска, й частки, які не виділилися через канали диска, під дією відцентрових сил з великою швидкістю відкидаються на циліндричну перегородку 8, яка виконана у вигляді жалюзійного сепаратора. Тут також вони сепаруються відповідно своєму розміру й виводяться із зони дроблення, як показано на кресленні стрілками V.

Частки, розмір яких перевищує максимальний розмір сепаруючих каналів циліндричної перегородки 8, відбиваються від неї (як показано на кресленні стрілками VI) и попадають у зону дії робочих елементів (стержнів) 4, дробляться ними, сепаруються відповідно своєму розміру й виводяться з зони дроблення, як показано на кресленні стрілками IV, або V.

Далі продукти лушення та подрібнення попадають до вихідного патрубку 16 та направляються на подальшу переробку.

Таке сполучення суттєвих ознак, як виконання внутрішнього конусу у вигляді набору сепаруючих конусів, що мають розподіляючу поверхню брахистохронної властивості, дозволяє забезпечити підвищення продуктивності подрібнення, так як поверхні брахистохронної властивості є поверхні найшвидшого скату, а узгодженість кількості щілинних отворів, кількості суцільних конусів розподільника фракцій, кількості рядів робочих елементів та погодженості їх конструктивного виконання з конструктивним виконанням основ суцільних конусів веде до підвищення вірогідності руйнування часток зерна одним ударом і видалення дрібних часток із дробильної камери в міру їхнього утворення, збільшенні вірогідності та енергії зіткнення зернівок різних розмірів зі стержнями, що підвищує рівномірність фракційного складу подрібнених часток, рівномірність лушення та подрібнення, збільшує продуктивність та знижує енергоємність процесу.

Одній з найважливіших проблем процесу подрібнення, зокрема зернових кормів, являється проблема підвищеної витрати електричної енергії. Наше завдання - понизити енерговитрати за допомогою вдосконаленої кормодробарки і робочих органів у вигляді стержнів.

Технічним результатом цього устаткування є підвищення ефективності подрібнення і зниження енергоємності за рахунок збільшення вірогідності та енергії зіткнення зернівок різних розмірів зі стержнями і видалення дрібних часток із дробильної камери в міру їхнього утворення.

На цей вид конструкції дробарки отриманий патент [10].

Кількість енергії, необхідна для подрібнення якого-небудь матеріалу до певних розмірів, залежить від багатьох чинників: розміру, вологості, форми, взаємного розташування часток, міцності, крихкості, однорідності початкового матеріалу, виду і стану робочих

поверхонь машини. Тому встановити аналітичну залежність між витратою енергії на подрібнення, фізико-механічними властивостями подрібнюваного матеріалу і результатом процесу можна лише в загальному вигляді.

Витрата енергії на подрібнення сировини залежить від багатьох параметрів, найважливішими з яких є : продуктивність, міра подрібнення, структурно-механічні властивості матеріалу, що переробляється, його вологість і інші, а також споживана потужність на подрібнення продукту.

Енергоємність процесу найчастіше визначають за відомою формулою:

$$W = \frac{P_{роб}}{Q}, \quad (2)$$

де $P_{роб}$ - потужність електродвигуна дробарки при робочому навантаженні, кВт;

Q - продуктивність дробарки, т/год.

Енергоємність процесу подрібнення у дробарці може бути визначена за наступним виразом:

$$W = \frac{P_{роб} - P_{xx}}{Q}, \quad (3)$$

де P_{xx} - потужність дробарки на холостому ході, кВт.

При виконанні експериментальних досліджень головне місце відводиться питанням визначення корисної потужності, споживаної установкою при подрібненні. Велике різноманіття вживаного устаткування дає можливість порівняти отримані результати.

Розрахунок потужності що витрачається експериментальною установкою виконували з урахуванням коефіцієнта корисної дії електродвигунів і їх приводів.

Розрахунок витрати енергії дробарки виконували за наступною формулою:

$$P_n = P_p \cdot \eta - P_{xx}, \quad (4)$$

де P_n - потужність, споживана при подрібненні, кВт;

P_p - середня потужність, споживана подрібнювачем під навантаженням, кВт;

η - ККД електродвигуна при роботі під навантаженням ($\eta = 0.88$).

Визначаємо потужність холостого ходу P_{xx} за формулою:

$$P_{xx} = P_{pxx} \cdot \eta_{xx}, \quad (5)$$

де P_{pxx} - потужність, споживана при роботі вхолосту, кВт;

η_{xx} - ККД електродвигуна при навантаженні холостого ходу

($\eta_{xx} = 0,9$).

Питома витрата енергії :

$$P_{y\partial} = \frac{P_{изм}}{Q}, \quad (6)$$

Вивчивши теорію дроблення, нами були проведені дослідження запропонованих стержнів дробарки. Для експерименту використовувалася лабораторна установка, яка описана у роботі [9].

За допомогою вимірювальних приладів, таких як ватметр, амперметр і вольтметр знімалися дані споживаної потужності обертання ротора на холостому ходу подрібнювача і з навантаженням за величиною споживаної потужності з мережі. Отримані дані записували в звідну таблицю і графічно зробили порівняльну характеристику з метою виявлення енергоємності, рисунок 2.

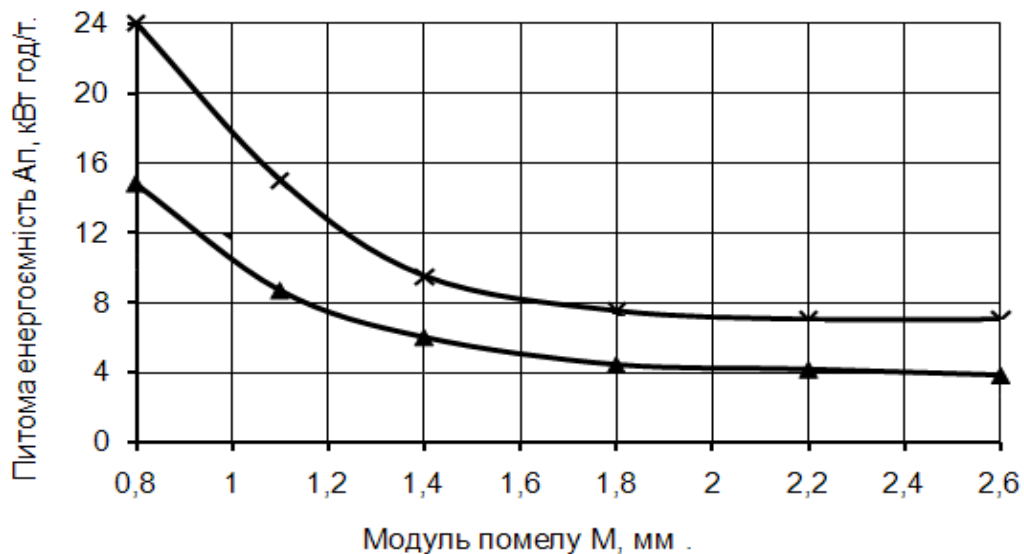


Рисунок 2 - Залежність питомої енергоємності дробарок від модуля помелу: \blacktriangle – експериментальна дробарка; \times – молоткова дробарка

З рисунку 2 видно, що використання розробленої конструкції ротора із стержнями різної довжини і зі встановленням їх під кутом α дозволяє знизити енергоємність дроблення на 18...26% за рахунок виключення повторної дії стержнів на зерно і тим самим підвищити якість дроблення за рахунок виключення переподрібнення зерна.

Висновки. Виконання внутрішнього конусу у вигляді набору сепаруючих конусів, що мають розподільчу поверхню

брахистохронної властивості, дозволяє забезпечити підвищення продуктивності подрібнення, так як поверхні брахистохронної властивості є поверхнями найшвидшого скату, а узгодженість кількості щілинних отворів, кількості суцільних конусів розподільника фракцій, кількості рядів робочих елементів та погодженості їх конструктивного виконання з конструктивним виконанням основ суцільних конусів веде до підвищення вірогідності руйнування часток зерна одним ударом і видалення дрібних часток із дробильної камери в міру їхнього утворення, збільшенні вірогідності та енергії зіткнення зернівок різних розмірів зі стержнями, що підвищує рівномірність фракційного складу подрібнених часток, рівномірність лушення та подрібнення, збільшує продуктивність та знижує енергоємність процесу.

Використання розробленої конструкції ротора із стрижнями різної довжини і зі встановленням їх під кутом α дозволяє знизити енергоємність дроблення на 18...26% за рахунок виключення повторної дії стержнів на зерно і тим самим підвищити якість дроблення за рахунок виключення переподрібнення зерна.

Література.

1. *Алешкин В.Р.* Повышение эффективности процесса и технических средств механизации измельчения кормов: Дис...д-ра техн. наук.- Киров, 1995.- 412 с.

2. *Олексієнко В.О.* Підвищення ефективності роботи молоткових кормодробарок. Дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.11 / Олексієнко В.О. – Мелітополь, 2006. – 173 с.

3. *Акименко А.В.* Совершенствование процесса измельчения фуражного зерна// А.В. Акименко, А.А. Сундеев, В.В. Воронин. Хранение и переработка зерна. 2011. №2. С. 45 – 47.

4. *Денисов В.А.* Повышение эффективности процесса измельчения зерновых компонентов комбикормов: Автореф. дис. ...д-ра. техн. наук / В.А. Денисов. - Москва – 1992. -32 с.

5. *Ялпачик Ф.Е., Ялпачик С.Г., Крыжачковский Н.Л., Кюрчев В.Н.* Кормодробилки: конструкция, расчет, / под ред. к.т.н. Ялпачик Г.С., Запорожье.: Коммунар, 1992. - 290 с.

6. Патент на винахід № 50426. Україна, А23N5/00. Пристрій для лушення та подрібнення зерна./ Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик. Бюл.№11 від 10.06.2010.

7. Патент на винахід № 93312. Україна, А23N5/00, В02С 13/00/ Пристрій для лушення та подрібнення зерна./ Т.О. Шпиганович, Ф.Ю. Ялпачик, О.В. Гвоздєв, О.В. Ялпачик. Бюл.№2 від 25.01.2011.

8. Патент на винахід № 95435. Україна, А23N5/00, В02С 13/00/ Пристрій для лушення та подрібнення зерна./ Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик. Бюл.№14 від 25.07.2011.

9. *Шпиганович Т.О.* Дробарка прямого удару з системою сепарування зерна та продуктів подрібнення / Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик // Техніка і технологія АПК. - №12. – С. 7-10.

10. Патент на корисну модель № 91464. Україна, А23N5/00. Пристрій для лушення та подрібнення зерна./ Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик., А.В. Гамова, Є.С. Бабанін. Бюл.№13 від 10.07.2014.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ ЗЕРНА ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ДРОБИЛКИ ЗЕРНА

Гвоздєв А.В., Ялпачик А.В.

Аннотація – **робота посвящена аналізу останніх досягнень по створенню обладнання для измельчення зерна и оптимизации энергозатрат процесса дробления зерна путем совершенствования конструкции дробилки зерна.**

ENERGY OPTIMIZATION THE PROCESS OF GRINDING GRAIN BY IMPROVING CONSTRUCTS CRUSHER GRAIN

Gvozdev A..Yalpachyk A

Summary

The work is devoted to analysis of the latest achievements in the creation of equipment for the grinding of grain and the rationale for the design of the crusher grain direct impact.