Использование принципиально нового аспирационного оборудования позволяет значительно снизить затраты электроэнергии на аспирацию транспортно-технологического оборудования, заменив сложные разветвленные централизованные сети, требующие больших затрат электроэнергии, на локальные высокоэффективные аспирационные сети. Локальная аспирация позволяет сохранить баланс зерновой массы, возвращая отфильтрованную пыль обратно в зерновой поток и, тем самым, исключить затраты на перемещение аспирационных отходов в бункера и их утилизацию. Научно обоснованные аэродинамические и конструктивные параметры нового оборудования позволяют при снижении затрат на аспирацию обеспечить предельно допустимую концентрацию пыли в рабочих помещениях ниже нормативно установленной, а также снизить концентрацию пыли в выбросах аспирационных систем, что уменьшает негативное воздействие на экологию.

Выводы

Реализация локальных систем обеспыливания на десятках зерноперерабатывающих предприятий позволила подтвердить их высокую эффективность, надежность, возможность уменьшения энергоемкости до 3-5 раз, обеспечить показатели запыленности рабочих помещений, выбросов в окружающую среду существенно ниже нормативных.

Литература

1. Гапонюк О.І. Основи теорії та практики функціонування систем знесилення зернопереробних підприємств: 05.18.12 / Гапонюк Олег Іванович. – 495 с.
2. Гапонюк О.И., Дмитрук Е.А. Правила проектування аспіраційних установок підприємств по збереженню та переробці зерна. – К.: Міністерство сільського господарства та продовольства України, 1995. – 190 с.

УДК 631.361.43:664.788

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДРОБАРКИ ЗЕРНА ПРЯМОГО УДАРУ З ВЕРТИКАЛЬНИМ РОТОРОМ

Ялпачик О.В., аспірант, Гвоздєв О.В, канд. техн. наук, доцент,
Самойчук К.О. канд. техн. наук, доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

У статті представлено результати експериментальних досліджень визначення частоти обертання ротора, кількості пальців ротора, подачі та отворів сита дробарки зерна прямого удару з вертикальним ротором.

In the article the results of experimental researches of determination of frequency of rotation to the rotor, amount of fingers of the rotor, serve and opening of sieve of crusher of grain of direct blow with a vertical rotor are presented.

Ключові слова: подрібнення, дробарка прямого удару, ротор, зерно, дослідження, експеримент.

Постановка проблеми. Одним із чинників підвищення ефективності виробництва зернової продукції є зниження витрат на приготування комбікормів. Найважливішою операцією при приготуванні кормів є подрібнення фуражного зерна. Устаткування для здійснення цієї операції ще настільки не ідеальне, що на подолання сил молекулярного зчеплення матеріалу для розділення його часток на частини навіть в найефективніших дробарках витрачається від 1 до 10 кВт електроенергії на 1 тонну продукту [1].

Сьогодні на тваринницьких фермах, комбікормових заводах у круп’яних переробних підприємствах широко використовуються молоткові і ударноцентробіжні подрібнювачі, які мають істотні недоліки. Зерновий матеріал у зоні дії робочих органів схильний до значного переподрібнення. Зміст пилоподібної фракції становить до 20 % і більше. Пов'язано це з тим, що своєчасного відводу готового продукту з камери подрібнення не відбувається, де він разом з недоподрібненими фракціями здійснює тривалу циркуляцію, піддаючись багаторазовій ударній дії, небажаному тертю об молотки та деку. Все це призводить до підвищення питомої енергоємності процесу подрібнення.

У сучасних ринкових умовах зернопереробна промисловість орієнтована на енерго- та ресурсозбереження. Внаслідок цього постійно зростають вимоги до якості подрібнення, зниження витрат енергії і

металу.

На сьогоднішній день назріла необхідність створення нових видів подрібнювачів, більш простих у виготовленні, таких, що переважають за якісними та економічними показниками попередні зразки з принципово іншими технологічними процесами.

Аналіз останніх досліджень. На подрібнення використовується близько 40 % від усієї використовуваної енергії в комбікормовій промисловості. Вивченням, розробкою, поліпшенням конструкції молоткових дробарок займалися багато вчених і практиків В.П. Горячкін, С.В. Мельников, Г.М. Кукта, І.І. Ревенко, [1,2,3,4] та ін. У результаті були обґрунтовані для ряду окремих випадків технологічні режими і конструктивні параметри подрібнювачів ударного типу. Однак, як правило, висновки і пропозиції ставилися до молоткової дробарки з горизонтальною віссю обертання ротора. Тому далеко не всі висновки можуть бути використані при проектуванні і дослідженні дробарок з вертикальною віссю обертання ротора, хоча конструкції з вертикальною віссю обертання ротора зустрічаються все частіше [5].

Постановка завдання. Для розв’язання задачі інтенсифікації процесу подрібнення зерна дробарними машинами з вертикальною віссю обертання ротора з пальцевими робочими органами, призначеними для використання у фермерських господарствах, заводах комбікормового та круп'яного виробництв, необхідні дослідження з обґрунтування режимів роботи та параметрів їхньої конструкції. Як показав аналіз численних досліджень, основними конструктивними, кінематичними та технологічними параметрами дробарок є: подача зернового матеріалу в дробарку, діаметр отворів сит, частота обертання ротора, кількість і розміри пальців [3,5,6,7]. Але ще дробарки з пальцевими робочими органами та вертикальною віссю обертання досліджені недостатньо [5,6]. Тому нами поставлена задача обґрунтувати раціональні параметри та режими роботи дробарки зерна прямого удару на основі результатів експериментальних досліджень процесу подрібнення зернового матеріалу шляхом прямого удару об робочі органи (пальці або стрижні), що закріплені на роторі з вертикальною віссю обертання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для зменшення кількості пиловидної фракції доцільно застосовувати принцип руйнування зернового матеріалу шляхом спрямованої його подачі на прямий удар об робочі органи дробарки й швидкого видалення подрібненого продукту з подрібнювальної камери. Цим вимогам відповідає дробарка для подрібнення зерна, яка розроблена у Таврійському державному агротехнологічному університеті, конструкція та принцип дії якої описано у роботі [8]. Новизна конструкції розробленої дробарки прямого удару з вертикальною віссю обертання захищена рядом патентів України на винахід: № 76556, №86897, №93312, заявка № 201003986 (рішення про видачу від 26.04.2011 №10936/3А/11).

Враховуючи складність процесу подрібнення зерна в циркуляційному шарі молоткових дробарок прямого удару з вертикальною віссю обертання, для визначення оптимальних техніко-конструктивних її параметрів необхідно враховувати не тільки окремі фактори подрібнення, але і взаємний їх вплив. З метою встановлення взаємного впливу факторів подрібнення необхідно застосувати методику математичного планування експерименту, задачею якої є одержання статистичної математичної моделі об'єкта досліджень у вигляді рівнянь регресії.

Побудова і дослідження статистичної математичної моделі зводиться до наступного:

— попереднє дослідження об'єкта;
— вибір критерію оптимізації, впливових чинників і побудова моделі;
— оцінка адекватності і відтворюваності одержаної математичної моделі;
— використання моделі для оптимізації досліджуваного процесу.

Попередні пошукові експериментальні та теоретичні дослідження дали можливість визначити вплив окремих факторів та визначити їхні рівні. До факторів, що впливають на процес подрібнення зернового матеріалу у дробарці прямого удару з вертикальною віссю обертання віднесли: частоту обертання ротора n, хв.$^{-1}$, подача зернового матеріалу в дробарку Q, кг/с та кількість пальців m, шт.

Встановлено, що з підвищенням частоти обертання ротора збільшується модуль подрібнення зерна [1,3]. З іншого боку, модуль подрібнення нижче 0,25 мм є небажаним [1]. Крім того, висока частота обертання викликає підвищені вимоги до конструкції машини і збільшує її вартість. Тому досліди проводилися для частоти обертання 1500-2500 об/хв.

Подача зерна для більшості промислових дробарок фермерських господарств становить 500-1000 кг/год [5].

Мінімальна кількість пальців, одержана для обраних технологічних та техніко-конструктивних параметрів – 4 шт. Для збільшення ефективності подрібнення згідно з відомими конструктивними рішеннями пальцевих дробарок і виходячи з умов технологічності виготовлення пальцевого ротора, досліди проводились для 6…10 пальців. Параметричні обмеження, які являють собою рівні варіювання факторів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фактори і рівні їхнього варіювання

№	Фактор	Одиниця вимірювання	Рівні варіювання факторів				Позначення
			– 1	0	+ 1	Δ_i	
1	*n*	хв$^{-1}$	1500	2000	2500	500	X_1
2	*Q*	кг/с	0,17	0,225	0,28	0,055	X_2
3	*m*	шт.	6	8	10	2	X_3

Критерій оптимізації, що характеризує об'єкт дослідження повинен, задовольняти такими умовам:

— описувати ефект процесу з позиції кінцевої мети;
— мати певну універсальність для групи подібних процесів;
— повинен бути сукупною і вичерпною характеристикою об'єкта дослідження;
— повинен мати чіткий фізичний зміст.

Виходячи з вищезазначених умов, критерієм оптимізації процесу було обрано якість подрібнення зерна (модуль помелу) М.

Експерименти проводились у трьох повторюваннях.

Зерновий матеріал для досліджень – пшениця, вологістю 14 %.

Для знаходження оптимальних значень впливових факторів було застосовано один із методів математико-статистичної теорії планування експерименту – метод «крутого сходження» по поверхні відгуку [9]. Було проведено три трьохфакторних експерименти для діаметра отворів сит камери подрібнення 8, 10 та 12 мм. Обробка здійснювалася в програмному пакеті MathCad за відомою методикою [9]. Розраховувались та аналізувались критерії Кохрена (перевірка відтворюваності дослідів), Стьюдента (значущість коефіцієнтів регресії) та Фішера (перевірка на адекватність).

Для кожного експерименту було перевірено на адекватність лінійну модель процесу, але описати область оптимуму лінійним рівнянням не вдалося через крутизну площин факторного простору та значущості коефіцієнтів взаємодії факторів та квадратичних ефектів. Тому матриця трьохфакторного експерименту була розширена додатковими значеннями функції відгуку для одержання рівняння другого порядку.

Розкодована модель процесу подрібнення зерна для діаметра отворів сита камери подрібнення 8 мм має вигляд

$$M = 10{,}4158 - 0{,}00151n - 39{,}8645Q - 0{,}965m - 0{,}0056nQ - \\ - 0{,}000229nm + 0{,}6Qm + 0{,}000001164n^2 + 102{,}8099Q^2 + 0{,}08625m^2 \quad (1)$$

На рисунку 1 наведено приклад поверхні залежності модуля помелу зерна (М) від подачі зернового матеріалу в дробарку Q, кг/с та кількість пальців m, шт. при частоті обертання ротора n = 2000 хв.$^{-1}$

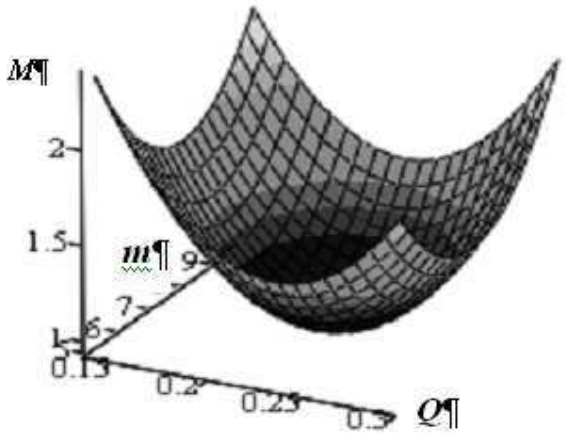

Рис. 1 – Поверхня залежності модуля помелу зерна (М) від подачі зернового матеріалу в дробарку Q, кг/с та кількість пальців m, шт. при частоті обертання ротора n = 2000 хв.$^{-1}$

Таке зображення залежності модуля помелу зерна від впливу суттєвих факторів не дає можливості отримати чітку оптимізацію параметрів. Тому розглянемо та проаналізуємо двовимірні перетини парних

взаємодій факторів, що мають практичне значення при визначенні якості подрібнення зерна (модуль помелу) М.

На рисунку 2 подано двовимірні перетини ліній рівнів функції відгуку(модуля помелу) М від частоти обертання ротора n, хв.$^{-1}$ та подачі зернового матеріалу в дробарку Q, кг/с (рис.2,а), частоти обертання ротора n, хв.$^{-1}$ та кількості пальців m, шт. (рис.2,б) і подачі зернового матеріалу в дробарку Q, кг/с та кількості пальців m, шт. (рис.2,в).

Мінімальне значення модуля помелу для діаметра отворів сита камери подрібнення 8 мм (М = 0,951) досягається при значеннях частоти обертання ротора n=1911 об/хв., подачі зернового матеріалу в дробарку Q=0,224 кг/с і кількості пальців m=7.

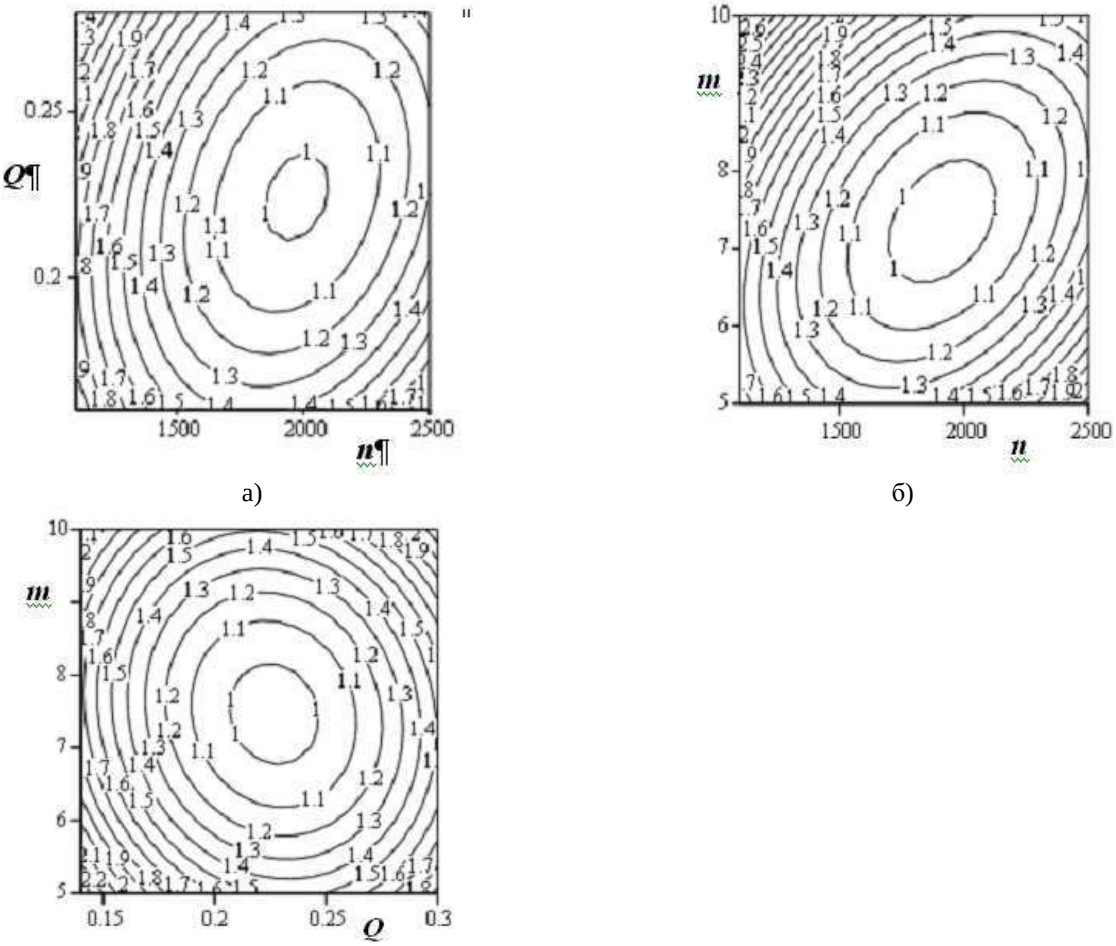

Рис. 2 – Двовимірні перетини ліній рівнів функції відгуку (модуля помелу) М від:
а – М= f (Q,n); б – М= f (m,n); в – М= f (m,Q

Розкодована модель процесу подрібнення зерна для діаметра отворів сита камери подрібнення 10 мм має вигляд:

$$M = 18{,}33 - 0{,}00543n - 46{,}13Q - 1{,}5835m - 0{,}00313nQ + \\ + 0{,}691Qm + 0{,}00000147n^2 + 104{,}132Q^2 + 0{,}0893m^2 \quad (2)$$

Аналіз рівняння (2) та двовимірних перетинів ліній рівнів функції відгуку показав, що мінімальне значення модуля помелу для діаметра отворів сита камери подрібнення 10 мм (М = 1,14) досягається при значеннях частоти обертання ротора n=2079 об/хв., подачі зернового матеріалу в дробарку Q=0,226 кг/с і кількості пальців m=8.

Аналогічно одержана розкодована модель процесу подрібнення зерна для діаметра отворів сита камери подрібнення 12 мм, яка має вигляд:

$$M = 18{,}44 - 0{,}00967n - 0{,}0035nQ + 0{,}00000247n^2 + +103{,}802Q^2 + 0{,}0413m^2 \quad (3)$$

Аналіз рівняння (3) та двовимірних перетинів ліній рівнів функції відгуку показав, що мінімальне значення модуля помелу для діаметра отворів сита камери подрібнення 12 мм (М = 1,075) досягається при значеннях частоти обертання ротора n=2118 об/хв., подачі зернового матеріалу в дробарку Q=0,227 кг/с і кількості пальців m=8.

Графіки залежностей модуля помелу зерна від частоти обертання, кількості пальців та подачі мають дзеркальний характер відносно оптимуму, тобто розмір часток після подрібнення швидко збільшується при віддаленні від оптимального значення.

Для подачі це можна пояснити таким чином. Надмірна кількість зернового матеріалу, заважає удару по зернівці і деки, з великою вірогідністю розташовуючись на траєкторії руху зернівки.

Частота обертання безпосередньо впливає на швидкість і силу удару по зернівці, тому зі зменшенням частоти обертання ротора модуль помелу буде зменшуватися. Якщо частота обертання перевищує оптимальне значення, зернівки, які потрапляють на пальці, не встигають опуститись до середини пальця – в оптимальну зону прямого удару, а ковзальний удар у верхній частині пальця знижує модуль подрібнення зерна.

Внаслідок тієї ж причини надмірна кількість пальців призводить до того самого ефекту – зниження ступеня подрібнення зернового матеріалу. А зниження кількості пальців призводить до зменшення кількості ударів у дробарці, тим самим зменшуючи ступінь подрібнення.

Висновки

Одержані результати при діаметрах отворів сит подібні за характером. Маємо оптимум, близький до нульового рівня кожного фактора, тому для пальцевих дробарок раціональним є використання регулювання модуля помелу заміною сит з різними отворами, причому внаслідок близькості оптимальних значень частоти обертання, подачі та кількості пальців така дробарка буде працювати оптимально. Оптимально використовувати кількість пальців – 8, частоту обертання 1900-2100 об/хв., і подача зернового матеріалу в дробарку 800-810 кг/год.

При зміні діаметра отворів сит з 8 до 12 мм модуль помелу змінюється в невеликих межах: з 0,95 до 1,14, що відповідає поставленим вимогам до комбікормів. Тому використовувати зміну решіт для зміни ступеня подрібнення є нераціональним.

При подачах, що істотно відрізняються від 800 кг/год у пальцевій дробарці модуль помелу зерна також істотно зростає. Наприклад, при подачі 600 кг/год модуль помелу збільшується до 1,4. Тому такі дробарки необхідно оснащувати пристроєм для рівномірного подавання зерна на подрібнення. Найефективніше регулювати модуль помелу в пальцевій дробарці з вертикальним ротором можна регулюванням подачі зерна на подрібнення з попередньою його сепарацією.

Література

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм/ С.В. Мельников. – Л: Колос., 1978. – 560 с.
2. Амельянц А. Улучшаем конструкцию дробилок / А. Амельянц, Г. Шабыцин // Комбикормовая промышленность. – 1977. – №2. – с.17–18.
3. Ревенко И.И. Интенсификация процесса переработки кормов молотковыми измельчителями: автореф. дис. на одержання звання доктора техн. наук: спец. 05.05.11 "Машины и средства механизации сельскохозяйственного производства" / И.И. Ревенко – Глеваха, 1991. – 38 с.
4. Глебов Л.А. Повышение эффективности измельчения компонентов комбикормов /Л.А. Глебов // ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов СССР, комбикормовая промышленность. Обзорная информация. – 1984. 44 с.
5. Филин В.М. Обоснование процесса работы и параметров роторного дробильно-шелушильного измельчителя зерна для фермерских хозяйств: дис. … канд. техн. наук : 05.20.01 / В.М. Филин – Зерноград, – 2007. – 172 с.
6. Ганзин Е.В. Совершенствование процессов измельчения и смешивания для получения однородных комбикормов требуемого гранулометрического состава: дис. … канд. техн. наук : 05.18.12/Е.В. Ганзин. – М., 2005. – 243 с.
7. Ковбаса В.П. Експериментальні дослідження подрібнення зерна дисковим робочим органом // В.П. Ковбаса, О.В. Соломка, В.В. Ткач. Науков. вісник НУБПУ – Київ, 2010. Вип. 144, ч. 1. С. 32 – 39.
8. Шпиганович Т.О. Обгрунтування конструктивних параметрів дробарки зерна прямого удару з попередньою сепарацією зернового матеріалу// Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.- Мелитополь: ТДАТУ. Вип. 10, т.3. – 2010. С.23 – 35.
9. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента в химической технологии./ А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха// «Вища школа», Киев, 1976, – 180 с.