

УДК 631.363.2.636

Підвищення ефективності технологічного процесу комбікормового виробництва шляхом застосування гравітаційної сепарації зерна

О. Гвоздєв, к.т.н.

ПП Науково-виробнича компанія «Роста»

Б. Болтянський, к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

А. Парієв, к.т.н.

Запорізький науково-дослідний центр механізації тваринництва

В. Дмитрів, д.т.н., В. Городняк, асистент

Львівський національний аграрний університет

Ключові слова:

Key words:

The work is devoted to improving the process of preparation of mixed fodder with the development of equipment with a stimulating working bodies on the basis of gravitational processes such as separation, grinding and the moisture of the feed materials.

Постановка проблеми. Виходячи з потреб України на сучасному етапі розвитку виробничих відносин, необхідності збереження енергоресурсів, поліпшення якості та розширення асортименту продовольчих товарів, рішення проблеми децентралізації переробки зерна в автономних умовах фермерських господарств та малих переробних підприємств можливе шляхом їх забезпечення технічними засобами конкретного технологічного призначення та завершеного технічного рішення [1].

За допомогою більшості існуючих кормовиробничих машин задовільно вирішуються питання механізації приготування кормів, але не завжди це відповідає зоотехнічним, технологічним і технічним вимогам. Вони енергоємні, громіздкі, малопродуктивні і вимагають великих витрат праці та коштів. Тому спеціалісти господарств відчують величезні труднощі при виборі обладнання, відновлення або нової організації виробництва комбікормів.

Таким чином, вчені вживають спроби вдосконалення технологічного процесу виробництва комбікормів у напрямку створення машин та обладнання, що використовують нові принципи й фактори, які суттєво впливають на якість комбікорму, що виробляється, підвищення продуктивності й зниження енергоємності процесу.

Технологічний процес приготування комбікормів в господарствах повинен включати наступні основні операції: прийом сировини; очищення сировини від сторонніх домішок (сепарація); подрібнення зернової сировини; дозування окремих компонентів у відповідності з заданим рецептом; змішування; зволоження; облік і видача комбікормів [2].

Задовольнити високим сучасним вимогам і реалізувати відзначені перспективні напрямки вдосконалювання обладнання можуть лише нові типи машин, засновані на принципах дії, що якісно відрізняються від традиційних. Пошук сучасних конструктивних і технологічних рішень окремих видів обладнання повинен ґрунтуватися на спеціальних моделях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Удосконаленням систем ведення, розвитку теорії і практики комбікормового виробництва і вдосконалення процесів та апаратів для його здійснення займалися багато вчених у різних країнах і в різний час [1-7].

Пошук сучасних конструктивних і технологічних рішень окремих видів обладнання повинен ґрунтуватися на спеціальних моделях. При розробці обладнання для класифікації й сепарації сипких матеріалів можна використовувати модель ідеального гравітаційного сепаратора Н.Е. Авдєєва [3,4]. При вдосконалюванні конструкцій дробарок можна використовувати трьох елементну фізичну модель дробарки, запропоновану С.В. Мельниковим, або представити робочий процес дробарки як марковський процес «розмноження й загибелі» по В.Р. Алешкину, або як модель пошарового дроблення, що розробив В.И. Сироватка.

При вдосконаленні зволожувача комбікормів найбільш ефективно змішувати комбікорм з рідиною в падаючому потоці при дрібно дисперсному розпиленні рідини [6].

Все вищевикладене дозволяє зробити висновок, що в даний час відсутні ефективні технології і технічні засоби, що інтенсифікують процес приготування комбікормів в умовах сільськогосподарських підприємств. Тому, у технологічних процесах приготування комбікормів слід впроваджувати гравітаційні процеси.

Постановка завдання. Метою даної роботи є вдосконалення технологічного процесу приготування комбікормів з розробкою обладнання з інтенсифікуючими робочими органами на основі використання гравітаційних процесів при сепарації, подрібненні та зволоженні кормових матеріалів.

Виклад основного матеріалу. Одна із перших і найважливіших технологічних операцій при прийманні, переробці і зберіганні зерна є сепарування, тобто розділення сипких матеріалів на фракції, які відрізняються властивостями часток. Від попереднього очищення зерна (сепарування) залежить завантаження, продуктивність, і ефективність

роботи машин при наступних операціях обробки і переробки зерна і техніко-економічні показники підприємства [2, 7].

Аналіз розвитку обладнання для процесу сепарації зерна виявив його особливість, що полягає в збільшенні питомої енергоємності сепараторів зі зменшенням їх продуктивності. Негативність цієї тенденції виявляється особливо гостро зараз, коли основний обсяг робіт по очищенню і переробці зерна та продуктів його подрібнення виконується безпосередньо виробником, що обумовлює підвищений інтерес до малогабаритного (з низькою питомою енергоємністю) обладнання.

Встановлено, що підвищення ефективності роботи зерноочисних решіт та зниження енергоємності процесів розділення сипких матеріалів може бути забезпечено при їх веденні в гравітаційному полі тільки за рахунок потенційної енергії продукту, піднятого на висоту завантажувального пристрою сепаратора [4].

Тому для збільшення пропускної здатності сепаратора та інтенсифікації процесу запропоновано проводити гравітаційне сепарування за допомогою щілинного отвору, розташованого перпендикулярно напрямку руху суміші, з довжиною, що обмежується тільки габаритами поділяючої поверхні, виконаної у формі кривої брахистохронної властивості [8].

Для виконання зоотехнічних вимог контрольованих параметрів при роботі розробленого гравітаційного сепаратора проведено теоретичний аналіз процесу функціонування основних робочих органів з метою обґрунтування діапазону оптимальних конструктивно-технологічних параметрів. В результаті отримано аналітичні вирази, за якими обґрунтовані оптимальні конструктивно-технологічні параметри гравітаційного сепаратора.

Виходячи з проведеного аналізу літературних і патентних джерел і результатів теоретичних досліджень, був розроблений спосіб гравітаційного сепарування зернових продуктів (патенти № 70770; 72583). Для здійснення даного способу розроблена експериментальна установка та проведено експериментальні дослідження по визначенню основних конструктивно-технологічних параметрів гравітаційного сепаратора зернових продуктів.

Аналіз отриманих поверхонь відгуку та двовимірних перетинів (рис.1) ефективності ε виділення зернівок у щілинні отвори гравітаційного сепаратора у функції від ширини L та висоти щілини H показав, що функція має оптимум. Оптимальному значенню функції (максимальної для даних умов ефективності виділення зернівок у щілинний отвір гравітаційного сепаратора ($\varepsilon = 89,96\%$) відповідають слідуєчі значення факторів: $L=16$ мм, $H=1,1$ мм. Відхилення теоретичних значень L та H від експериментальних у всьому діапазоні зміни параметрів знаходиться до 9%, що підтверджує адекватність отриманих даних [8].

Таким чином визначено тісний взаємозв'язок конструктивно-технологічних параметрів процесу сепарації зерна з розмірами зерна та їх швидкості руху по сепаруючим поверхням гравітаційного сепаратора. За результатами досліджень розроблені методики: прогнозування результатів сепарації зернової суміші крізь щілинні отвори гравітаційного сепаратора та розрахунків основних параметрів гравітаційного сепаратора, тобто визначення інтенсивності виділення компонентів вихідного матеріалу кожної фракції крізь отвори, ширини щілини L та висоти між сусідніми крайками H поверхонь брахистохронної властивості у взаємозв'язку з еквівалентним діаметром d_e зернівок та їх швидкістю v_k , до якою вони розганяються по сепарувальним поверхням.

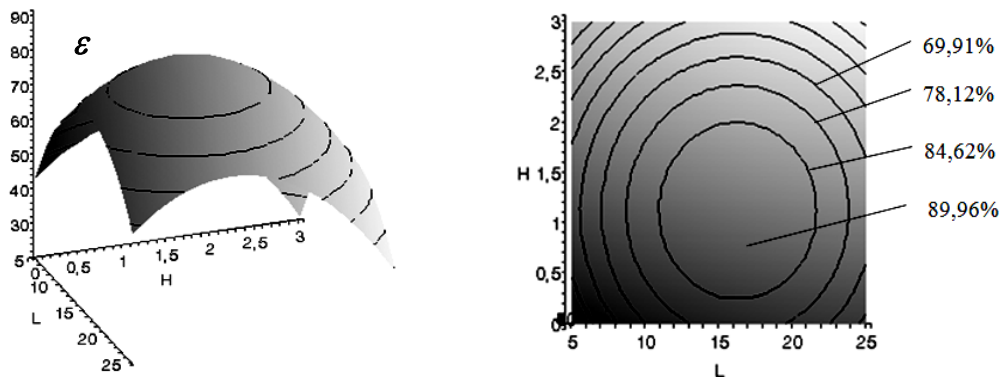


Рис. 1: а - поверхня відгуку ; б - двовимірні перетини ефективності виділення зернівок у щілинні отвори гравітаційного сепаратора ε у функції від ширини L та висоти щілини H при $U/d = 3$ та $v = 0,8$ м/с.

Підвищити ефективність подрібнення зерна можна за рахунок багатоступеневого подрібнення та видалення подрібнених часток із дробильної камери при переході від однієї ступені подрібнення до іншої, що означає відсутність переподрібнення матеріалу й відбувається зменшення маси циркулюючого навантаження. А для ефективного подрібнення зерна необхідно спрямований його рух назустріч робочого органа для здійснення прямого удару. Причому, прямий удар необхідно здійснювати тонкими молотками, наприклад, у вигляді пальців, стрижнів [9].

На підставі вищенаведеного та за результатами власних досліджень нами розроблено спосіб подрібнення зерна, який реалізується таким чином (рис. 2). Попередньо очищене від домішок зерно гравітаційно подається на попередню сепарацію зерна на фракції по розмірах за допомогою поверхонь брахистохронної властивості з щілинними отворами. Сепарація зерна за допомогою поверхонь брахистохронної властивості з щілинними отворами

забезпечує виділення спочатку фракцій зерна великих розмірів, потім середніх та дрібних. Це забезпечує раціональний режим завантаження камери подрібнення від центра до периферії, що відповідає розподілу сили удару на подрібнення для кожної фракції (по способу, що пропонується) на відміну від молоткової дробарки [9].

Для здійснення експериментальних досліджень даного способу подрібнення зерна була розроблена експериментальна дробарка. Технічна новизна розробленого способу подрібнення зерна і конструкції дробарки з попередньою гравітаційною сепарацією зерна підтверджена чотирма патентами України на винахід [№ 76556, № 86897, №93312, №95435] та сім'ю патентами України на корисну модель [№ 3304, №11099, №50426, №61505, №66485, №91464, №95300].

Розроблено комп'ютерну програму та методику побудови конусного пристрою попередньої гравітаційної сепарації зерна, на яку отримано патент України на корисну модель №62600.

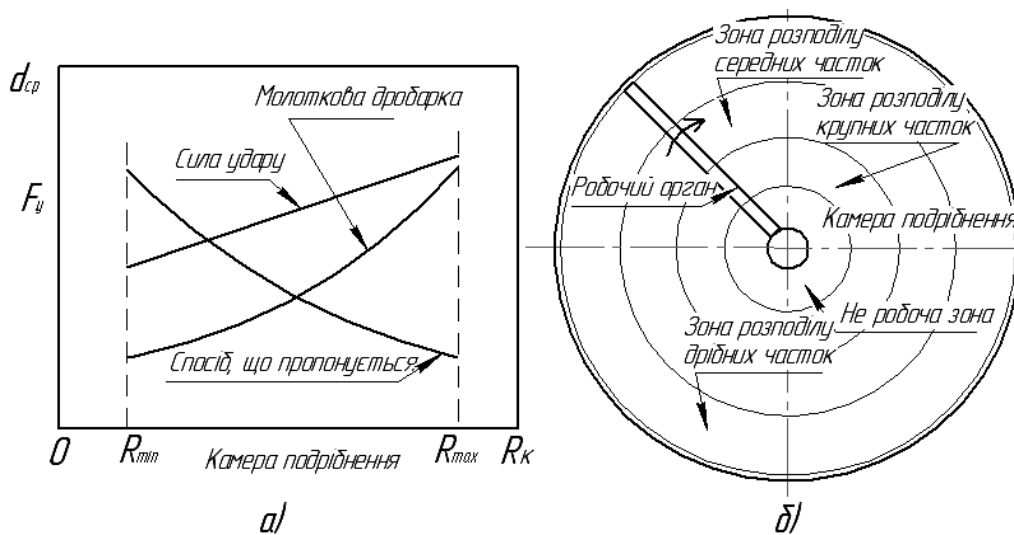


Рис. 2: а) – графіки розподілу часток зерен по розміру та зусиллю удару у зоні подрібнення; б) – розподіл фракцій зерен по камері подрібнення.

Проведено експериментальні дослідження по визначенню основних конструктивно-технологічних параметрів дробарки з попередньою гравітаційною сепарацією зерна. На підставі отриманих експериментальних даних робимо висновок, що одержання готового продукту заданого гранулометричного складу, залежно від вибраного режиму роботи дробарки прямого удару з попередньою сепарацією зерна можливе. Це відповідає меті досліджень. За даними частотного розподілу по фракціях при кінематичному режимі подрібнювання з параметрами дробарки прямого удару зерна при продуктивності $Q = 800...1100$ кг/год. і частоті обертанні ротору $n = 2000$ об/хв. вміст пилоподібної фракції (діаметр менш ніж 0,25мм) у готовому продукті при вологості зерна 14...15% представляє: для пшениці 2,77%; ячменю 2,86% і їх суміші не більш ніж 2,81%. Це в 3...5 разів менше, ніж при подрібненні на молоткових дробарках. Якісна оцінка одержаного продукту відповідає встановленим стандартами зоотехнічним вимогам. Питома енергоємність процесу подрібнювання в дробарці прямого удару зерна в 1,2...1,5 рази менша, ніж у молоткових і інших дробарок (рис. 3) [9].

Введення біологічно-активних рідких компонентів, мікродобавок і жирів в комбікорми знижує кількість пилоподібної фракції у комбікормі, збільшуючи тим самим його кормову цінність.

Для одержання корму високої вологості (до 70%) необхідні компактні пристрої великої продуктивності, у яких би були відсутні змішувальні органи, що працюють в масі вологого корму. Результати досліджень [6] показують, що найбільш ефективно змішувати комбікорм з рідиною в падаючому гравітаційному потоці. Для цього, розроблена конструкція бункера-зволожувача сипких кормів (патенти України на корисну модель №72590 та №75929).

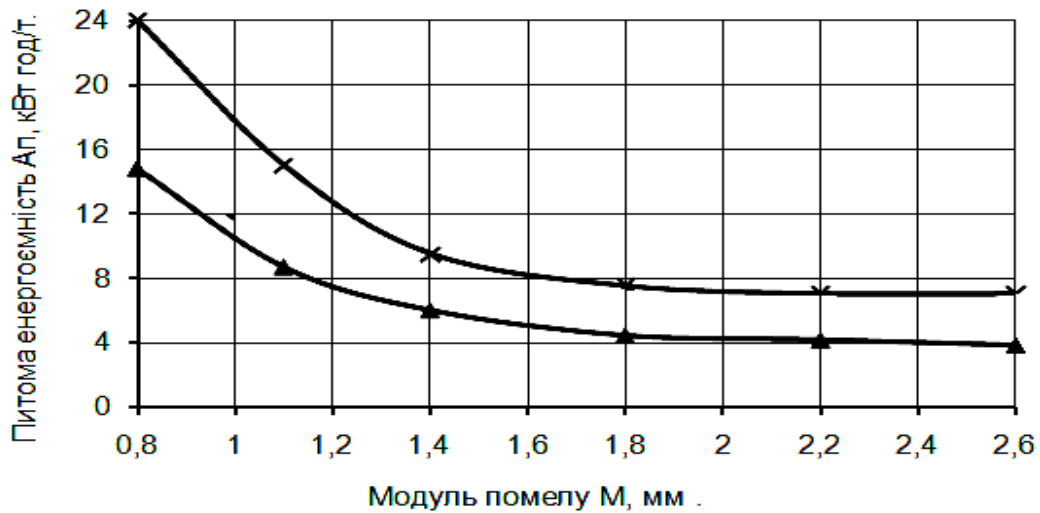


Рис. 3. Залежність питомої енергоємності дробарок від модуля помелу:

—▲— — експериментальна дробарка; —×— — молоткова дробарка

За результатами експериментальних досліджень і з урахуванням конструктивних особливостей розподільника зерна бункера-зволожувача встановлено чотири фактори, що чинять найбільший вплив на пропускну здатність вивантажувального отвору: B - товщина шару зернової суміші, R - радіус вивантажувального отвору бункера, W - вихідна вологість зернової суміші та H - висота шару зернової суміші в бункері. Параметри, що рекомендуються, для даного випадку при забезпеченні пропускну здатності вивантажувального отвору бункера-зволожувача $Q_o = 0,8 \dots 1,4$ кг/с: $R \geq 0,2$ м, $B \geq 0,45 \cdot 10^{-1}$ м, $W \leq 16,5\%$, $H \geq (10 \dots 15)B$ [10, 11].

Регресійний аналіз математичної моделі дозволив установити центр експерименту з нерівномірністю витікання $\delta_s \approx 1,2\%$ й параметрами: товщина шару зернової суміші $B = 40 \dots 60$ мм, при гранулометричному

складі $R=1,0...1,8$ мм, вологості зернової суміші $W = 11,5\%$, та висоті шару зернової суміші у бункері $H > 0,47$ м (рис. 4).

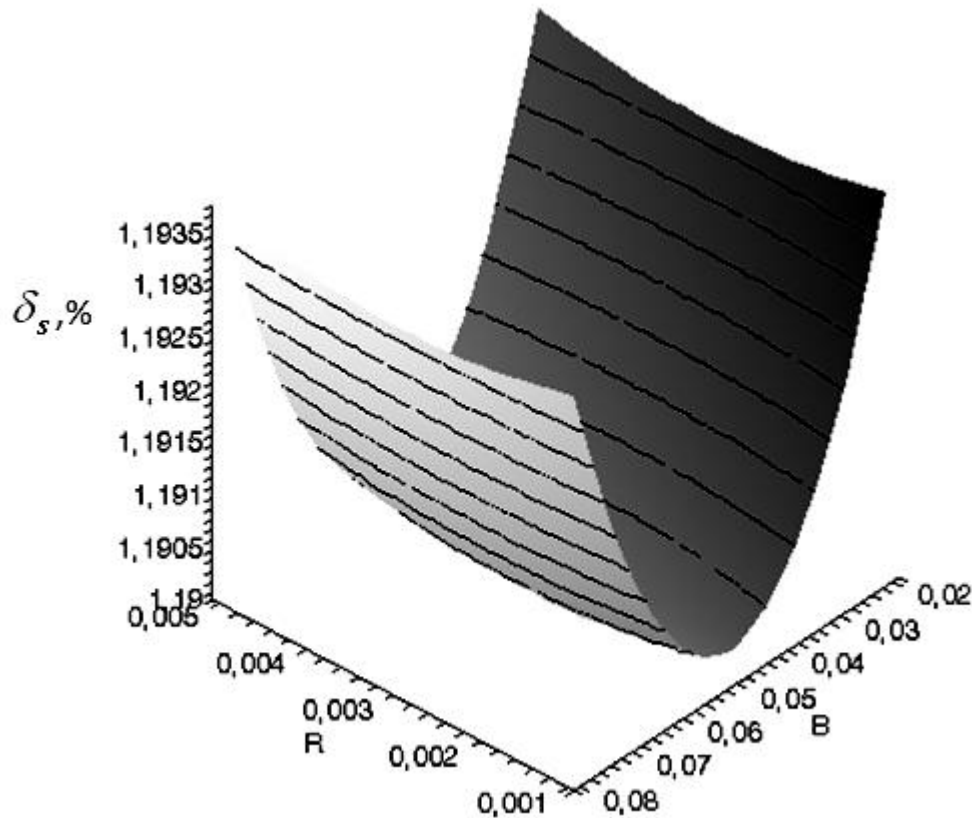


Рис. 4. Поверхні відгуку залежності нерівномірності δ (%) витікання зернової суміші з вивантажувального отвору бункера-зволожувача від товщини шару зернової суміші B та її гранулометричного складу M .

Експериментальними дослідженнями виявлений зв'язок конструктивних параметрів бункера-зволожувача й показників якості зволоження зерна, зокрема, визначений вплив кута β установки розпилювачів і напору P_p води на рівномірність зволоження потоку зернової

суміші. Найбільш ефективний кут β установки розпилювачів 24...30° щодо горизонталі при необхідному напорі рідини 0,065 МПа [10, 11].

Висновки. На підставі викладеного можна констатувати, що рішення наукової проблеми: «Підвищення ефективності технологічного процесу приготування комбікормів з розробкою обладнання з інтенсифікуючими робочими органами на основі використання гравітаційних процесів при сепарації, подрібненні та зволоженні кормових матеріалів, а також оптимізація параметрів і режимів роботи основних робочих органів» має важливе народногосподарське значення і вносить значний вклад у прискорення науково-технічного прогресу і розвитку комбікормового виробництва.

Бібліографічний список

1. Ермичев В.А. Энергосбережение в технологиях кормопроизводства // В.А. Ермичев, А.И. Купреенко. МЭСХ. - 2005. №4. С.11–13.
2. Сыроватка В.И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах / В.И. Сыроватка – М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2010. - 248 с.
- 3 Авдеев Н.Е. Принципы построения модели идеального сепаратора / Н.Е. Авдеев // Докл. ВАСХНИЛ. - 1978. - № 11.- С. 38-40.
4. Некрасов А.В. Совершенствование процесса гравитационной классификации зернистых смесей и расширение области применения гравитационных сепараторов: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.18.12 / А.В. Некрасов. – Воронеж, 2001. - 24 с.
5. Шпиганович Т.О. Вдосконалення процесу попередньої сепарації зерна в дробарці прямого удару: автореф. дис... канд. техн. наук: спец.

05.05.11 - машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / Т.О. Шпиганович. – Сімферополь, 2012. - 21 с.

6. Новиков Н.Н. Исследование и обоснование способа и параметров аппарата для увлажнения комбикорма в падающем потоке / Н.Н. Новиков. Автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01. Саратов, 1975. - 17 с.

7. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / [Дацишин О.В., Ткачук А.І., Гвоздев О.В. та ін.]; за ред. О.В. Дацишина. – Вінниця : Нова книга, 2008. – 488 с.

8. Шпиганович Т.О. Спосіб гравітаційної сепарації зерна / Т.О. Шпиганович // Праці ТДАТУ Вип.12, том 4. Мелітополь. 2012. - С.40–46.

9. Гвоздев О.В. Вдосконалення процесу подрібнення зерна / О.В. Гвоздев, Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик // Зб. Наук. праць Вінницького НАУ. Серія «Технічні науки», № 9. 2011. - С. 143–150.

10. Болтянський Б.В. Визначення конструктивних параметрів камери зволоження кормороздавача комбикормів / Б.В. Болтянський, О.В. Гвоздев, В.О. Гвоздев // Вісник Львівського НАУ. Агроінженерні дослідження. №15. Львів, 2011. - С. 245–253.

11. Гвоздев О.В. Визначення ступеня впливу факторів на витікання зернової суміші крізь вивантажувальний отвір бункера-зволожувача зерна / О.В. Гвоздев, В.О. Гвоздев, Т.О. Шпиганович // Праці ТДАТУ Вип.13, том 1. Мелітополь. 2012. - С. 171–178.