

УДК 631.361; 635.6

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУХУ ЗЕРНОВИХ ЧАСТОК У РОБОЧІЙ КАМЕРІ ПАЛЬЦЕВОЇ ДРОБАРКИ

Ялпачик О.В., асистент,

Буденко С.Ф., к.т.н.,

Самойчук К.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація - з метою встановлення раціональних співвідношень конструктивних параметрів зернової дробарки прямого удару проведено моделювання процесу подрібнення зерна з використанням програмних комплексів ANSYS та SolidWorks. Отримані поля розподілу швидкостей та ліній руху зернових часток по об'єму дробарки свідчать про досить вузький діапазон розподілу швидкостей у зоні подрібнення та зменшену кількість циркуляційних рухів у порівнянні з іншими типами молоткових дробарок. Результати моделювання корелюють з результатами експериментів за крупністю часток зернової суміші.

Ключові слова: подрібнення зерна, пальцева дробарка прямого удару, моделювання, частота обертання, швидкість.

Постановка проблеми. Близько 45...50% усього світового виробництва зерна використовується для годівлі сільськогосподарських тварин, в основному, у вигляді комбінованих кормів. Незважаючи на розмаїтість рецептур, основою всіх комбінованих кормів є зерно злаків, насіння бобових та продукти їхньої переробки, що становлять від 60 до 90% всієї маси будь-якого комбінованого корму [1].

У комбікормах, що виробляються нашою промисловістю, частка зерна становить 70...73%, а у комплексних кормових сумішах, які готують у цехах господарств, доходить до 85%. Слід відмітити, що подрібнювання зерна при переробці його на корм є одним з найбільш енергоємних процесів комбікормового виробництва [2].

Таким чином, створення нових та удосконалювання існуючих засобів подрібнення фуражного зерна є, безумовно, важливою актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Основи теорії подрібнювання були закладені В.Л. Кирпичевим, Ф. Кіком, Ф. Бондом, П.А. Ребіндером. У

середині та в кінці ХХ сторіччя вагомий вклад у теорію і практику внесли вчені школи ЛСПІ, яку очолював С.В. Мельников.

За останні роки в Україні, Росії та країнах ближнього зарубіжжя був захищений ряд кандидатських і докторських дисертацій, тим чи іншим чином присвячених вдосконаленню конструкцій машин та технологічного процесу подрібнювання кормів.

Достатньо великий об'єм досліджень за виявленням закономірностей процесу дроблення провели вчені ТДАТУ (свого часу МІМСГ, ТДАТА), ця робота не припиняється і продовжується, в тому числі, і авторами даної публікації.

Основна частина. З аналізу найбільш розповсюджених типів подрібнювачів зерна можна виділити схеми, які передбачають попередню сепарацію продукту (зерна), що поступає у дробарку і, тим самим, забезпечують більш високу якість кінцевого продукту.

Найбільш перспективною, на наш погляд, є схема з попередньою сепарацією продукту і подрібненням кожної фракції на окремих частинах ротора.

Аналіз наукових публікацій, проведений авторами даної роботи, дозволив виявити наступні найбільш перспективні шляхи вдосконалення конструкцій дробарок прямого удару:

- зниження питомих витрат енергії і питомої металоємності за рахунок застосування у якості робочих органів дробарки надтонкого молотка у вигляді тонкого металевого стержня або металевої струни;
- організація процесу попередньої сепарації зерна за розміром;
- зниження циркулюючого навантаження у результаті прискореного відводу подрібнених часток з робочої камери;
- раціональна організація режиму аспірації робочого простору зернової дробарки;
- збільшення інтенсивності сепарації решітної поверхні за рахунок застосування спеціальної форми поверхні решета;
- максимальне використання периферійної і торцевої поверхонь робочої камери.

У Таврійському державному агротехнологічному університеті розроблений і запатентований спосіб та створене обладнання для подрібнення зерна прямим ударом робочих органів у вигляді металевих пальців [3, 4]. Така дробарка з попередньою сепарацією зернового матеріалу, функціональна схема якої показана на рисунку 1, є компактною, не потребує потужного привода і може ефективно використовуватися на малих переробних підприємствах.

В основу даної схеми покладене наступне положення: якщо камеру зверху завантажувати 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 виділятися з потоку, знижуючи тим самим переподрібнення і підвищуючи якість одержаного продукту.

Дробарка працює таким чином. Попередньо очищене зерно без сортування на фракції за розміром надходить через бункер-дозатор 15 до живильного бункера 5, де, проходячи по внутрішньому конусу 7, який виконано у вигляді набору сепаруючих конусів, що мають розподільчу поверхню з брахистохронною властивістю, між якими розташовані щілинні отвори 9, розподіляється на фракції (наприклад, на три фракції, як показано на рисунку стрілками I, II, III), за рахунок чого підвищується продуктивність пристрою.

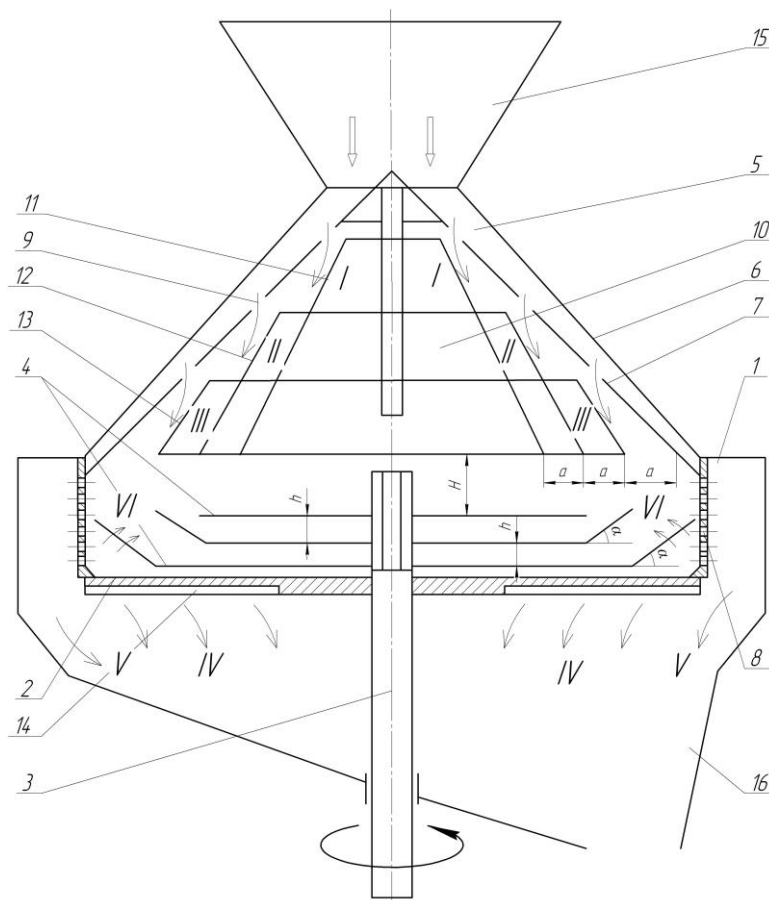


Рис. 1. Схема робочої камери дробарки зерна прямого удару.

1 - корпус; 2 - диск; 3 - вал; 4 - робочі елементи; 5 - живильний бункер; 6 - конус зовнішній; 7 - конус внутрішній; 8 - циліндрична перегородка; 9 - щілинні отвори; 10 - розподільник фракцій; 11, 12, 13 - суцільні конуси; 14 – клиноподібні канали; 15 - бункер; 16 - вихідний патрубок.

Кожна фракція зерна окремо рівномірно розподіляється розподільником фракцій 10. Дрібна фракція поступає на поверхню розподільчого конуса 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.

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

Така конструкція забезпечує рівномірне надходження зерна кожної фракції окремо на свою частку диска 2, де й реалізується однократний прямий удар робочими елементами ротора (стержнями) 4 у площині, перпендикулярній площині падіння зерна.

Для регулювання об'ємної кількості кожної фракції зерна в залежності від початкового фракційного його складу суцільні розподільчі конуси 11, 12 та 13 виконані з можливістю вертикального регулювання їх положення по висоті кожного конуса окремо.

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

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

Частки, розмір яких перевищує максимальний розмір сепаруючих каналів 14 диска та 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 свого розміру і виводяться із зони дроблення, як показано стрілками V.

Частки, розмір яких перевищує максимальний розмір сепаруючих каналів циліндричної перегородки 8, відбиваються від неї (показано стрілками VI) та попадають у зону дії робочих елементів (стержнів) 4, дробляться ними, сепаруються відповідно до свого розміру і виводяться з зони дроблення (стрілки IV, або V).

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

Встановлення показників процесу руху і взаємодії продукту подрібнення та робочих органів дробарки в лабораторних умовах є складним і трудомістким, а в деяких випадках зовсім неможливим. Тому для одержання наочного зображення процесів, що протікають у робочій камері дробарки, було вирішено застосувати моделювання за допомогою сучасних обчислювальних комплексів.

Для визначення швидкості потоків всередині робочої камери пальцевої дробарки був використаний програмний комплекс ANSYS Workbench, що являє собою комп'ютерну систему для проектування і виконання зв'язаного міждисциплінарного аналізу методом кінцевих

елементів. Програма, яка була застосована для даних досліджень, мала модуль CFX, що дає можливість надійно та ефективно проводити розрахунки, пов'язані з динамікою руху часток з урахуванням імпульсних коливань.

За заданими реальними параметрами в комп'ютерній програмі SolidWorks побудовані 3D-моделі дробарки з подальшою симуляцією процесу у програмному комплексі ANSYS. Одна з цих моделей представлена на рисунку 2.

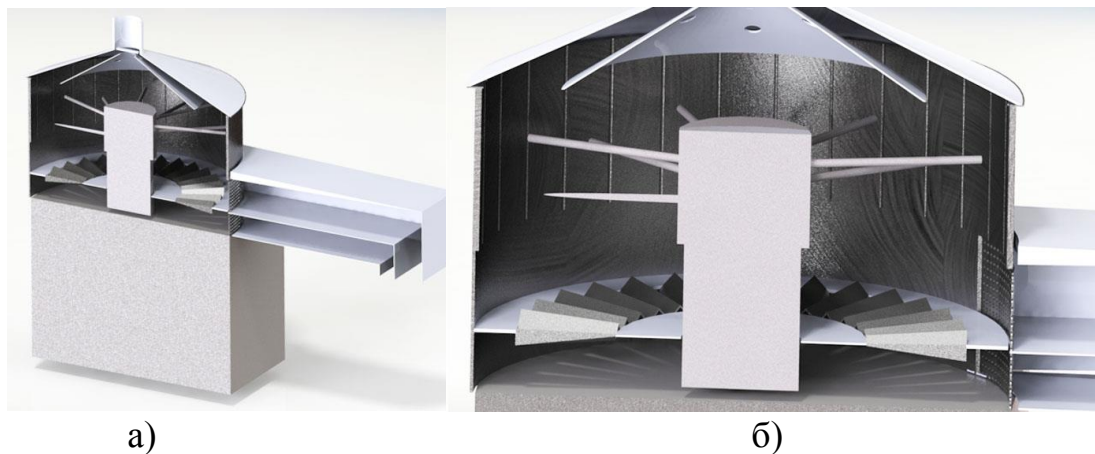


Рис.2. 3-D модель пальцевої дробарки з вертикальним ротором
а) загальний вигляд; б) робоча камера дробарки.

Досліджувався вплив частоти обертання ротора дробарки на розподіл швидкості потоків зерно-повітряної суміші по об'єму порожнини робочої камери, змінення тиску в порожнині камери, турбулентна кінетична енергія, її дисипація, інші показники процесу.

Моделювання проводилось при фіксованих значеннях частоти обертання ротора $n=1500, 2000$ та 2500 об/хв., що відповідало коловим швидкостям кінців пальців дробарки $47,1; 62,8$ і $78,5$ м/с.

Отримані наочні зображення ліній швидкісних потоків зернової суміші в порожнині робочої камери дробарки та перерізи полів швидкостей по перетину робочої камери показані на рис. 3.

Збільшення частоти обертання ротора, безсумнівно, у значній мірі впливає на змінення швидкості потоків всередині робочої камери дробарки. Діапазон значення швидкості потоків у різних частинах порожнини камери при частоті обертання $n = 1500$ об/хв становить від $42,9$ до $10,2$ м/с, при $n = 2000$ об/хв – від $57,2$ до $10,6$ м/с і при частоті $n = 2500$ об/хв він коливається в межах $62,1 \dots 10,25$ м/с. Значення швидкості на перерізах швидкості також мають подібні діапазони.

Швидкості в основних зонах подрібнення (розташування пальців ротора дробарки) мають коливання у межах від 18 до 25% , що дозволяє стверджувати про рівномірне подрібнення часток.

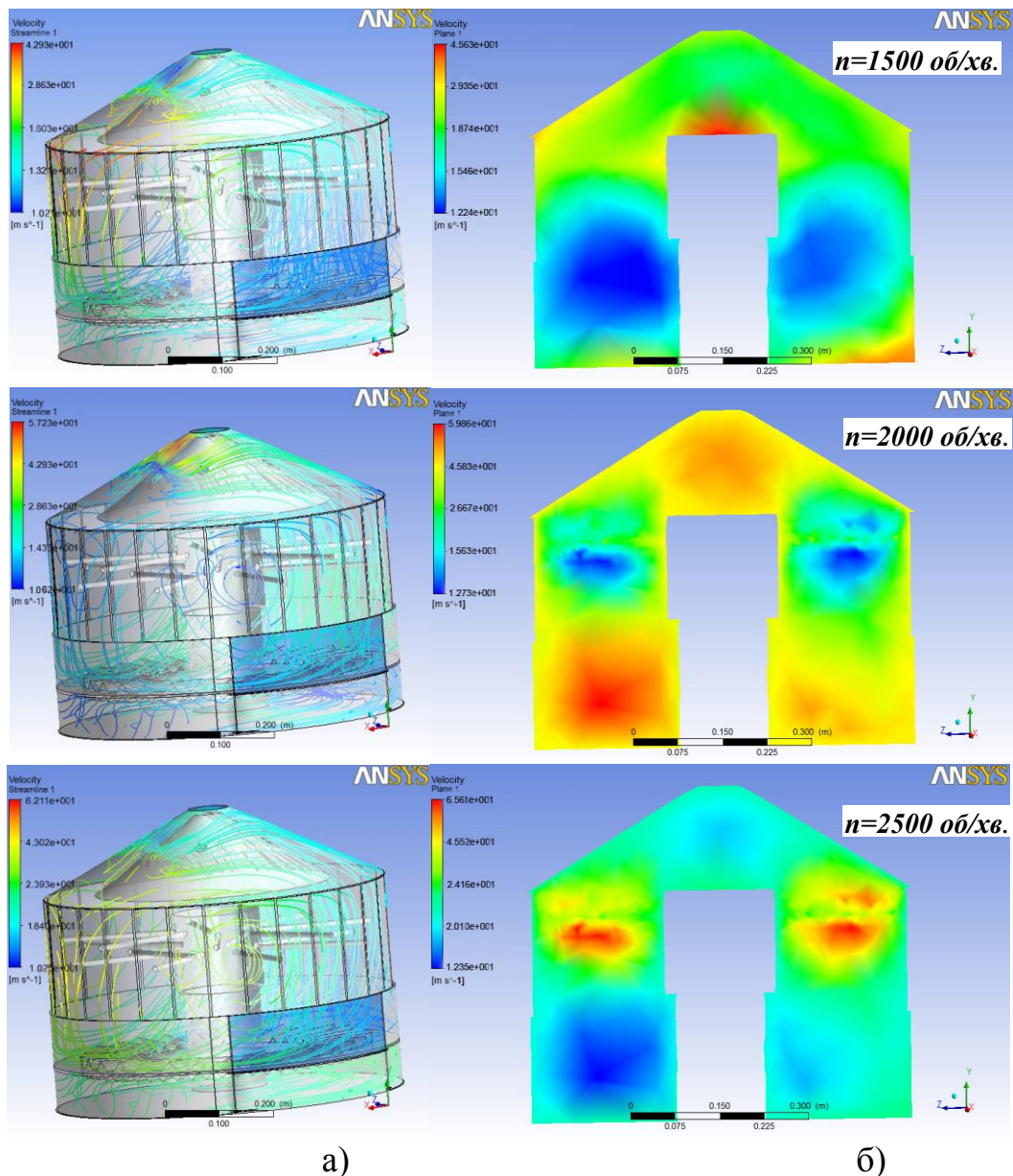


Рис. 3. Лінії (а) та плани швидкості (б) потоку зернової суміші в робочій камері дробарки при різній частоті обертання ротора

Як видно з рисунків, геометричний характер траєкторій швидкісних потоків на всіх досліджених частотах обертання має ідентичний вигляд і наочні зображення відрізняються лише масштабом значень швидкості. У порожнині камери достатньо чітко вирізняються певні зони з різними значеннями швидкості. Кількість циркуляційних рухів часток зерна до виходу з зони подрібнення або виведення з дробарки на кожній частині ротора дорівнює від 3 до 8.

Такі значення свідчать про достатньо низьку ймовірність умов для переподрібнення зернового матеріалу та високу енергетичну ефективність пальцевої дробарки.

Представлені зони змінення швидкості переміщення повітряно-

продуктової суміші по об'єму робочої камери можуть давати конкретні відомості, потрібні на стадії розрахунку, проектування і розробки високоефективних конструкцій дробарки.

Аналіз наведених у даній роботі та у роботах [5, 6] результатів експериментальних досліджень дає можливість зробити висновок, що для одержання якісного продукту (за значенням модуля помелу) в дробарці з вертикальним ротором слід підтримувати частоту обертання ротора у межах від **1800** до **2500** об/хв. Для одержання грубого помелу треба знижувати частоту обертання ротора і, навпаки, для дрібного помелу – підвищувати частоту обертання. Ці результати добре корелюють з результатами проведеного комп'ютерного моделювання.

Висновки. Пальцева дробарка з пристроєм для попередньої сепарації зерна є ефективним пристроєм для подрібнення зернового матеріалу. У результаті моделювання процесу руху зерно-повітряної суміші в камері дробарки визначено, що кількість циркуляційних рухів часток зерна до виходу з зони подрібнення або виведення з дробарки на кожній частині ротора дорівнює від 3 до 8, а швидкості в основних зонах подрібнення (розташування пальців ротора дробарки) мають коливання у межах від 18 до 25%, що дозволяє стверджувати про рівномірне подрібнення часток і високу енергоефективність процесу подрібнення у таких дробарках.

Результати комп'ютерного моделювання добре корелюють з експериментальними дослідженнями модуля помелу зерна, значення якого становить 1,4...2,2 мм, що повністю відповідає зоотехнічним вимогам.

Література

1. Загорский С.М. Повышение эффективности приготовления кормов за счет совершенствования рабочих органов измельчителя / С.М. Загорский - Автореф. дисс. канд. техн. наук. С-Пб - Пушкин, 2008. - 20 с.

2. Поярков М.С. Совершенствование рабочего процесса молотковых дробилок с жалюзийными сепараторами при одно- и двухступенчатом измельчении зерна / М.С. Поярков. Автореф. дис... канд. техн. наук. Киров - 2001. - 22 с.

3. Шпиганович Т.О. Дробарка прямого удара з системою сепарування зерна та продуктів подрібнення / Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик // Техніка і технологія АПК, 2011. – № 12 (27), - С.7-10.

4. Шпиганович Т.О. Обґрунтування конструктивних параметрів дробарки зерна прямого удара з попередньою сепарацією зернового матеріалу// Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. Вип. 10, Т.3. - 2010. - С.23-35.

5. Ялпачик О.В. Визначення розподілу величини удару часток по поверхні деки дробарки прямого удару з вертикальним ротором / О.В. Ялпачик, К.О. Самойчук, О.В. Гвоздєв // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження 6. № 15, - Львів:, 2011, - С. 165-173.

7. Ялпачик О.В. Експериментальні дослідження дробарки зерна прямого удару з вертикальним ротором / О.В. Ялпачик, Гвоздєв О.В., Самойчук К.О. // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій, випуск 40, том 1, Одеса, 2011, - С. 218-222.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ ЧАСТИЦ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ ПАЛЬЦЕВОЙ ДРОБИЛКИ

Ялпачик О.В., Буденко С.Ф., Самойчук К.О.

Аннотация - с целью установления рациональных соотношений конструктивных параметров зерновой дробилки прямого удара проведено моделирование процесса измельчения зерна с использованием программных комплексов ANSYS и SolidWorks. Полученные поля распределения скоростей и линий движения зерновых частиц по объему дробилки свидетельствуют о довольно узком диапазоне распределения скоростей в зоне измельчения и уменьшенном количестве циркуляционных движений в сравнении с другими типами молотковых дробилок. Результаты моделирования коррелируют с экспериментальными данными по крупности частиц зерновой смеси.

RESEARCH OF PROCESSES OF MOVEMENT OF GRAIN FRACTION IN THE WORKING CHAMBER OF THE FINGER CRUSHER

Yalpacik O., Budenko C., Samoichuk K.

Summary

With the aim of establishing a rational ratios of the structural parameters of grain crusher direct impact simulated the process of grinding grain using software packages ANSYS and SolidWorks. Obtained field distribution of velocity and movement of grain particles by volume crusher indicate a rather narrow range of distribution of velocities in the grinding zone and reduced the number of circulating movements in comparison with other types of hammer mills. The simulation results correlate with the experimental data on particle sizes of the grain mixture.