

РОЗРОБКА МАШИНИ ДЛЯ МИЙКИ ЗЕРНА І ВІДБОРУ МІНЕРАЛЬНОЇ ДОМІШКИ

В. Петров, О. Жданов, Р. Мацей

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Проаналізовані конструкції каменевідбірників з різним принципом дії. На основі аналізу побудована нова конструкція, яка була оптимізована за допомогою програмного пакету ANSYS WORKBENCH. Отримані результати моделювання лягли в основу розробки машини для мийки зерна та відбору мінеральної домішки.

Ключові слова: каменевідбірники, мийна машина, зерно, ANSYS WORKBENCH.

Постановка проблеми. З урахуванням великого асортименту сільськогосподарської продукції, що переробляється (зерна, овочів і фруктів) з різними фізико-механічними властивостями, для очищення від мінеральних домішок застосовують каменевідбірники з різним принципом дії. В основному використовують каменевідбірники «сухого» і «мокрого» принципів дії [1].

На основі аналізу існуючих конструкцій каменевідбірників потрібно провести оптимізацію робочої зони з метою створення сучасної машини для видалення мінеральних домішок із зерна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Ряд публікацій пов'язані з поліпшенням процесу мийки зерна. Це відноситься як до вдосконалення самого процесу очищення зерна [2], так і економії води при митті зерна [3]. В роботі [2] зразки різної по твердості пшениці промивали озонованою водою. Результати різних аналізів показали, що промивання озонованою водою суттєво не змінило хімічні, фізичні або реологічні властивості борошна. Однак невеликі, але статистично значущі відмінності були виявлені у значеннях екстенсографа при розтягуванні тіста, з борошна розмолотого з м'якої пшениці, промитої озонованою водою. Спостерігалось значне зниження загальної кількості бактерій і цвілі після промивання озонованою водою у всіх зразках пшениці. Тому автори роблять висновки про можливість використання для миття твердих сортів пшениці озонованої води, без погіршення якості одержуваного борошна. В роботі [3] автори пропонують використання двухстадійного мийного процесу. На перших стадіях використовується вода, яка була в процесі мийки на другій стадії. А на другому етапі мийного процесу використовується свіжа вода. Таким чином, як затверджують авторів, економія 75% питної води. Крім того, пропонуються заходи, що з точки зору економіки, дуже витратні та конструктивно громіздкі. Щодо заяв, про зменшення негативного впливу на оточуюче середовище, то на наш погляд така думка дискусійна.

Мета дослідження. На основі аналізу існуючих конструкцій каменевідбірників потрібно провести оптимізацію робочої зони з метою створення сучасної машини для видалення мінеральних домішок із зерна.

Матеріал і методика досліджень. Методика цього дослідження полягала в послідовному виконанні наступних процедур при аналізі конструктивних рішень каменевідбірників:

- структурному членуванні конструкції на різні технологічні пристрої і механізми;
- складання і аналіз схем існуючих конструкцій;
- розробка і виділення загальних ознак для класифікації конструкцій технологічних механізмів;
- аналіз переваг і недоліків виділених технологічних пристроїв і механізмів;
- моделювання процесів, що відбуваються в робочому середовищі з метою створення оптимальної конструкції каменевідбірника.

На рис.1. представлена схема і загальний вид машини для очищення зерна від мінеральних домішок повітряним потоком. Повітряний потік 5, пронизуючи в горизонтальному напрямку падаючий вертикально зерновий потік 1, відхиляє від каменів 2 нормальні зерна 3 і щуплі зерна 4, які виводяться окремо. Враховуючи що аеродинамічні характеристики частинок можуть бути близькими, ефективність цього методу не є високою. На даному принципі побудовані каменевідбірники фірми Northland Superior.

Розглянемо каменевідбірники «мокрого» типу. При русі матеріальної частинки кулястої форми в в'язкому середовищі зазвичай розглядають її лобовий опір F_T , що описується формулою Стокса [4]

$$F_T = 3\pi \cdot D \cdot \eta \cdot v, \quad (1)$$

де D – діаметр частинки,
 η – в'язкість середовища,
 v – швидкість руху частинки.

Максимальна швидкість руху частинок визначається за формулою

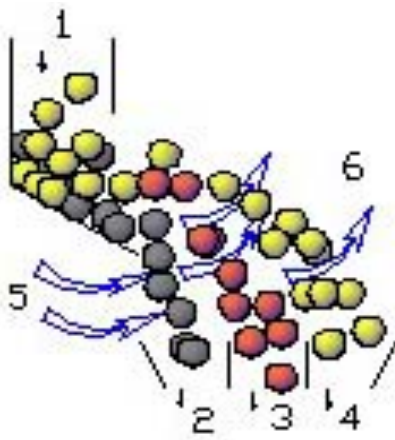
$$v_{\max} = m \cdot g \cdot (1 - \rho_{\text{ч}} / \rho) / (3\pi \cdot D \cdot \eta), \quad (2)$$

де m – маса падаючої частинки;
 g – прискорення вільного падіння;
 $\rho_{\text{ч}}$ і ρ – щільність речовини частинки і щільність середовища, відповідно.

З огляду на швидкість руху частинок, можна оцінити їх час падіння на дно ємності. Для точного рішення задачі розглядають систему диференціальних рівнянь, що описують падіння частки в в'язкому середовищі, в полі гравітаційних сил

$$dh/dt = v, \quad (3)$$

$$dv/dt = (mg - k_1v - k_2v^2)/m, \quad (4)$$



а б

Рис. 1. Схема: а) загальний вигляд б) машина для очищення зерна від мінеральних домішок повітряним потоком.

де h – шлях, пройдений частинкою за час t ,
 k_1 і k_2 – коефіцієнти складових сил опору.

Зазвичай рішення цих диференціальних рівнянь (3,4) здійснюють за допомогою методу Ейлера-Коші. Тоді швидкість в допоміжній точці дорівнюватиме

$$v_{i+1} = v_i + \tau/2[(mg - k_2v_i^2)/m + (mg - k_2 \cdot (v_i + \tau(mg - k_2v_i^2)/m)^2)/m], \quad (5)$$

де τ – крок за часом ($\tau = t_{i+1} - t_i$).

У зв'язку зі значною різницею в щільності мінеральної домішки і, наприклад, зерна (практично в два рази) легко підрахувати час падіння у воді мінеральних домішок і зерна однакових розмірів (рис. 2). При цьому не враховувався висхідний потік рідини від шнеків і осьова швидкість потоку. Це дозволяє підібрати конструктивні параметри робочої зони мийної машини (наприклад довжину шнеків для виводу мінеральної домішки) в якій буде відбиратися мінеральна домішка від основного зерна (рис. 3).

Розглянемо вхідну частину цієї машини, в якій здійснюється відбір мінеральної домішки. Машина складається з мийної ванни 1 і віджимної колонки 11. В мийній ванні 1 встановлені два шнека 3, що протилежно обертаються, які створюють висхідний потік води і транспортують зерно до віджимної колонки. У зв'язку з більшою швидкістю падіння мінеральної домішки вона досягає зони днища мийної ванни в якій встановлені два шнека 4, що виводять домішки в каменеприймач 5, за дуже малий проміжок часу. Довжина зони виведення мінеральної домішки шнеками 4 менше довжини мийної камери 1. Це дозволяє зерну досягати днища мийної ванни за межами зони шнеків 4 і не потрапляти зерну під їх дію. Крім цього, є можливість регулювання швидкості водяного потоку, що забезпечує чітке відокремлення мінеральної домішки від основного зерна. Решта опису даної машини не пов'язана з виділенням мінеральної домішки, тому ми його опускаємо і, кому цікаво, то його можна знайти в спеціальній літературі.

Моделювання процесів в мийній ванні проводили як для конструкції з двома шнеками 3, так і з одним шнеком. Оптимізацію геометричних розмірів мийної камери здійснювали з використанням програмного пакету ANSYS WORKBENCH, що дозволило отримати різні дані при різних параметрах гідравлічного потоку.

Процес CFD-моделювання проходив зі стандартних п'яти етапів:

1. Створення геометричної розрахункової моделі мийної ванни машини.
2. Створення сіткової моделі розрахункового простору виходячи з геометричної моделі.
3. Створення розрахункової моделі.
4. Рішення рівнянь і пошук оптимальних параметрів розрахункової моделі.

5. Отримання результатів розрахунку, що забезпечують підвищені якісні показники розробленої конструкції.

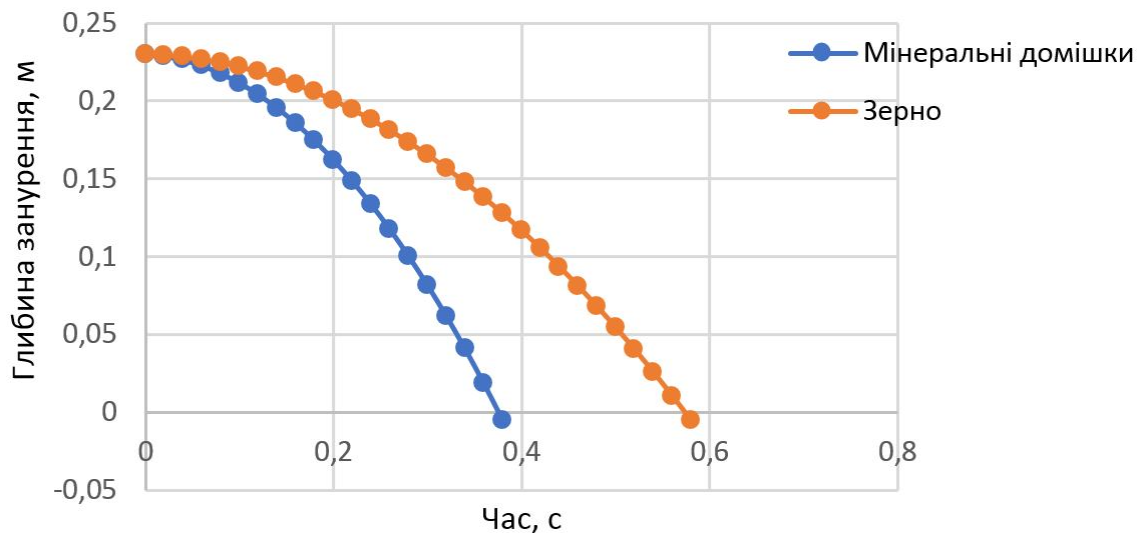


Рис. 2 - Залежність глибини занурення мінеральної домішки і зерна від часу.

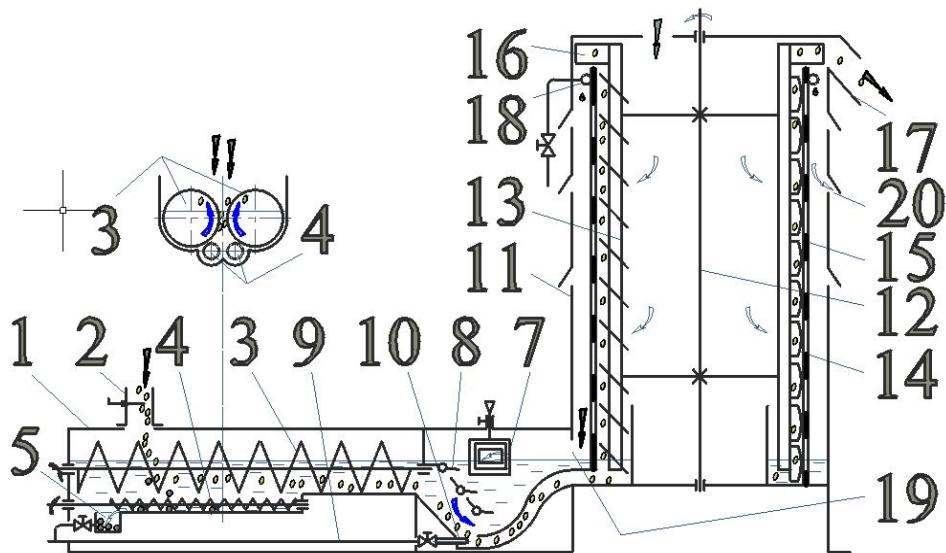


Рис. 3. Схема мийної машини для зерна.

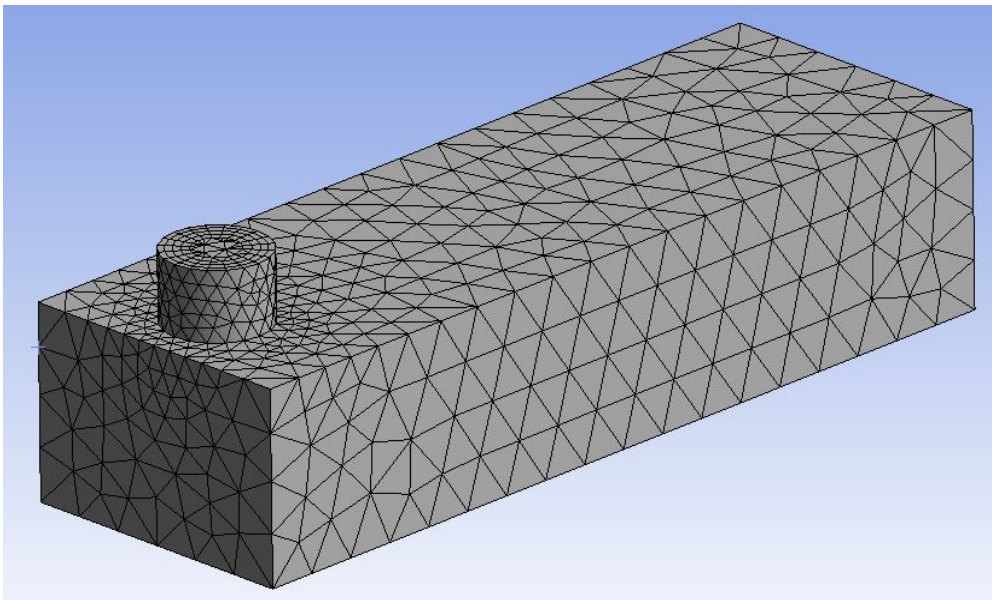


Рис. 4. Сітка на розрахунковій моделі мийної машини для зерна.

Розроблена модель мийної камери в Autodesk Inventor, була імпортована в Fluent Flow, який представляє один з модулів програмного пакету ANSYS WORKBENCH. З огляду на те, що рішення знаходиться методом кінцевих елементів, була отримана сіткова модель мийної ванни, яка представлена на рис. 4.

На наступному етапі були обрані рівняння що описують процеси в робочій зоні (безперервності, моментів кількості руху і т.д.). Крім цього, задані

початкові (масова витрата або швидкість течії) і граничні умови (умови на стінках мийної ванни, шорсткість, липкість і т.д., рис. 5).

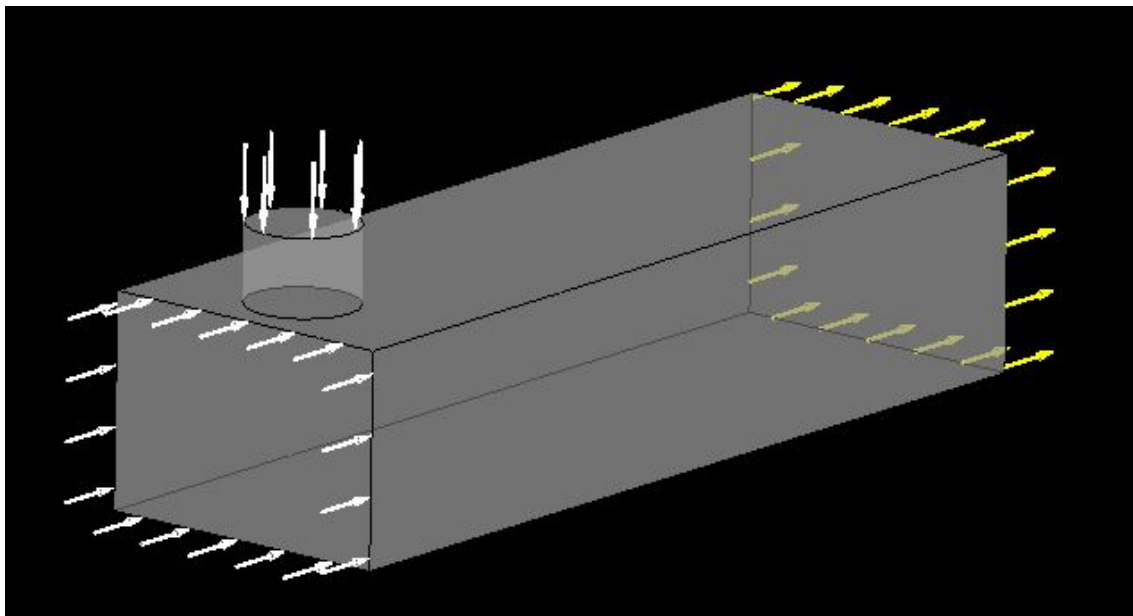


Рис 5 - Завдання початкових і граничних умов.

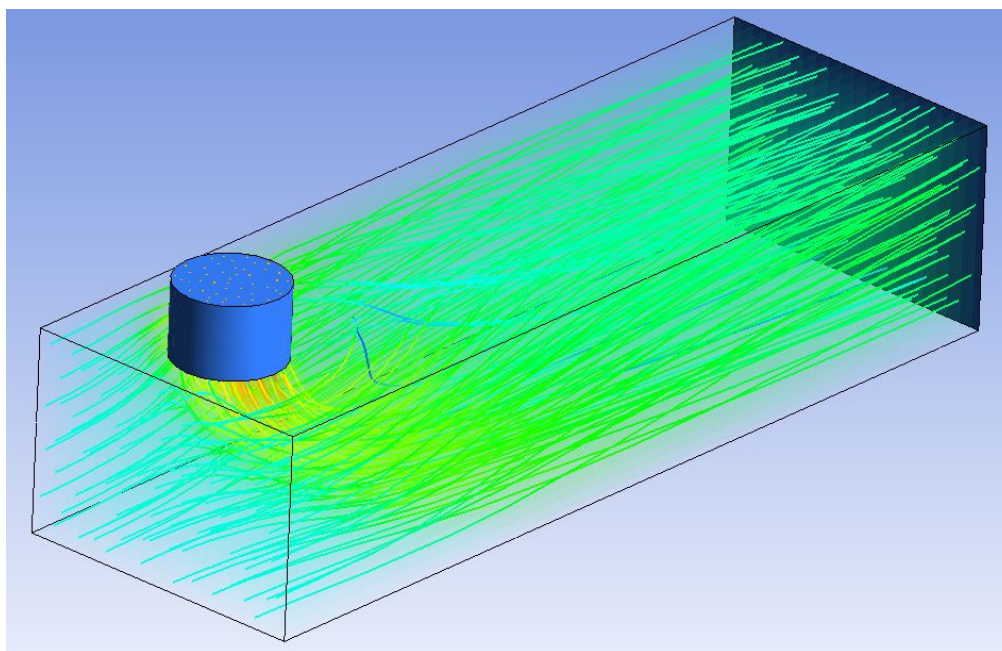


Рис 6 - Траєкторії руху водних потоків і зерна.

Також задають умови для отримання рішення ітераційним методом, в даному прикладі, задовільна збіжність була отримана після п'ятдесяти ітерацій. В результаті пошуку рішення отримуємо масив даних з параметрами потоку рідини (тиск, температура, швидкість, щільність). Для аналізу отриманих даних в розрахунковій області були візуалізовані потоки води і зерна (рис. 6). З урахуванням невеликої швидкості водного потоку турбулентність потоку на спостерігається і потік буде ламінарним. У той же час зерно підхоплюється водним потоком і відноситься в сплавну камеру. На рис. 7 представлений кадр з анімації робочого процесу в мийно́й ванні.

Зерно на певній відстані від точки подачі досягає днища мийно́й ванни і утворює застійну зону. Таким чином на стадії проектування з'ясувалося, що для деякої частини зерна, більш тривале перебування в мийно́й ванні, призведе до збільшення його вологості. Це вимагало додаткових конструкторських рішень для усунення даної проблеми.

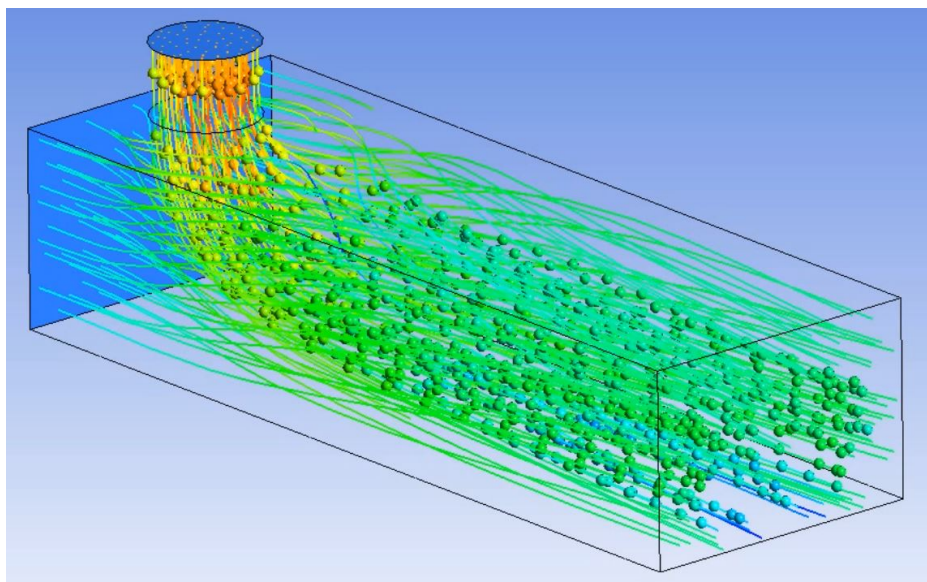


Рис 7. - Виявлення застійних зон при русі зерна.

Висновки: 1. Проаналізовано конструкції каменевідбірників, що застосовуються для очищення і сортування сільськогосподарської продукції. 2. Проведено розрахунки поведінки зерен в рідині, які дозволили визначити конструктивні розміри робочої зони каменевідбірника мийної машини для зерна. 3. Моделювання робочого процесу з використанням ANSYS WORKBENCH дозволило оптимізувати параметри робочої зони і потоку рідини в мийній машині для зерна.

Список використаних джерел

1. Камінський В.Д., Бабич М.Б. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції. Навчальний посібник для вузів. – Одеса: Аспект, 2000.- 460 с.
2. Senol Ibanoglu. Wheat washing with ozonated water: effects on selected flour properties. International Journal of Food Science and Technology, 2002(37). с. 579–584.
3. Zheng De-xing, Chen Weifang. Research on a novel water-saving cleaning technology for wheat. 4th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering. с. 499-503.
4. Константинов С.Г. Численное моделирование свободного падения твёрдого шара в воду. Труды МАИ. Выпуск № 101. 2018 г.

РАЗРАБОТКА МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ ЗЕРНА И ОТБОРА МИНЕРАЛЬНОЙ ПРИМЕСИ

Петров В., Жданов А., Мацей Р.

Проанализированы конструкции камнеотборников с разным принципом действия. На основе анализа построена новая конструкция, которая была оптимизирована с помощью программного пакета ANSYS WORKBENCH. Полученные результаты моделирования легли в основу разработки машины для мойки зерна и отбора минеральной примеси.

Ключевые слова: камнеотборники, моечная машина, зерно, ANSYS WORKBENCH.

DEVELOPMENT OF A MACHINE FOR WASHING GRAIN AND COLLECTING MINERAL IMPURITIES

Petrov V., Zhdanov A., Matzey G.

Structures of stone collectors with different operating principles are analyzed.

Based on the analysis, a new design was built, which was optimized using the ANSYS WORKBENCH software package. The obtained simulation results formed the basis for the development of a machine for washing grain and selecting mineral impurities.

Key words: stone collector, washing machine, grain, ANSYS WORKBENCH.