

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Алієв Е.Б., к.т.н., Лабатюк Ю.М., к.т.н.

Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України

Приведені результати чисельного моделювання в програмному пакеті Star CCM+ механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва, таких як змішування компонентів змішувачем-кормороздавачем потокового типу, внесення солом'яної підстилки роторним розкидачем при безприв'язному утриманні корів, формування псевдорозрідженого шару насіння в забірній камері гідропневматичного висівного апарата, переміщення насінневого матеріалу олійних культур під дією повітряного потоку. Приведені результати свідчать про широку сферу застосування чисельного моделювання при теоретичних дослідженнях механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва.

Постановка проблеми та її актуальність. В Україні сучасні теоретичні дослідження механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва зводяться до аналітичних методів, що призводить до складання складних систем диференціальних рівняння із граничними і початковими умовами. Дані системи практично не вирішуються традиційними способами, тому виникає необхідність у їх чисельному рішенні з використанням комп'ютерного моделювання.

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій. Серед сучасних методів комп'ютерного моделювання механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва особливий інтерес представляють методи, що базуються на концепції дискретного представлення речовини – метод динаміки частинок і метод дискретних елементів. Метод динаміки частинок полягає у представленні середовища у вигляді сукупності взаємодіючих частинок – матеріальних точок або твердих тіл. Їх рух описується рівняннями класичної механіки. При моделюванні руху частинок за допомогою методу динаміки частинок на кожному кроці ітераційними методами вирішується задача Коші – інтегруються диференціальні рівняння при заданих початкових умовах. Найбільш відомі програми, для розрахунків за допомогою методу динаміки частинок – AMBER, CHARMM, GROMACS, GROMOS, NAMD. Метод дискретних елементів може розглядатися як узагальнення методу кінцевих елементів. При моделюванні процесу цим методом задаються початкові положення і швидкості частинок. Потім, виходячи з цих початкових даних заданих фізичних законів взаємодії частинок, обчислюються сили, що діють на кожну частинку. При цьому можна враховувати самі різні закони взаємодії; достатньо, щоб для їх опису існували розв'язні рівняння. Для кожної частки обчислюється результуюча сила і також вирішується задача Коші на вибраному відрізку часу. У результаті виходять початкові дані для наступного кроку.

Найбільш відомі наступні програми, що реалізують метод дискретних елементів: Chute Maven (Hustrulid Technologies Inc.), PFC2D і PFC3D, EDEM (DEM Solutions Ltd.), GROMOS 96, ELFEN, MIMES, PASSAGE, Star CCM+.

Мета досліджень. Провести чисельне моделювання деяких механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва в програмному пакеті Star CCM+.

Виклад основного матеріалу дослідження. При моделюванні процесу методом кінцевих елементів в програмному пакеті Star CCM+ задаються початкові положення, швидкості насінин і повітряного потоку. Потім, виходячи з цих початкових даних заданих фізичних законів контактної взаємодії, обчислюються сили, що діють на кожен насінини в кожній інтервал часу. Для кожної насінини обчислюється результуюча сила і також вирішується задача Коші на вибраному відрізку часу, результатом якої є початкові дані для наступного кроку. В якості фізичних моделей для чисельного моделювання були обрані наступні: k-ε-модель турбулентності розділеної течії, поле сили тяжіння, модель реального газу Ван-дер-Ваальса, модель рідини, що не стискається, модель дискретних елементів, модель багатофазної взаємодії. Метод дискретних елементів базується на законах збереження імпульсу і моменту імпульсу для Лагранжевих моделей багатофазного середовища.

Для демонстрації результатів чисельного моделювання в програмному пакеті Star CCM+ розглянемо деякі механіко-технологічні процеси агропромислового виробництва.

1. Теоретично досліджено процес роботи змішувача-кормороздавача потокового типу та розроблені математичні моделі впливу конструктивно-технологічних та режимних параметрів на якісні показники його роботи [1-2]. Побудову фізико-математичної моделі процесу потокового змішування кормосумішей, який покладено в основу мобільного змішувача-кормороздавача виконано з використанням пакету програмного забезпечення Star CCM+ (рис. 1). Отримана фізико-математична модель процесу потокового змішування кормосумішей дозволяє визначити конструктивно-технологічні параметри мобільного змішувача-кормороздавача в залежності від раціону і фізико-механічних властивостей компонентів кормосуміші при оптимальних якісних, кількісних та енергетичних показниках процесу змішування.

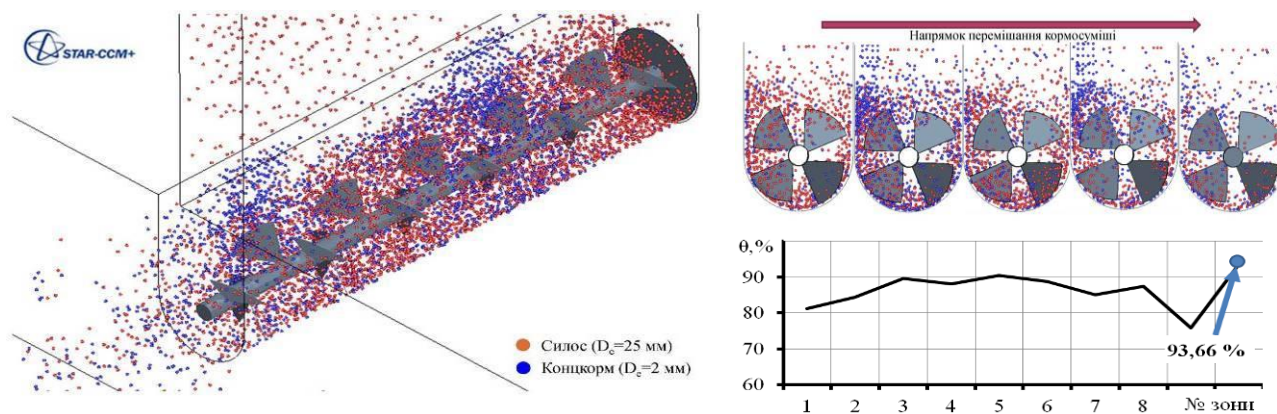


Рис. 1 – Візуалізація процесу потокового змішування кормосумішей мобільним змішувачем-кормороздавачем і динаміка зміни її однорідності

2. Теоретичне обґрунтування конструктивно-технологічної схеми робочих органів роторного розкидача солом'яної підстилки при безприв'язному утриманні корів [3]. В якості об'єктів досліджень було обрано наявність або відсутність ущільнюючої і направляючої пластин. За критерії оцінки обрано дальність польоту частинок соломи і коефіцієнт варіації їх рівномірного розподілу по довжині боксу. Результати чисельного моделювання приведені на рисунку 2.

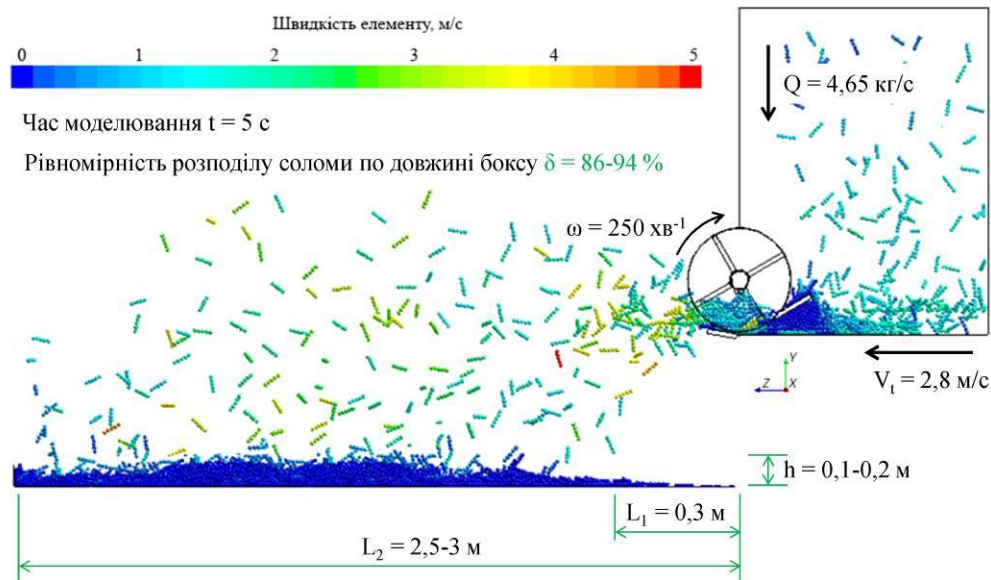


Рис. 2 – Візуалізація процесу внесення солом'яної підстилки розкидачем із ущільнюючою і направляючою пластинами

3. Розроблена фізико-математична модель процесу формування псевдорозрідженого шару насіння в забірній камері гідропневматичного висівного апарата [4-5]. В результаті були отримані графічні інтерпретації динаміки розподілу насіння в об'ємі забірної камери, які представлені на рис. 3.

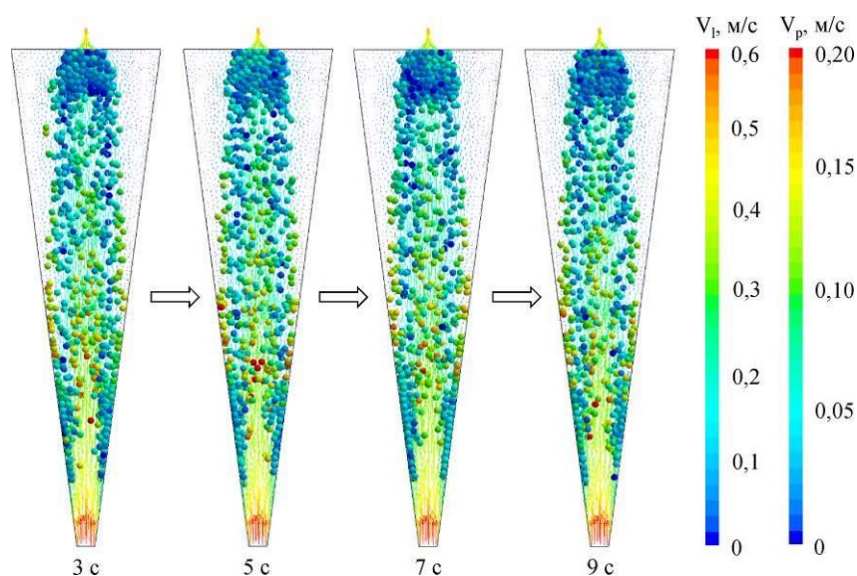


Рис. 3 – Візуалізація динаміки розподілу насіння в об'ємі забірної камери гідропневматичного висівного апарата

4. В результаті теоретичних досліджень розроблена фізико-математична модель процесу переміщення насіннєвого матеріалу олійних культур під дією повітряного потоку та отримано візуалізацію представленого технологічного процесу, яка приведена на рисунку 5.

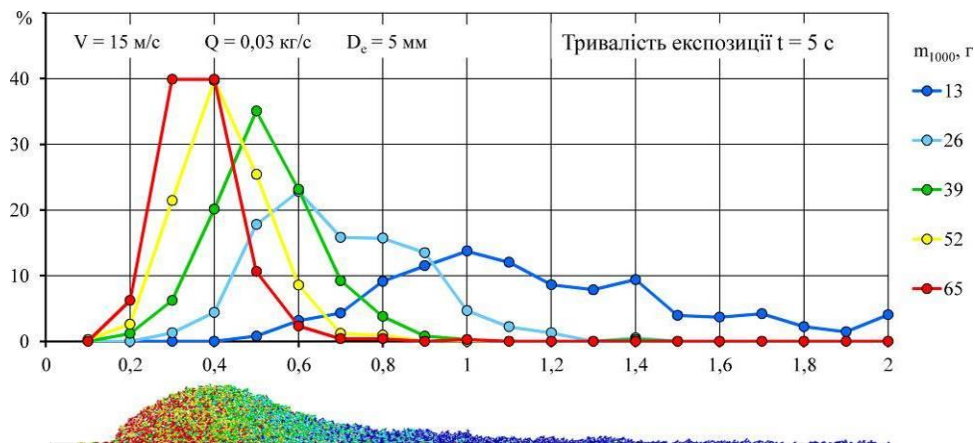


Рис. 4 – Візуалізація розподілу фракцій насіння по довжині області, що утворився під впливом повітряного потоку

Висновки. Приведені результати чисельного моделювання в програмному пакеті Star CCM+ механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва, таких як змішування компонентів змішувачем-кормороздавачем потокового типу, внесення солом'яної підстилки роторним розкидачем при безприв'язному утриманні корів, формування псевдорозрідженого шару насіння в забірній камері гідропневматичного висівного апарата, переміщення насіннєвого матеріалу олійних культур під дією повітряного потоку. Приведені результати свідчать про широку сферу застосування чисельного моделювання при теоретичних дослідженнях механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва.

Список використаних джерел

1. Шевченко І.А. Моделювання процесу потокового змішування кормосумішей з використанням методу дискретних елементів / І.А. Шевченко, Е.Б. Алієв, С.О. Доруда // Механізація та електрифікація сільського господарства – Глеваха, 2013. – Вип. 97. Том 1. – С. 536-544.
2. Шевченко І.А. Моделювання процесу потокового змішування кормосумішей з використанням методу дискретних елементів / І.А. Шевченко, Е.Б. Алієв, С.О. Доруда // Механізація та електрифікація сільського господарства – Глеваха, 2013. – Вип. 97. Том 1. – С. 536-544.
3. Луц С.М. Обоснование конструктивно-технологической схемы универсальной машины для внесения соломенной подстилки на основе численного моделирования / С.М. Луц, Э.Б. Алиев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Т.3. – С. 137-141.

4. Бойко В.Б. Дослідження процесу зарядження насінини в насіннепровід гідропневматичного висівного апарата / В.Б. Бойко, Е.Б. Алієв // Збірник тез Міжнародної наукової інтернет-конференції «Перспективи та стратегія адаптивного і ресурсозберігаючого вирощування олійних культур в умовах зміни клімату» (30 жовтня 2015 р.). – Запоріжжя: ІОК НААН, 2015. – С. 148-149.
5. Бойко В.Б. Теоретичні дослідження руху рідини в ємності гідропневматичного висівного апарата / В.Б. Бойко, Е.Б. Алієв // Інженерія природокористування – 2015 – №2(4) – с. 78-84.

Аннотация

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Алиев Э.Б., Лабатюк Ю.М.

Приведены результаты численного моделирования в программном пакете Star CCM+ механико-технологических процессов агропромышленного производства, таких как смешивание компонентов смесителем-кормораздатчиком потокового типа, внесение соломенной подстилки роторным разбрасывателем при беспривязном содержании коров, формирование псевдосниженного слоя семян в заборной камере гидронеуматического высевяющего аппарата, перемещения семенного материала масличных культур под действием воздушного потока. Приведённые результаты свидетельствуют о широкой сфере применения численного моделирования при теоретических исследованиях механико-технологических процессов агропромышленного производства.

Ключевые слова: численное моделирование, процесс, механика, производство, метод, теоретические исследования.

Abstract

NUMERICAL SIMULATION OF MECHANICS AND TECHNOLOGICAL PROCESSES OF AGRICULTURAL PRODUCTION

E. Aliyev, Y. Labatyuk

The results of numerical simulation software Star CCM + package mechanics and processes of agricultural production, such as the mixing of the components mixer wagon streaming type, making litter rotary spreader with loose housing cows, forming fluidized seed layer in the suction chamber hydropneumatic sowing apparatus, movement of seed oilseeds under the action of air stream. The given results indicate the general scope of numerical modeling in theoretical studies of mechanics and processes of agricultural production.

Keywords: numerical modeling, process, mechanical, manufacturing, method, theoretical studies.