

УДК 631.3:519.6

## **НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ПРОЦЕСІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

*Алієв Е. Б.*

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Сільське господарство, як одна з рушійних сил людського розвитку, є основою для підтримки соціальної стабільності і продовольчої безпеки держави. Необхідність зменшення трудових витрат призвела до механізації і автоматизації технологічних процесів агропромислового виробництва [1]. Так, аграрне машинобудування завжди було важливою галуззю досліджень, і різні технології постійно просувалися та застосовувалися в ній. Системний інжиніринг аграрного машинобудування не можливий без етапу конструкторської підготовки до виробництва, що включає проєктування нових машин і технічних засобів та модернізацію раніше вироблених [2]. У процесі проєктування визначаються теоретичні закономірності технологічних процесів механізованого сільськогосподарського виробництва, їх характер, розробляються конструкції технічних засобів, теорії та методи їх розрахунку, створюються фізико-математичні моделі взаємодії робочих органів із різноманітними багатofазними робочими середовищами тощо.

На сьогодні інжиніринг технічних систем неможливий без використання сучасних методів і програмних засобів чисельного моделювання (CAD/CAE-системи). Не винятком є проєктування машин і засобів механізації сільськогосподарського машинобудування (Agricultural Engineering).

Аналіз світових досліджень і власний науковий досвід чисельного моделювання технологічних процесів агропромислового виробництва дає

зможу стверджувати про можливість застосування різноманітних програмних пакетів (SOLIDWORKS Simulation, Ansys, Rocky DEM, Simcenter STAR-CCM+, Altair EDEM) для симуляції процесів взаємодії робочих органів сільськогосподарських машин із багатофазними робочими середовищами (наприклад, молоко, олія зерно, насіння, зелена маса рослин тощо). Для чисельного моделювання великої різноманітності таких механічних взаємодій (транспортування та дозування, подрібнення та пресування, змішування та сепарація) можливе застосування CAE-системи Simcenter STAR-CCM+ (виробництва Siemens), що основане на моделях Ейлерової та Лагранжевої багатофазності і відповідних переходів. Особливу увагу мають реалізовані в Simcenter STAR-CCM+ методи об'ємної рідини (Volume of Fluid – VOF) для симуляції руху молока, олії, рідких добрив і метод дискретних елементів (Discrete Element Method – DEM) для симуляції руху комбікорму, зерна, насіння, агрегатів ґрунту тощо. Також при моделюванні процесу руйнування суцільного середовища на менші частинки можна застосовувати модель переходу від Ейлера до Лагранжа (Resolved Eulerian-Lagrangian Transition), яка дозволяє фіксувати розпад рідини з утворенням крапельок, що відокремлюються з вільної поверхні. Ця модель може бути використана при моделюванні процесу обробки ґрунтового середовища різними знаряддями, особливо з активними робочими органами [3, 4].

Тому впровадження в процес проектування сільськогосподарських машин сучасних засобів чисельного моделювання із розробленими відповідними науково-методичними принципами є актуальним завданням, що сприятиме розвитку науки, суспільного прогресу і формування високого рівня продовольчої безпеки України.

Мета досліджень. Підвищення ефективності виконання механізованих процесів агропромислового виробництва шляхом їх попереднього чисельного моделювання у CAE-системах на основі розробленої методики.

Розроблена узагальнена методика проведення чисельного моделювання приведена на рис. 1. Вона включає в себе наступні етапи: концепцію (конструктивно-технологічну схему) технічного засобу (робочого органу); визначення основних геометричних розмірів технічного засобу (робочого органу); створення 3D-моделі технічного засобу (робочого органу) в CAD-системі; визначення фізико-механічних властивостей середовища, з яким взаємодіє технічний засіб (робочий орган); аналіз технологічного процесу; створення моделі в CAE-системі; визначення факторів чисельного моделювання; визначення критеріїв чисельного моделювання; планування чисельного експерименту; проведення моделювання; кореляційний, дисперсійний, регресійний аналізи результатів моделювання; статистичний аналіз адекватності отриманих результатів моделювання.



Рис. 1. Узагальнена методика проведення чисельного моделювання

Висновок. У результаті вже проведених досліджень вирішено ряд задач агропромислового виробництва на основі чисельного моделювання в програмному пакеті Simcenter STAR-CCM+ [1, 4, 5]:

- сепарація насінневого матеріалу на аеродинамічному, віброрешітному, вібропневматичному сепараторах;
- переміщення насіння під дією робочого органу блока подачі фотоелектронного сепаратора;
- переміщення насіння у сповільнювачі пневматичної сівалки точного висіву;
- формування псевдозрідженого шару в забірній камері гідропневматичного висівного апарата;
- потокове змішування та видача кормосуміші одновальним лопатевим змішувачем;
- сепарація насінневого матеріалу дрібнонасінневих культур на циліндричному чарунковому трієрі;
- аеродинамічні процеси в жнивварці обчісувального типу;
- змішування компонентів гноє-компостної суміші барабанно-лопатевим робочим органом;
- висів насіння дрібнонасінневих культур селекційною сівалкою;
- переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті;
- рух двофазного миючого розчину горизонтальною молокопровідною лінією з повітряним інжектором;

- робочий процес ротаційного пластинчастого вакуумного насоса доїльної установки; процес формування експандатів кормів;
- дослідження процесу роботи кавітаційного диспергатора-гомогенізатора;
- взаємодія робочих органів ґрунтообробних машин із ґрунтом.

Список використаних джерел

1. Алієв Е. Б. (2023). Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 340 с. ISBN 978-966-540-584-9. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9
2. Aliev E. B., Bandura V. M., Pryshliak V. M., Yaropud V. M., Trukhanska O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEH – Agricultural Engineering, 54 (1): 95-104.
3. Simcenter STAR-CCM+ 2021.3. Verification Suite. (2021). 333 p.
4. Simcenter STAR-CCM+. Help. User guide, tutorials, knowledge base, and tech support. (2022).
5. Алієв, Е. Б. (2019). Фізико-математичні моделі процесів прецизійної сепарації насінневого матеріалу соняшнику: монографія. Запоріжжя: СТАТУС. 196 с. ISBN 978-617-7759-32-3.

ISBN 978-617-8102-06-7

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра сільськогосподарських машин  
та системотехніки імені академіка П. М. Василенка

**ЗБІРНИК**  
**ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
**XXV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**"Сучасні проблеми землеробської механіки"**  
**(17–19 жовтня 2024 року)**

*присвяченій 124-й річниці з дня народження академіка  
Петра Мефодійовича Василенка, 95-й річниці з дня заснування  
механіко-технологічного факультету НУБіП України*



**Київ – 2024**

**ББК40.7**

**УДК 631.17+62-52-631.3**

**JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42**

**З 38**

*Рекомендовано до друку збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" вченою радою механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України від 15 жовтня 2024 року протокол № 3.*

Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. 527 с.

**ISBN 978-617-8102-06-7**

В збірнику тез представлено анотований зміст доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок з: розвитку сучасної землеробської механіки; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для рослинництва; механіко-технологічних процесів, робочих органів та машин для тваринництва; смарт-технологій машиновикористання, інженерного менеджменту, технічного сервісу; транспортних технологій та логістики; історії аграрної освіти і науки; будівництва сільських територій; надійності машин для сільського, лісового і водного господарств та харчових технологій; удосконалення та нові розробки біотехнологічних процесів і технічних засобів.

**Організаційний комітет:**

*Ткачук В.А. – д.е.н., проф., ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), голова.*

*Ніколаєнко С.М. – д.п.н., проф., академік НАПН, академік НААН, президент НУБіП, співголова.*

*Тонха О.Л. – д.с.-г.н, проф., проректорка з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП, співголова.*

*Братішко В.В. – д.т.н., проф., декан НУБіП, співголова.*

Войтюк Д.Г. – к.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри НУБіП, співголова.

Адамчук В.В. – д.т.н., проф., академік НААН, директор ІМА АПВ.

Аулін В.В. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.

Барановський В.М. – д.т.н., проф., ТНТУ імені Івана Пулюя.

Борак К.В. – д.т.н., проф., заступник директора ЖАТФК.

Бредихін В.В. – д.т.н., доц., декан ДБУ.

Вергунов В.А. – д.с.-г.н., д.і.н., проф., академік НААН, директор ННСГБ НААН.

Вечера О.М. – ст. викл. кафедри НУБіП, секретар оргкомітету конференції.

Гуменюк Ю.О. – к.т.н., доц., завідувач кафедри НУБіП.

Гуцол О.П. – к.т.н., доц., керівник приватного підприємства.

Зубко В.М. – д.т.н., проф., декан СНАУ.

Іванишин В.В. – д.е.н., проф., академік НААН, ректор ЗВО «ПДУ».

Іценко Т.Д. – к.п.н., проф., директор ДУ «НМЦВФПО».

Калетнік Г.М. – д.е.н., проф., академік НААН, президент ВНАУ.

Кірчук Р.В. – к.т.н., проф., декан ЛНТУ.

Кобець А.С. – д.н. з держ. упр., проф., ректор ДДАЕУ.

Ковалишин С.Й. – к.т.н., проф., декан ЛНУП.

Гуцол О.П. – к.т.н., власник і бенефіціар аграрних компаній.

Козаченко Л.П. – президент Української аграрної конфедерації.

Кравчук В.І. – д.т.н., проф., академік НААН, директор УМІ АПІ.

Кропівний В.М. – к.т.н., проф., ректор ЦНТУ.

Кульгавий В.Ф. – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів».

Кюрчев В.М. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, радник ректора ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Кюрчев С.В. – д.т.н., проф., ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Лавріненко О.Т. – к.т.н., доц. кафедри НУБіП.

Лукач В.С. – к.п.н., проф., директор ВП НУБіП «НАТІ».

Маруцак П.О. – д.т.н., проф., проректор ТНТУ імені Івана Пулюя.

Мельник В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ДБУ.

Мироненко В.Г. – д.т.н., проф., ІМА АПВ.

Мороз О.О. – Голова Верховної Ради України двох скликань.

Надикто В.Т. – д.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри ТДАТУ імені Дмитра Моторного.

Панцир Ю.І. – к.т.н., доц., декан ЗВО «ПДУ».

Пастухов В.І. – д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.

Пилипака С.Ф. – д.т.н., проф., завідувач кафедри НУБіП України.

Пугач А.М. – д.н. з держ. упр., проф., декан ДДАЕУ.

Пушка О.С. – к.т.н., доц., проректор УНУС.

Ребенко В.І. – к.т.н., доц., доцент кафедри НУБіП.