

УДК 631.356.46: 519.876.5

М.Я. Сташків, к.т.н., доц.; І.І. Борис, Р.О. Булаєнко, В.О. Булаєнко
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН З ГРУНТОМ

M. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof.; I. Borys, R. Bulaienko, V. Bulaienko
**METHODS OF INVESTIGATION OF POTATO HARVESTING MACHINES WORKING
BODIES INTERACTION WITH SOIL**

Теоретичні та експериментальні дослідження технологій і машин (пристроїв) для збирання картоплі, їх виробничі випробування є невід'ємною частиною процесу створення картоплезбиральної техніки. Це пов'язано з вагомою часткою ресурсозатрат у механізованих процесах збирання картоплі, які складають близько 60-70 % [1].

Удосконалення технологій та машин з метою забезпечення оптимальних техніко-економічних показників відбувається постійно, тому до актуальних завдань розвитку вітчизняної картоплезбиральної техніки належить розробка та виробництво картоплезбирального комбайна, адаптованого до сучасних вітчизняних виробничих та економічних вимог [1, 2].

На техніко-економічні показники машин для викопування картоплі суттєво впливає багато параметрів, таких як властивості ґрунту, форма та швидкість руху робочих органів, глибина обробки ґрунту та ін. Тому одним із основних завдань дослідників системи «ґрунт-машина» є вивчення складних взаємодій робочого інструменту та ґрунту з метою підвищення ефективності подрібнення ґрунту та мінімізації питомого тягового опору. Через просторову непостійність фізико - механічних властивостей ґрунту, його нелінійну поведінку, контактні та зсувні явища, що виникають на межі поділу «знаряддя – ґрунт», моделювання взаємодії у цій системі є складною науковою проблемою.

У моделюванні взаємодії системи «ґрунт-інструмент» традиційно застосовують аналітичні та експериментальні методи досліджень. Але аналітичні чи напіваналітичні методи, засновані на теорії пасивного тиску на землю або на класичній механіці ґрунтів, доволі громіздкі та, як правило, обмежені припущеннями про фізико-механічні властивості ґрунту і характер його руйнування та простою геометрією інструменту.

Дослідження за допомогою польових випробувань мають перевагу в тому, що вони дозволяють відображати реальне польове середовище, але мають багато недоліків, таких як висока вартість системи приладів, значні затрати часу та робочої сили, низька відтворюваність, обмеженість простору та вплив факторів навколишнього середовища.

Недоліків польових випробувань можна уникнути застосовуючи різноманітні напівнатурні випробування, наприклад, в умовах ґрунтового каналу, перевагою якого є легкість контролю параметрів та умов випробування. Однак і у таких дослідженнях є серйозний недолік – важко забезпечити фактичні польові характеристики ґрунту.

Тому все частіше дослідники звертаються до дослідження взаємодії у системі «ґрунт-інструмент» за допомогою чисельних методів на основі цифрового моделювання, які дозволяють досліджувати складну геометрію інструменту та динамічні атрибути ґрунту і є альтернативою існуючим аналітичним методам.

Найчастіше дослідники застосовують метод скінченних елементів (МСЕ або FEM – Finite Element Method) для вирішення задач механіки та гідрогазодинаміки та метод дискретних елементів (МДЕ або DEM – Discrete Element Method / Modeling) і метод гідрогазодинаміки згладжених частинок (СПН – Smoothed Particle Hydrodynamics) для дослідження поведінки систем з дискретними частинками [3].

У методі скінченних елементів (FEM) вважається, що ґрунт є неперервним середовищем, і більшість досліджень обмежуються проблемами малих переміщень через проблеми моделювання, пов'язані з викривленням сітки.

В класичній механіці ґрунтів поведінка ґрунту під навантаженням зазвичай вважається жорстко-пластичною. І хоча моделювання методом кінцевих елементів дозволяє враховувати пружно-пластичну або в'язко-пружну поведінку ґрунту, цей метод все ж таки погано відображає реакцію ґрунтових частинок.

Іншим чисельним методом, який не так давно почали використовувати для дослідження взаємодії системи «ґрунт-інструмент» та моделі руйнування ґрунту, є дискретно – елементне моделювання (DEM). Цей метод дозволяє врахувати неоднорідність ґрунту та велике зміщення ґрунтових часток при взаємодії інструменту з ґрунтом, дослідити динамічну поведінку мікроелементів ґрунту (наприклад, сили та зсуви кожної частинки ґрунту та зерна ґрунту) та його макро- характеристики, такі як сили зсуву ґрунту та подрібнення під час обробки ґрунту.

Загалом DEM дозволяє аналізувати кінематику взаємодії робочих органів з частинками ґрунту (вільний рух частинок, рух частинок при їх контактній взаємодії, рух частинок по робочій поверхні, рух робочих поверхонь з ступенями вільності); динаміку взаємодії робочих органів з частинками ґрунту (сили, що діють на частинки у вільному русі, при взаємодії групи частинок, зусилля на поверхнях робочих органів); поведінку багатофазових середовищ з врахуванням сил когезії та адгезії; процеси зношування робочих поверхонь знарядь та деформації (руйнування) ґрунтових об'ємів. Суттєвим обмеженням застосування DEM є необхідність використання надзвичайно великих розрахункових потужностей, що зумовлено моделюванням взаємодії великого об'єму частинок малого розміру та складної форми. Для прикладу, на рис. 1 показано DEM взаємодії лемеша картоплезбирального комбайна з ґрунтовим гребенем.

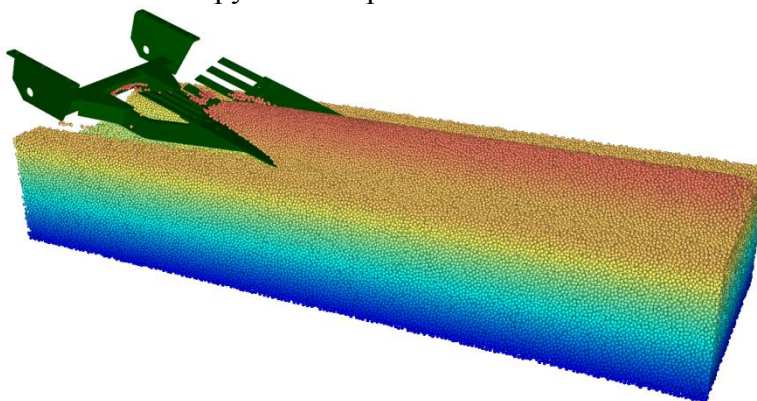


Рис.1. Моделювання взаємодії лемеша картоплезбирального комбайна з ґрунтовим гребенем (тип частинки – сфера діаметром 10 мм)

Література:

1. Гевко, Р. Б. Підвищення техніко-економічних показників машин для збирання картоплі / Р. Б. Гевко, С. В. Синій, О. В. Гундзик // Український журнал прикладної економіки. – 2016. – Том 1. – № 1. – С. 39-49. – ISSN 2415-8453.
2. Булаєнко Р. Обґрунтування конструкції малогабаритного картоплезбирального комбайна / Р. Булаєнко, В. Булаєнко // Мат. IV студ. наук.-техн. конф. «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – С. 41 – 42.
3. Шашків М.Я. Застосування цифрової симуляції для дослідження процесів масообміну в аграрному виробництві / М.Я. Шашків, І.М. Підгурський, А.Й. Матвійшин // Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. присвячена пам'яті професора Гевка Б.М. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. – С. 59 - 60.