

УДК 631.356.4

© С.В. Синій, к.т.н., М.Я. Варголяк
Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОШКОДЖЕННЯ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ ІМІТАТОРА

У статті розглянуто новий портативний пристрій (імітатор коренебульбоплоду) та методика його застосування. Пристрій розроблений для оперативного контролю показників пошкодження коренебульбоплодів при сепарації вороху робочими органами техніки для збирання та післязбиральної обробки коренебульбоплодів.

МАШИНИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ, ІМІТАТОР КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДУ, ПОШКОДЖЕННЯ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ, СЕПАРАЦІЯ

Постановка проблеми. Актуальним завданням при розробці, випробовуванні, удосконаленні, контролі та налаштуванні на задані режими роботи техніки для збирання (копачів, підбирачів, навантажувачів, комбайнів) та післязбиральної обробки (машин і механізми для сортування, складського транспортування) коренебульбоплодів є застосування портативних пристроїв, здатних вимірювати силу та інтенсивність дії робочих органів на ворох коренебульбоплодів. Результатам створення та розробки одного з таких пристроїв, а саме – моделі імітатора коренебульбоплоду, присвячена дана стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними агротехнічними вимогами до техніки для збирання та післязбиральної обробки коренебульбоплодів є мінімізація їх пошкоджень від впливу робочих органів. Традиційна важливість та актуальність відповідних досліджень фізико-механічних показників підтверджується публікаціями їх результатів у ряді вітчизняних та закордонних праць [1-7 та ін.], починаючи від початку розвитку індустріальної механізації і до теперішнього часу.

Від механізованого впливу при збиранні, перевезенні, післязбиральній обробці коренебульбоплодів окремі з них отримують по декілька видів механічних пошкоджень, що збільшує їх втрати при зберіганні [4-7 та ін.]. Тому особливо важливим є оперативний контроль причин таких пошкоджень з використанням моделі імітатора коренебульбоплоду, поміщеної безпосередньо у середовище вороху, та аналіз цих причин з метою їх усунення шляхом такого ж оперативного

регулювання параметрів робочих органів (режимів роботи, технологічних зазорів тощо).

Мета дослідження. Для оперативного та адекватного контролю допустимих значень пошкоджень коренебульбоплодів у відповідності до агротехнічних вимог і забезпечення функціональних та експлуатаційних показників техніки для збирання та післязбиральної обробки коренебульбоплодів необхідно розробити новий портативний імітатор коренебульбоплоду та методику проведення експериментальних досліджень для визначення значень параметрів пошкоджень коренебульбоплодів і для регулювання конструктивних, кінематичних та технологічних параметрів робочих органів та зон передачі вороху між ними.

Результати дослідження. Найпершим завданням при створенні імітатора коренебульбоплоду є визначення принципу його дії та злагоджене поєднання механічної і електричної частини. При розробці пристрою ми виходили з наступних міркувань використання переваг цих частин:

- механічна – добре імітує поверхню тіла коренебульбоплоду за фізико-механічними показниками; більш стійка до зовнішніх агресивних впливів механічної дії (ударів, вібрацій, впливів трібологічного характеру, що впливають на зношування, тощо) та температурно-вологісної;

- електрична – забезпечує: високу точність та швидкість вимірювань (чутливість приладу); зручність запису, архівування та відтворення даних вимірювань; можливість передачі даних також і в режимі "one-line"; компактність деталей.

Відомі різні способи визначення параметрів пошкоджень коренебульбоплодів робочими органами з використанням моделей імітаторів тіла коренебульбоплоду. Проведений аналіз їх будови та принципів дії показав, що основне завдання таких моделей – визначити силу дії робочого органу на поверхню коренебульбоплоду, а якщо можливо – то й інтенсивність та кількість разів цієї дії, координати руху імітатора у просторі чи відносно робочих органів.

До технічно простіших моделей можна віднести тіло реального коренебульбоплоду чи його імітатор зі штучного матеріалу (зазвичай – у формі кулі, як наприклад у [7] - штучна гумова бульба картоплі, заповнена силіконовим маслом), що фіксує удари за допомогою зовнішнього покриття шаром матеріалу (фарба, крейда, копірка тощо) чи мережею датчиків (наприклад, п'єзо-датчики сили, тиску). Такі прості та відносно дешеві моделі відображають пляму контакту, силу дії, але через технічну недосконалість та ряд недоліків

(передусім – пов’язаних з швидким руйнуванням поверхонь фіксації чи завеликою механічною вразливістю цих поверхонь до руйнування від ударів робочих органів) фактично служать для одноразового використання.

Однак, сучасні швидкі темпи розвитку нанотехнологій, зокрема з виготовлення мікроелектромеханічних систем, в яких об’єднано мікроелектронні та мікромеханічні компоненти, дозволяють удосконалити не лише конструкції електросенсорів на основі п’єзо-датчика (виробляє електричну напругу при механічному стисканні під дією сил інерції), але й застосовувати такі мікроколивальні системи як акселерометри (електромеханічні сенсори, що здатні розпізнавати сильні перепади швидкостей).

Таким чином, на основі проведеного аналізу конструкцій та режимів роботи робочих органів та поверхонь техніки для збирання та післязбиральної обробки коренебульбоплодів, діючих агротехнічних вимог до роботи цієї техніки, відомих моделей імітаторів корене- та бульбоплодів, напрямків розвитку електромеханічних систем, нами створено новий пристрій - імітатор коренебульбоплоду (zareєстрована заява про видачу патенту України на корисну модель № 27344 від 27.04.2015 р.), призначений для вивчення фізико-механічних властивостей коренебульбоплодів, а також для визначення ступеня пошкодження коренебульбоплодів при їх взаємодії з робочими органами сільськогосподарських машин.

Розроблений імітатор коренебульбоплоду має тіло, яке за формою, розмірами та фізико-механічними властивостями подібне до природного коренебульбоплоду і складається з двох рухомо з’єднаних півкуль, що сприймають і реагують на зовнішні удари.

Будова імітатора коренебульбоплоду зображена у розрізі на рис.1 при максимальному розведенні півкуль (початкове положення) та максимальному їх зведенні, а зовнішній вигляд імітатора у цих крайніх положеннях - на рис. 2.

Основними складовими конструкції даного імітатора є: корпуси верхньої півкулі 1 та нижньої півкулі 2; гнучкий обод 5 з’єднання півкуль, що кріпиться до корпусів півкуль 1 та 2 за допомогою роз’ємних з’єднань 9; пружинний механізм 4; мікросхема 6; блок автономного живлення 7 (акумулятор) елементів мікросхеми 6 та повзункового потенціометра 8.

Розглянемо принцип роботи імітатора коренебульбоплоду.

Корпуси півкуль 1 та 2 рухомо з’єднані між собою через їх направляючі. Завдяки цьому півкулі можуть переміщатись одна

відносно іншої вздовж осі направляючих на відстань "а", обмежену виступами 3 на направляючій корпусу 1.

Пружинний механізм 4 кріпиться до верху направляючої корпусу 1 та дна корпусу 2 та призначений для розведення корпусів півкуль.

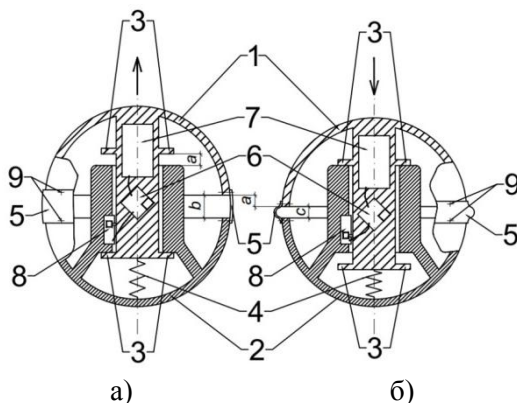


Рис. 1 - Схема будови імітатора коренебульбоплоду: а - півкулі максимально розведені (початкове положення), б - півкулі максимально зведені

У початковому (вихідному) положенні півкулі розведені пружинним механізмом 4 на максимальну відстань, що відповідає величині зазору між ними "b". При статичному чи динамічному зовнішньому навантаженні на поверхню хоча б однієї з півкуль вони сходяться на величину, пропорційну навантаженню, але не ближче як на мінімальну відстань з величиною зазору «с», що відповідає максимально можливому стисненню пружинного механізму 4. При наступному зменшенні дії зовнішнього навантаження на поверхні півкуль, пружинний механізм 4 розводить півкулі, а при припиненні такої дії – повертає півкулі у початкове (вихідне) положення.

Утворений між півкулями зазор (змінюється від "b" до "c") ззовні закривається виконаним з еластичного герметичного матеріалу гнучким ободом 5, що кріпиться до корпусів 1 та 2 за допомогою роз'ємних з'єднань 9. Обод щільно прилягає до зовнішньої поверхні по периметру півкуль і захищає внутрішній простір імітатора коренебульбоплоду від забруднення сторонніми елементами (грунту, піску, вологи, рослинних та ін. домішок), які заважають справній роботі імітатора коренебульбоплоду.

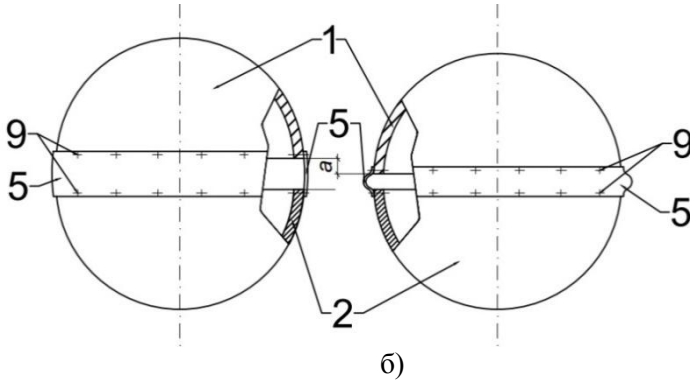


Рис. 2 - Зовнішній вигляд імітатора коренебульбоплоду: а - півкулі максимально розведені (початкове положення), б - півкулі максимально зведені

До основних елементів електричної частини імітатора коренебульбоплоду належать з'єднані електричними дротами з блоком автономного живлення 7 та між собою: мікросхема 6 з електропристроєм багаторазового записування даних вимірювань (наприклад, USB-флеш-накопичувачем) і повзунковий потенціометр 8.

Повзунковий потенціометр 8, одна частина якого кріпиться на направляючій корпусу 2, а інша – на направляючій корпусу 1, вимірює зміни значення електричного опору при відносному переміщенні направляючих корпусів 1 та 2.

Мікросхема дозволяє обробити результати вимірювань зміни електричного опору під час роботи імітатора коренебульбоплода та оперативно записати їх у файл на електропристрої багаторазового записування даних вимірювань, за допомогою якого дані після закінчення вимірювань і відкриття імітатора коренебульбоплоду переносяться на комп'ютер.

Для зручності зберігання і відтворення даних вимірювань використовується даталоггер, що записує значення в пам'ять через задані інтервали часу. Завдяки цьому дані можна швидко і просто вивантажити в широко поширену і доступну програму Excel через USB-порт на персональному комп'ютері (ПК) чи кишеньковому ПК (КПК) та перевести у табличну і графічну форму відображення для проведення оперативного аналізу отриманих значень.

Запропонована взаємодія механічної та електричної частин в конструкції імітатора коренебульбоплоду дозволяє підвищити точність

визначення ступеня пошкодження коренебульбоплодів при роботі сільськогосподарських машин.

Розглянемо роботу імітатора коренебульбоплоду для наведеного на рис. 3 фрагменту результатів лабораторних вимірювань зміни опору його потенціометра від співудару з бетонною поверхнею при вільному падінні на неї. Тут:

- графік 1 – тест-пряма стабільної роботи електричної частини імітатора, яка є функцією від часу і постійно контролюється при виведенні дослідних даних (розриви чи скачки цієї прямої означають можливі збої в роботі електричної частини, а тому дані вимірювань на відповідному збоєм інтервалі часу повинні виключатись як неадекватні);

- графік 2 – власне крива результатів вимірювань 9 здійснених вручну падінь імітатора з висоти 20...50 см, через довільні проміжки часу.

Усі горизонтальні ділянки графіка 2 (у даному випадку на рівні 77 кОм) відповідають максимальному розведенню півкуль (початкове положення імітатора на рис. 1, а та 2, а), тобто відсутності зовнішньої дії вимірювань. Тут незначні коливання характеризують чутливість приладу.

Потенціометр налаштований на зменшення показів опору при збільшенні сили удару, що відповідає зменшенню зазору між півкулями (в діапазоні між "b" та "a"). Тому після одиночного (наприклад, одного з дев'яти на рис. 3) співудару імітатора з дослідною поверхнею крива падає вниз, а досягши свого піку повертається у початкове положення, завдяки реакції пружини імітатора. З порівняння інтервалів циклу виміру t_1 та t_2 для найменшої та найбільшої висоти падіння імітатора видно, що час циклу одиночного виміру зростає пропорційно зростанню сили співудару. Характер згладження на даному графіку ділянок повернення півкуль у початкове положення пов'язаний з особливостями кінематики механічної частини пристрою та характеристики застосовуваної пружини (поз. 4 на рис. 1) і коченням впалого імітатора по плоскій робочій поверхні. Із застосуванням пружини більшої жорсткості або збільшенням їх кількості (ця можливість передбачена конструкцією імітатора) ділянки падіння-піднімання графіку стають різкішими і меншими за амплітудою, тобто час реагування імітатора зменшується, роблячи його повернення у початкове положення більш оперативнішим для відповідних меж вимірювань. Таким чином, змінюючи масу імітатора і жорсткість пружин можна відрегулювати його електричну частину до потрібної точності, швидкості та частоти вимірювань під задані показники

чутливості кореня чи бульби на дію робочих органів виходячи з умови непошкодження.

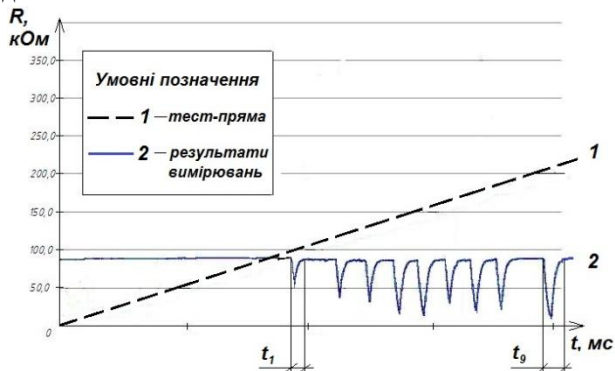


Рис. 3 – Залежність опору потенціометра від висоти падіння імітатора коренебульбоплоду на робочу поверхню (лабораторні досліди, робоча поверхня – бетон, 9 падінь з висоти 20...50 см): 1 - тест-пряма стабільної роботи; 2 - крива результатів вимірювань; t_1 – час циклу першого виміру; t_9 – час циклу дев'ятого виміру

У результаті проведених досліджень розроблено модель імітатора коренебульбоплоду (рис. 4) з наступними технічними показниками:

Габарити за діаметром півкулі: 12...14 см;

Маса (середня): 300 г;

Матеріал корпусу: АБС-пластик;

Матеріал гнучкого обода: прогумована тканина;

Частота зняття показів: 12...15 показів/с;

Діапазон опору потенціометра: 5...90 $k\Omega$;

Джерело електроенергії: акумулятор на 3,6 В;

Запам'ятовуючий пристрій: USB-карта;

Графічна програма обробки даних: Microsoft Excel;

Варіанти роботи:

- в автономному режимі (польові випробування): 2...3 доби;

- при під'єднанні електродротами до ПК чи КПК (лабораторні випробування): залежно від електроживлення ПК чи КПК.

Розроблена конструкція імітатора коренебульбоплоду використовувалась у лабораторних та польових дослідженнях збиральних машин та комбайнів (рис. 4).

Методика проведення вимірювань розробленим портативним пристроєм полягає у вимірюванні ним сили взаємодії корене-бульбоплоду з робочими органами та поверхнями безпосередньо в процесі роботи техніки. Для цього пристрій попередньо розташовується перед робочими органами (закопується в ґрунт чи кладеться на його поверхню; розміщується у воросі корене- чи бульбоплодів або самостійно) на будь-якій заданій ділянці технологічного руслу.



Рис. 4 – Фото імітатора коренебульбоплоду при визначені ступеню пошкодження бульб картоплекопачкою грохотного типу в польових умовах

Дана конструкція імітатора коренебульбоплоду дозволяє вимірювати силу дії на коренеплід робочих органів, частоту та інтенсивність такої дії. Пристроєм можна проводити вимірювання в статичних та динамічних умовах. Зокрема, його можна використати для контролю пошкоджень корене- чи бульбоплоду при роботі збирального комбайну, коли закопаний у ґрунт імітатор послідовно проходить як складник вороху викопування, сепарацію, завантаження у бункер, перевантаження у транспортний засіб.

Запропонований метод оперативного контролю показників пошкодження коренебульбоплодів з використанням розробленого імітатора коренебульбоплоду призначений для виконання аналізу роботи робочих органів та режимів техніки для збирання та післязбиральної обробки коренебульбоплодів. Таке використання імітатора дозволить швидко та правильно виявити ті місця в сільськогосподарській машині чи механізмі, де пошкоджуються коренебульбоплоди. Завдяки цьому можна провести відповідні

регулювання параметрів та режимів роботи техніки. У результаті досягається зменшення пошкодження коренебульбоплодів робочими органами сільськогосподарської техніки. Завдяки цьому зменшуються втрати коренебульбоплодів при зберіганні та переробці.

Зважаючи на те, що імітатор коренебульбоплоду є розбірним і призначений для багаторазових повторних вимірювань та має власне електроживлення (акумулятор), що забезпечує його роботу в автономному режимі на протязі 2-3 діб, то його можна використовувати для дослідження роботи цілого комплексу машин, що послідовно застосовуються на збиранні, перевезенні, сортуванні, завантаженні у складські приміщення корене- чи бульбоплодів. Це дозволить проаналізувати ступінь пошкодження коренебульбоплодів на кожному з етапів виробництва – від збирання до закладання на зберігання чи підготовлення до переробки. Таким чином, на основі цього аналізу можна зменшити пошкодження коренебульбоплодів, перш за все – частку повторних, які призводять до найбільших втрат при зберіганні та переробці.

Висновки. На основі проведеного аналізу конструкцій сільськогосподарських машин, а також пристроїв для контролю параметрів їх роботи, розроблений принцип дії та відповідна конструкція нового імітатора коренебульбоплоду, направлені на підвищення точності та оперативності визначення значень показників механічного пошкодження коренебульбоплодів при роботі сільськогосподарських машин та механізмів. Це дозволить оперативно контролювати ступінь пошкодження коренебульбоплодів і знизити його шляхом проведення відповідних регулювань параметрів та режимів роботи робочих органів машин і механізмів, а отже – зменшити втрати коренебульбоплодів при зберіганні та переробці.

Література.

1. Механіко - технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів [Текст] / Г. А. Хайліс, А. Ю. Горбовий, З. О. Гошко та ін.; під ред. Г. А. Хайліса – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. – 268 с.
2. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки [Текст] / Р. Б. Гевко, І. Г. Ткаченко, С.В. Синій та ін. – Луцьк: ЛДТУ, 1999. – 168 с.
3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник [Текст] / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна – К.: Мета, 2003. – 448 с.

4. Машинные технологии и техника для производства картофеля [Текст] / С. С. Туболев, С. И. Шеломенцев, К. А. Пшеченков и др.; под общ. ред. Н. Н. Колчина. – М.: Агростас, 2010. – 316 с.

5. Синій С. В. Нові конструкції картоплезбиральних машин та методика дослідження їх робочих органів [Текст] / С. В. Синій, С. В. Вознюк, М. Я. Варголяк // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. — Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2013 — Вип. 24. — С. 333-342.

6. Методика оцінки ступеня пошкодження коренеплодів коренезбиральною машиною [Текст] / В. М. Булгаков, О. Б. Павелчак, Р. Б. Гевко, І. Г. Ткаченко // Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Том 7.- Київ.- НАУ.- 2000.- С.14-19.

7. Петров Г.Д. Верещагин Н.И. Гричишкин Н.А. Источники механических повреждений клубней картофеля при уборке комбайнами [Текст] // Рабочие органы и устройства для возделывания, уборки и послеуборочной обработки корнеклубнеплодов. – М.: НПО ВИСХОМ. - 1990. – С. 3-11.

Рецензент д.т.н., проф. Р.Б. Гевко