

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

ВАКУЛІН В'ЯЧЕСЛАВ ВІКТОРОВИЧ

УДК 631.331.1:631.559

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ І КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ ДЛЯ
ПОСАДКИ ПРОРОЩЕНОЇ КАРТОПЛІ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Вакулін В.В.

Керівник роботи

Борак К.В.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Вакулін В'ячеслав Вікторович. Удосконалення технологічного процесу і конструкції машини для посадки пророщеної картоплі. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

В магістерській роботі проведено аналіз існуючих висаджувальних апаратів, який дозволив обґрунтувати перспективну конструктивно-технологічну схему ложково-транспортного висаджувального апарату, технологічний процес якого був об'єктом експериментальних досліджень.

Для проведення досліджень було виготовлено лабораторну установку та експериментальний зразок комбінованого картоплесадильного агрегату, що забезпечують можливість дослідження показників якості процесу садіння картоплі залежно від конструктивно-режимних параметрів. Дослідження технологічного процесу подачі пророщених бульб проводили за показниками травмування та пропусків бульб під час їх захоплення елеваторним транспортером і подачі на насінневе ложе..

Відповідно до отриманих результатів, реалізація запропонованого способу із використанням розробленого пристрою дозволяє, залежно від сорту картоплі, знизити травмування паростків бульб під час садіння на 2,4...3,1%. Крім того, обробка пророщених бульб протруйною рідиною у процесі їх висаджування дає змогу зменшити ураження рослин фітофторозом на 19,9...25,9%. При цьому врожайність картоплі для сортів Розара та Удача підвищилася відповідно на 2,2 та 2,8 т/га.

Ключові слова: картопля, саджалка, конструкція, апарат, урожайність, технологія, дослідження.

ANNOTATION

Vakulin Viacheslav Viktorovich. Improvement of the Technological Process and Design of a Machine for Planting Sprouted Potatoes. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 Agricultural Engineering.
– Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

In the master's thesis, an analysis of existing planting mechanisms was conducted, which made it possible to justify a promising design and technological scheme of a spoon-type conveyor planting mechanism, whose technological process served as the object of experimental research.

For the research, a laboratory setup and an experimental prototype of a combined potato-planting unit were manufactured, enabling the study of potato planting quality indicators depending on design and operational parameters. The study of the technological process of feeding sprouted tubers was carried out based on indicators of tuber damage and planting misses during their capture by the elevator conveyor and delivery to the seedbed.

According to the obtained results, the implementation of the proposed method using the developed device makes it possible, depending on the potato variety, to reduce damage to tuber sprouts during planting by 2.4...3.1%. In addition, treatment of sprouted tubers with a protective solution during planting reduces the incidence of late blight in plants by 19.9...25.9%. At the same time, the yield of the potato varieties Rozara and Udacha increased by 2.2 and 2.8 t/ha, respectively.

Keywords: potato, planter, design, mechanism, yield, technology, research.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	8
1.1. Перспективні напрямки розвитку машин для посадки картоплі.....	8
1.2. Висаджувальні апарати машин для садіння пророщеної картоплі.....	14
1.3. Вимоги до висаджувальних апаратів.....	20
РОЗДІЛ 2. ЗАПРОПОНОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ПОСАДКИ ПРОРОЩЕНОЇ КАРТОПЛІ.....	24
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	37
3.1 Опис експериментальної установки для посадки пророщеної картоплі з одночасним протруєнням.....	37
3.2 Технологічний процес експериментальної картоплесадильної машини в лабораторно-польових умовах.....	42
3.3 Дослідження технологічного процесу подачі пророщених бульб у ковш-живильник.....	44
3.4 Дослідження технологічного процесу захоплення бульб елеваторним транспортером і їх подачі на насінневе ложе.....	47
3.5. Результати порівняльних випробувань.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В Україні лише 3,4% валового збору картоплі припадає на спеціалізовані механізовані господарства (науково-дослідні інститути та елітгоспи), тоді як 96,6% виробництва забезпечують особисті підсобні та селянські (фермерські) господарства [10]. Така ситуація, з урахуванням дефіциту насіннєвої картоплі у виробників та її виродження (1...3 роки), може призвести до необхідності імпорту цього продукту в різні регіони України. Потрібно підтримувати та створювати продовольчу безпеку країни з огляду на дефіцит матеріальних і фінансових ресурсів, залучаючи потенціал господарств усіх категорій. Найважливішим пріоритетом є розвиток інфраструктури для забезпечення власників присадибних ділянок і фермерських господарств високоякісною насіннєвою картоплею кращих сортів із високою репродуктивною здатністю. Максимальне підвищення коефіцієнта розмноження та отримання найбільшої кількості якісних бульб насіннєвого матеріалу — основна мета насінництва [2].

Для інтенсифікації виробництва картоплі під час садіння пророщеного насіннєвого матеріалу необхідно впроваджувати нові висаджувальні апарати у технологію її вирощування. Важливим чинником підвищення рентабельності виробництва картоплі є вирощування ранніх сортів та використання її пророщування [5].

Таким чином, для отримання гарантовано високого врожаю необхідно включити в технологію вирощування картоплі операцію садіння пророщених бульб, що передбачає делікатне поводження з пророщеним насіннєвим матеріалом і рівномірний розподіл його у поздовжньому та поперечному напрямках посадкових борозен.

Тому в роботі поставлена наступна **мета дослідження** — підвищення ефективності картоплесадильної машини шляхом розроблення та обґрунтування конструктивно-режимних параметрів живильника.

У зв'язку з поставленою метою визначено завдання досліджень:

- обґрунтувати перспективну конструктивно-технологічну схему картоплесадильної машини для пророщеної картоплі;

- провести лабораторно-польові дослідження удосконаленої картоплесадильної машини для визначення впливу чинників на травмування та рівномірність розподілу пророщених бульб після їх висаджування в борозну, а також експериментально перевірити конструктивно-режимні параметри запропонованих робочих органів;

провести виробничі випробування картоплесадильної машини із запропонованими робочими органами та визначити її економічну ефективність;

Об'єкт досліджень – технологічний процес садіння пророщених бульб картоплі, що захоплюються з бункера-живильника, заповненого сольовим розчином.

Предмет досліджень – закономірності роботи живильного апарата для садіння пророщених бульб, що захоплюються з бункера-живильника, заповненого сольовим розчином.

Методи наукового дослідження. Експериментальні дослідження проводилися відповідно до загальноприйнятих методик проведення експериментів, чинних стандартів та нормативних документів. Розрахунок і обробку отриманих результатів здійснювали методами математичної статистики з використанням ПК із пакетом прикладних програм Microsoft Excel 2010 та Statistica.

Перелік **публікацій** за темою роботи:

1. Борак К.В., **Вакулін В.В.** Перспективні напрямки розвитку машин для посадки картоплі. Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2025 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. С. 135-140.

2. Куликівський В.Л., **Вакулін В.В.** Висаджувальні апарати машин для садіння пророщеної картоплі. XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». (01-17 жовтня 2025 р.). <http://animal-conf.inf.ua/conf.html> (дата звернення 01.11.2025).

3. **Вакулін В.В.** Порівняльна оцінка різних технологій вирощування картоплі. Студентські читання–2025: матеріали науково-практичної конференції науково- педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 30 жовтня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 5-8.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалена картоплесаджалка може ефективно використовуватися під час садіння пророщених бульб картоплі, урожайність яких на 40% вища порівняно з непророщеним насіннєвим матеріалом.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 21 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 61 сторінка комп'ютерного тексту, містить 28 рисунки та 2 таблиці.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Перспективні напрямки розвитку машин для посадки картоплі

Картопля є однією з найпоширеніших культур у світі; її вирощування забезпечує мільйони фермерських господарств і є важливою частиною продовольчої безпеки. Посадка бульб вимагає значних трудових ресурсів і точності розміщення, оскільки неправильна відстань між рослинами і нерівномірна глибина призводять до втрат урожаю і погіршення якості. Механізовані сівалки дозволяють зменшити трудові затрати, підвищити продуктивність і забезпечити рівномірну густоту посадки. Економічний аналіз механізованої посадки показує, що використання дворядної саджалки з регульованою шириною міжрядь та одночасним внесенням добрив зменшує витрати на 37,5 % порівняно з ручною працею і забезпечує рівномірну густоту рослин [19].

У роботі розглянуто сучасний стан технічних засобів для посадки картоплі, їх основні типи та недоліки. Окремо аналізуються перспективні напрямки розвитку: удосконалення механічних систем подачі, впровадження електромеханічних та електронних дозувальних пристроїв, використання сенсорів і штучного інтелекту для контролю якості посіву, перехід до електрифікованих машин та роботизованих комплексів. Акцентовано увагу на економічних, екологічних та соціальних аспектах впровадження нових технологій [19].

Зараз у світі застосовують переважно дві схеми подачі бульб: ланцюгово-ложкові та вакуумні (присмоктувальні) апарати. Ланцюгово-ложкові саджалки відносно прості та дешеві, але мають високий відсоток подвійної посадки і пропусків, особливо при висаджуванні нарізаних бульб. Вакуумні системи забезпечують кращу сингуляцію, але залежать від стабільної потужності

вентилятора і засмічуються при обробленні великої кількості бульб різної форми. Рівень пропусків і надлишкових висадок сильно залежить від швидкості руху машини, коливань ґрунту і розмірів насінневого матеріалу [19].

Сучасні технології вирощування картоплі передбачають точне дотримання відстані між рослинами (зазвичай 25–40 см), рівномірну глибину закладання (6–10 см) та мінімальну кількість пропусків і подвійних посадок. Дослідження показують, що механізована посадка забезпечує рівномірну популяцію рослин і підвищує врожайність порівняно з ручною працею. Тому виробники шукають технологічні рішення, які дозволять одночасно підвищити точність дозування, контролювати глибину та відстань, скоротити витрати на робочу силу і адаптувати машину до різних умов поля [19].

Найбільш актуальною проблемою картоплесаджалок є пропуски посадки (відсутність бульби у лунці) та подвійні висадки. У 2025 р. група дослідників [1] розробила високоточну електронну систему дозування з автоматичним виявленням пропусків і пересаджуванням, що складається з п'яти модулів: блок первинної посадки, механізм автоматичного пересаджування, контролер управління, джерело живлення і програмно-апаратний інтерфейс. На оптимальній відстані між бульбами 41,24 см і швидкості 2,13 км/год система досягала 98,7 % коефіцієнта якості посадки та 100 % коефіцієнта пересаджування; її вартість становить близько 130 USD [1].

У роботі відзначено, що помилки дозування виникають через конструктивні недоліки апарату та зміну фізичних властивостей ґрунту; для їх компенсації пропонуються сенсорні системи контролю з фотоелектричними або волоконно-оптичними датчиками, які відстежують пропуски і вчасно активують механізм повторної висадки [1]. Такий підхід може стати основою для створення модульних електронно-керованих саджалок з можливістю адаптації відстані між бульбами, зміни швидкості та автоматичного самокалібрування [19].

З розвитком глибинного навчання з'явилися системи, що оцінюють роботу саджалки в реальному часі. Поліпшений алгоритм YOLOv5n разом із трекером

ByteTrack дозволяє визначати кожен насіннєвий шматок та відповідну ложку у полі зору камери і з точністю 96,6 % підраховувати пропуски, подвійні висадки та правильне висаджування [2]. Система скорочує параметри базової нейромережі більш ніж на половину, зберігаючи високу точність ($mAP \approx 98\%$), і може працювати на мобільних пристроях [19].

Завдяки об'єднанню детектора YOLO з алгоритмом відстеження ByteTrack машина отримує реальний підрахунок бульб, що дозволяє оператору оперативно коригувати подачу насіннєвого матеріалу [2]. Перевага таких систем полягає в можливості інтеграції з GPS-навігацією та контролем глибини, що відкриває шлях до автономних самонавігаційних саджалок [19].

Післясортовані або нарізані бульби мають різну форму і розмір, що призводить до подвійних і пропущених посадок. Китайські дослідники створили новий ложковий апарат, який містить відокремлювач надлишкових бульб і систему гасіння інерції ложки. Під час bench-випробувань оптимальною була швидкість зірочки близько 35 об/хв; у полі досягнуто 91,5 % кваліфікованої посадки, 3,1 % пропусків і лише 5,4 % подвійних висадок [3]. Даний результат демонструє потенціал адаптивних ложкових апаратів для робіт з нарізаними бульбами та важкими ґрунтовими умовами [19].

У районах з нестачею вологи та високим випаровуванням використовують плівкове мульчування. Китайський колектив розробив машину, яка одночасно формує гребінь, пробиває отвори у пластиковій плівці, висаджує бульби та засипає їх. Під час випробувань точність дотримання глибини посадки під плівкою становила 95,6 % [4]. Автори зазначають, що подальші дослідження мають зосередитись на пристроях для стабілізації відстані між рослинами, які не залежать від швидкості руху машини; для цього пропонується застосувати безступінчасті приводи та цифрове керування [19].

Нова система Seed Sensing від компанії Bluefield Seeding Solutions базується на тому, що посадкові катки оснащуються датчиками, які фіксують контакт з кожною бульбою при її укладанні в ґрунт. Ця технологія надає точні

координати кожного насіннєвого матеріалу, визначає кількість ідеальних, невдалих, подвійних висадок та пропусків і дозволяє операторам контролювати продуктивність саджалки в реальному часі без виходу з трактора. Дані передаються на мобільний додаток, де фермер може переглядати середню відстань між бульбами, норму висіву та інші показники, а також віддалено спостерігати за роботою машини. Накопичення інформації про кожне поле допомагає аналізувати продуктивність, оптимізувати норму висіву та зменшувати витрати [19].

Нова система Seed Sensing від компанії Bluefield Seeding Solutions базується на тому, що посадкові катки оснащуються датчиками, які фіксують контакт з кожною бульбою при її укладанні в ґрунт. Ця технологія надає точні координати кожного насіннєвого матеріалу, визначає кількість ідеальних, невдалих, подвійних висадок та пропусків і дозволяє операторам контролювати продуктивність саджалки в реальному часі без виходу з трактора. Дані передаються на мобільний додаток, де фермер може переглядати середню відстань між бульбами, норму висіву та інші показники, а також віддалено спостерігати за роботою машини. Накопичення інформації про кожне поле допомагає аналізувати продуктивність, оптимізувати норму висіву та зменшувати витрати [19].

У майбутньому роботи доповнюватимуть традиційні саджалки та виконуватимуть кілька функцій: посадка, підгортання, догляд, обробіток бур'янів і збір даних. За даними PotatoPro, роботизовані системи допомагають вирішити проблему нестачі робочої сили; автоматизація дозволяє виконувати повторювані операції, такі як посадка, із точністю, що зменшує перевитрати води, добрив і засобів захисту. Оцінюється, що роботизація може підвищити урожайність картоплі на 20 % і зменшити витрати ресурсів до 85 %, а також скоротити потребу в ручній праці до 60 % [19].

Основними видами роботів є:

Роботи-саджалки – автономні машини, які з GPS та сенсорами висаджують бульби на задану глибину і з точним кроком [19].

Роботи для прополювання – за допомогою камер та алгоритмів комп'ютерного бачення відрізняють рослини картоплі від бур'янів, видаляючи останні без застосування гербіцидів.

Роботи-збирачі – використовують м'які робочі органи для акуратного викопування і збору бульб, що зменшує їх травмування.

Роботи для моніторингу – їздять або літають над полем, збираючи дані про вологість ґрунту, стан рослин та шкідників; це дозволяє оперативно реагувати на проблеми [19].

Разом із тим роботизація стикається з бар'єрами: високою вартістю, складним рельєфом та ґрунтовими умовами, потребою в кваліфікованих операторах, залежністю від погодних умов, вузькою спеціалізацією машин і проблемами зі зв'язком та електроживленням. Тому перспективним напрямком є створення модульних роботів, здатних виконувати кілька операцій на різних етапах виробництва, а також розвиток інфраструктури для технічного обслуговування [19].

Безпілотники, супутники та ґрунтові сенсори формують цифрові карти полів, що дозволяє оптимізувати посадку та догляд за картоплею. За словами експертів Spud Smart, фермери вже застосовують спектральні знімки, аналіз вологості та рівня живлення ґрунту за допомогою датчиків, а автономні машини, оснащені комп'ютерним зором, здатні точково вносити добрива та засоби захисту. Величезні обсяги даних, що збираються через телематику, дозволяють плантарам навчатися на власних помилках, а також отримувати віддалені оновлення програмного забезпечення. Аналіз цих даних через системи підтримки прийняття рішень допомагає фермеру вибирати оптимальну густоту посадки, дату висадження та норми внесення добрив з урахуванням прогнозу погоди і стану ґрунту [19].

Переваги механізації для фермерів виходять за межі зменшення робочих витрат. В Індонезії застосування механічної саджалки з добриворозкидачем збільшило доходи на 22,8 млн індонезійських рупій на гектар і забезпечило коефіцієнт вигоди – витрат 1,55 (вища рентабельність, ніж ручна посадка) [5].

Автоматичні, електронно-керовані плантарі дозволяють скоротити споживання насіннєвого матеріалу та добрив, що позитивно впливає на навколишнє середовище та зменшує викиди CO₂. Використання роботів і електрифікації сприяє зниженню енергоспоживання та шумового забруднення. Крім того, зменшення потреби в ручній праці дозволяє операторам виконувати складніші завдання (управління та аналітика), що змінює структуру сільськогосподарської зайнятості [19].

Разом з тим, висока вартість обладнання, потреба в навчанні персоналу і адаптація до різних ґрунтових умов залишаються ключовими бар'єрами. За даними ринкових досліджень, вартість автоматичних картоплесаджалок і вимоги до інфраструктури стримують дрібних фермерів; для розширення використання необхідні фінансові програми, оренда техніки, модульний дизайн та локальне сервісне обслуговування [19].

Сучасні дослідження та практичні розробки показують, що майбутнє машин для посадки картоплі лежить на перетині механіки, електроніки, цифрових технологій та робототехніки. Основними тенденціями є:

Перехід до високоточних електромеханічних дозувальних систем – застосування електроприводів, безступінчастих редукторів і автоматичного пересаджування дозволяє значно знизити частоту пропусків і подвійних висадок.

Інтеграція сенсорів та комп'ютерного зору – камери та алгоритми глибинного навчання забезпечують реальний моніторинг висадки, дозволяють вчасно виявляти помилки й оптимізувати роботу без зупинки машини [19].

Використання електрифікованих та гібридних приводів – електричні машини забезпечують точніший контроль і нижче енергоспоживання; перехід до

електротрансмісій у тракторах відкриває нові можливості для живлення саджалок [19].

Розвиток роботизованих і автономних систем – роботи-саджалки, бур'яноуборочні і збиральні роботи доповнюватимуть класичні агрегати, дозволяючи суттєво скоротити потребу в робочій силі та підвищити продуктивність [19].

Цифрова аналітика і «розумні» ферми – поєднання роботизованих машин, датчиків, супутникового моніторингу та систем підтримки прийняття рішень дозволить точно планувати строки посадки, оптимізувати норми добрив, прогнозувати врожайність та знижувати витрати [19].

Для успішного впровадження цих технологій необхідно забезпечити доступність нових машин для дрібних і середніх фермерів, удосконалити навчальні програми, розвинути сервісні мережі та підтримати міжнародну кооперацію в галузі точного землеробства. Окрім того, важливим є адаптація техніки до локальних умов: різних типів ґрунту, клімату і сорту картоплі. При дотриманні цих умов технологічний прогрес зробить виробництво картоплі більш стійким, екологічним та економічно вигідним [19].

1.2. Висаджувальні апарати машин для садіння пророщеної картоплі

Основним робочим органом САЯ-4 є садильний апарат (рис. 1.1) із вбудованим у дно бункера 1 дворядним ложечно-транспортним пристроєм (елеватором) 2 з пружинними скидачами зайвих бульб 3 [20].

Недоліки цього апарата полягають у тому, що під час захоплення пророщених бульб із бункера 1 ложечки 4 із захопленими ними бульбами, переміщаючись угору, впливають на сусідні бульби, які знаходяться в бункері, змушуючи їх рухатися та перемішуватися. Унаслідок такого взаємного переміщення між бульбами, що знаходяться в бункері, паросткам цих бульб завдаються механічні пошкодження [20].

Крім того, ложечки захоплюють зайві бульби, які потім за допомогою пружинних скидачів повертаються назад у ковш-живильник. Під час скочування з певної висоти вони додатково травмують паростки пророщених бульб, що перебувають у ковші-живильнику, що негативно впливає на кінцевий результат – урожай картоплі [20].

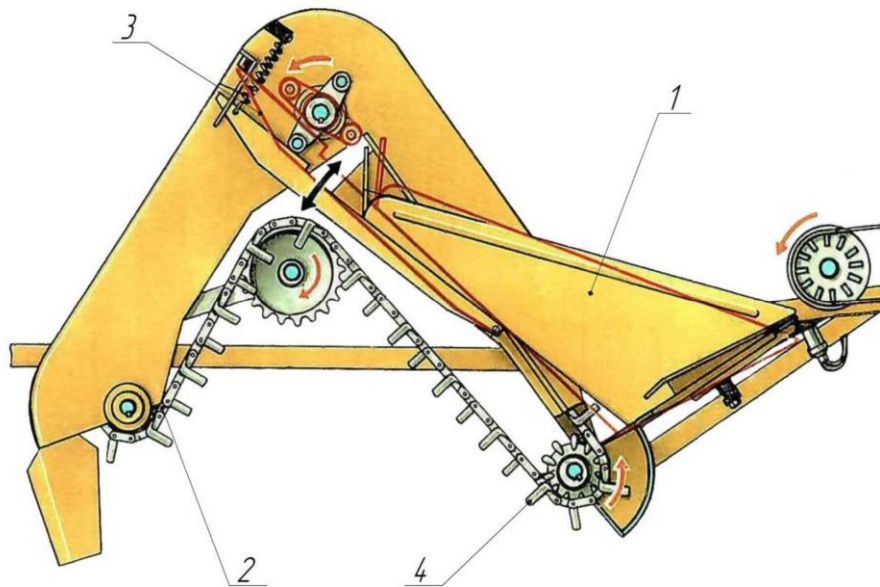


Рис. 1.1. Садильний апарат картоплесаджалки САЯ-4: 1 – бункер; 2 – ложечно-транспортний пристрій; 3 – скидач; 4 – ложечка [20].

Порівняно нещодавно з'явився і відразу був запатентований у багатьох країнах стрічково-транспортний садильний апарат із безперервним потоком бульб. Найвідомішою машиною з таким апаратом є саджалка Смолфорд (Англія) (рис. 1.2) [20].

Апарат являє собою безкінечний прогумований ремінь шириною 63 мм і довжиною робочої поверхні 1220 мм. По внутрішньому контуру ремня приварено клиновий ремінь, а на зовнішньому робочому контурі плоского ремня розташовані невеликі виступи для підвищення зчеплення бульб. На кожному апараті встановлено по два ремені під кутом 90° між ними у поперечному перерізі. Ремені в перерізі утворюють V-подібний садильний жолоб. Один із ременів апарата є швидкохідним, інший – тихохідним [20].

Співвідношення лінійних швидкостей ременів становить 1:2.

Механізм подавання бульб до апарата – напівавтоматичного типу і містить розташоване біля основи бункера коливне дно, штифтовий валик та дозатор. Валик призначений для розподілу бульб перед дозатором в один шар і перекриття потоку бульб до дозатора в момент передачі їх із дозатора на стрічки апарата [20].

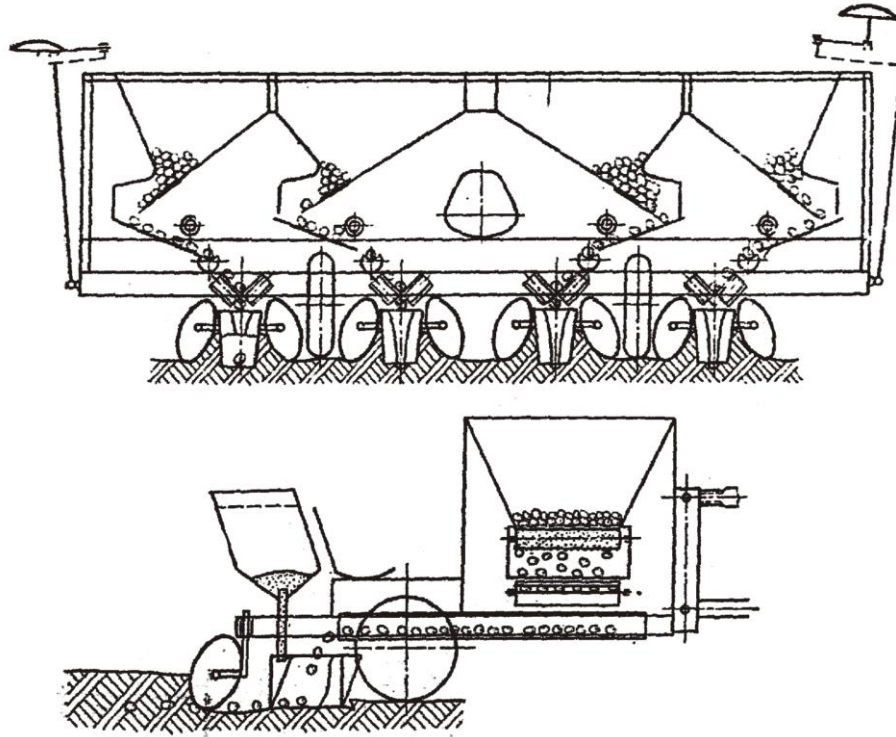


Рис. 2. Технологічна схема саджалки Смолфорд [20].

Дозатор являє собою циліндр діаметром 64 мм, по всій довжині якого вирізано сектор під бульби. Недоліками цієї машини є висока вимогливість до калібрування бульб за бажаної округлості картоплин та нерівномірність розподілу бульб уздовж борозни [20].

Так, у Нідерландах розроблено транспортерно-струнний механізм садіння, у якому для кожного з двох одночасно висаджуваних рядків подавання бульб здійснюється за допомогою 28 ременів. Насіннєві бульби розташовуються в одну лінію. Ремені формують жолоб. Шість центральних ременів утворюють систему садіння насіннєвих бульб, а решта двадцять два (по одинадцять із кожного боку) – систему подавання. Ремені подавання та ремені садіння обертаються у протилежних напрямках, сприяючи таким чином витягуванню бульб у лінію.

Крок садіння регулюється вибором однієї з шістнадцяти передач, що мають привід від ходових коліс [20].

Первинний стрічковий транспортер, який приводиться в дію через електромагнітну муфту від реле тиску у вузлі багаторемінного подавання, скидає бульби в жолоб, що регулює норму садіння. Бульби з перекидного лотка або живильного бункера потрапляють на первинний транспортер. Кожна бульба окремо захоплюється валиками з м'якої губчастої гуми та поміщується на садильну ремінну систему, а потім – у борозну, сформовану сошником саджалки [20].

Широкого поширення ця розробка не набула, оскільки система подавання не забезпечувала чіткого розподілу бульб у борозні. По суті, транспортерно-струнні садильні апарати здійснюють не рядкове садіння із заданою відстанню між бульбами, а рядковий посів із висадкою заданої маси бульб на 1 га [20].

На сьогодні існують садильні машини, які можна віднести до комбінації наведених вище типів. До них, у першу чергу, належить французька саджалка (рис.3), створена спеціально для висаджування пророщених бульб.

Механізм безпосередньо складається зі стрічкового транспортера 2, який подає бульби в бункер 8. На дні бункера розташовані шарнірно з'єднані пластини 7, що фіксують кілька бульб, які потрапили в бункер, та керують увімкненням і вимкненням транспортера. Потім бульби надходять на нижній подаючий стрічковий транспортер 5, виконаний у формі V-подібного жолоба [20].

Циліндрична щітка 6 і зворотно-поступальні поперечні коливання транспортера 5 забезпечують розташування бульб в один ряд

Наприкінці транспортера бульби одна за одною падають на шарнірно закріплену вилкоподібну пластину 4, яка, перекидаючись під вагою бульби, розмикає електромагнітну муфту та зупиняє транспортер. Після цього бульбу підхоплює безперервно обертове колесо 3 зі спеціальними ложечками та подає її в ґрунт. Щойно вилкоподібна пластина 4 звільняється від чергової бульби,

транспортер 5 знову приводиться в дію, і процес повторюється у тій самій послідовності [20].

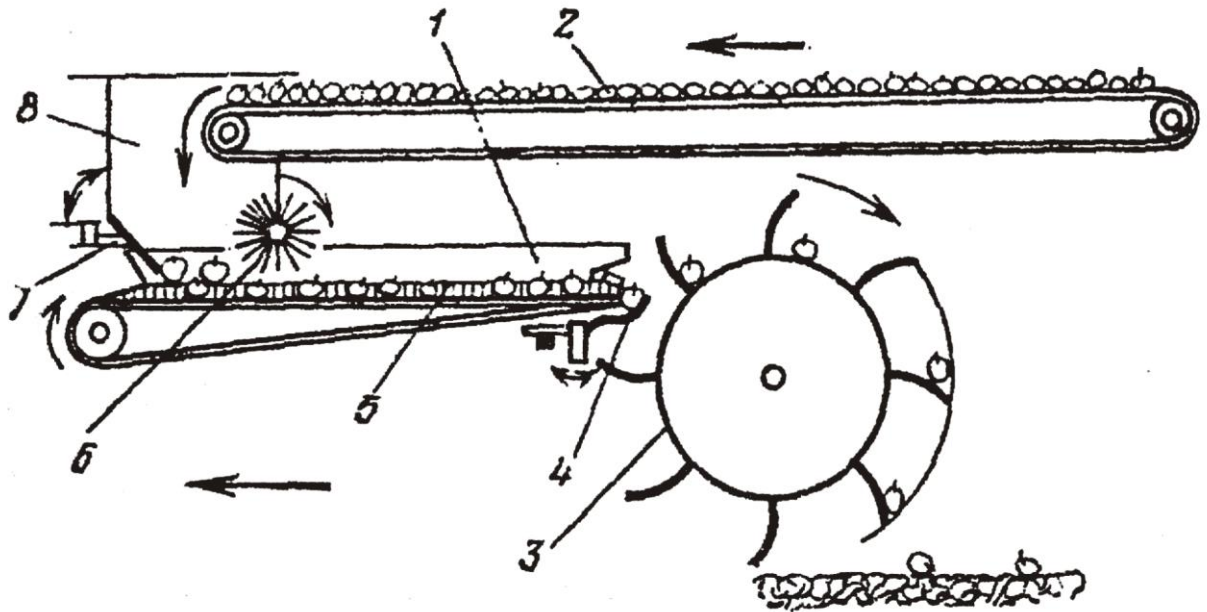


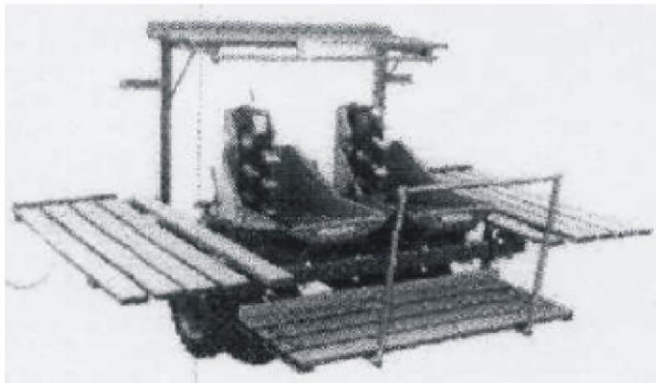
Рис. 1.3. Висаджувальний механізм для пророщених бульб фірми «Жантиль» (Франція): 1 – пристрій, що забезпечує поперечні зворотно-поступальні коливання транспортера; 2 – плоскоремінний транспортер; 3 – колесо зі спеціальними ложечками; 4 – вилкоподібна пластина; 5 – транспортер; 6 – циліндрична щітка; 7 – шарнірно закріплена пластина; 8 – бункер [20].

Заслуговує на увагу саджалка з наколювальними висаджувальними апаратами, призначена головним чином для висаджування розрізаних бульб. Проте її можна використовувати і для висаджування цілих бульб, хоча в цьому випадку делікатне поводження з ними не гарантується [20].

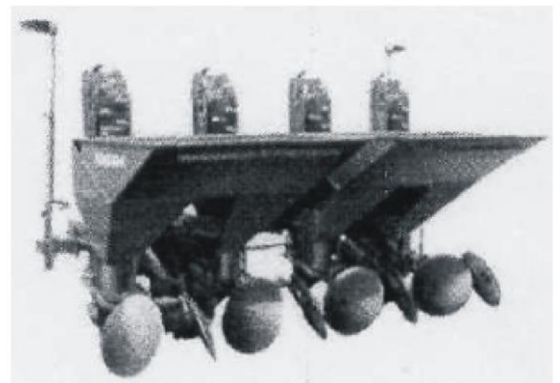
Механізм оснащений колесами, на яких установлені важелі, що складаються із зубця та скидаючого кулачка. Бульби наколюються й розміщуються на вилках. У точці розвантаження вилки проходять через головку, що звільняє бульби. Норма висіву регулюється вибором зірочки в механізмі приводу. Наколювальні апарати не забезпечують рівномірного розкладання бульб і потребують ретельного видалення з посадкового матеріалу каміння, що під час збирання картоплі на засмічених ділянках є досить складним. Крім того, під час наколювання бульб відбувається їх травмування, що підвищує ймовірність

зараження насіннєвого матеріалу хворобами. За кордоном для садіння пророщеного матеріалу застосовують напівавтоматичні машини, обладнані висаджувальними дисками з комірками, у які бульби укладаються вручну.

Фірма «Hassia» (рис. 1.4) випускає дво- та трирядні картоплесаджалки GLV-2D і GLE-3D, призначені для садіння пророщеної картоплі. Вони оснащені ремінно-чашковим садильним апаратом і гладким стрічковим транспортером для подавання бульб із бункера. Привід саджалок здійснюється від ходових коліс. Ширина міжрядь становить 75 см, а відстань у рядку регулюється в межах від 35 до 50 см. Саджалки GLV-2D і GLE-3D серійно комплектуються майданчиками для ящиків із пророщеним посадковим матеріалом, що включають опорну дошку та спинку для садильника, а також ложечні вставки для пророщеної картоплі.



а)



б)

Рис. 1.4. Картоплесаджалки: а) Hassia GLV-2D; б) Hassia GLE-3D.

Ширина міжрядь у цих машин регулюється в межах від 62,5 до 75 см. Продуктивність становить 0,6–0,8 га/год [20].

Фірма «Cramer» випускає дві запатентовані картоплесаджалки – ковшову та черпакову. Ковшова саджалка призначена для садіння відсортованих бульб, оснащена струшувачем і легкозмінними пластиковими вставками, що забезпечують точність захоплення бульб ковшами та запобігають потраплянню в гніздо двох і більше бульб [20].

Черпакова саджалка призначена для садіння подовжених і великих бульб. Надлишкові бульби за допомогою редукційного містка знову повертаються в бункер. В обох саджалках привід здійснюється від опорного колеса [20].

1.3. Вимоги до висаджувальних апаратів

У міру розвитку технології вирощування картоплі змінюються і вимоги, що пред'являються до висаджувальних апаратів.

На сьогоднішній день до посадкових машин пред'являються наступні, загальні для операції посадки як пророщеної, так і непророщеної картоплі, вимоги: всі апарати, встановлені на одній сажалці, повинні подавати певну кількість бульб; подача бульб не повинна залежати від тривалості роботи і ступеня заповнення бункерів картоплею; подача бульб повинна здійснюватися через рівні відрізки шляху, що проходить агрегат; рівень пропусків, двійок і пошкоджень бульб не повинен перевищувати допустимий діючими агротехнічними вимогами; апарати повинні передбачати можливість переходу на подачу бульб різних фракцій; регулювання частоти подачі бульб повинно забезпечувати можливість висадки заданої кількості бульб на 1 га з відхиленням від заданої густоти не більше 8-10%.

При посадці ярової картоплі, як показує огляд літературних джерел і практика картоплярських господарств, на перший план висувається вимога делікатного ставлення робочих органів висаджувальних апаратів до паростків бульб, так як від цього безпосередньо залежить обсяг і якість врожаю даного продукту.

Як показує практика, огляд періодичної та патентної інформації, в даний час лімітуючим фактором збільшення виробництва ранньої картоплі, крім трудомісткості операцій з підготовки насіннєвого матеріалу, є відсутність машин, здатних в межах допустимих агротехнічних вимог щодо пошкодження паростків (до 8%), здійснювати посадку ярової картоплі. Застосовувані сьогодні у виробництві автоматичні картоплесажалки при виконанні технологічної операції дають пошкодження паростків вище регламентованого рівня. Так, наприклад, вітчизняна картоплесажалка САЯ-4 при посадці пророщених бульб дає пошкодження паростків до 40 %.

У зв'язку з цим виникає необхідність у пошуку та дослідженні робочих органів саджалки для посадки пророщених бульб, використовуючи яку можна було б знайти компроміс при задоволенні вимог делікатності поводження з пророслими бульбами і рівномірності відстані між ними в борозні. Для відповідності розроблюваного апарату вище зазначеним вимогам, необхідно виконати аналіз відомих пристроїв аналогічного призначення, провести їх систематизацію і визначити перспективні напрямки їх створення та вдосконалення.

Умовно всі відомі апарати можна розділити на апарати з ручною закладкою бульб, напівавтоматичні та автоматичні. Апарати з ручною закладкою бульб і напівавтоматичні, що вимагають періодичної участі обслуговуючого персоналу в технологічному процесі, застосовують переважно в селекційних саджалках. Згідно з оглядом літературних джерел і патентної інформації розрізняють такі види апаратів: елеваторні, комірчасто-дискові, чашко-дискові, трубчасто-пальчасті, голчасто-дискові наколюючі апарати, ложково-барабанні апарати з комірками, пневматичні.

Як показали численні дослідження і випробування, сучасний однорядний ложечно-дисковий апарат з фіксаторами-затискачами в ложечках забезпечує високу частоту подачі бульб в порівнянні з одно- і дворядними ложечно-транспортними або елеваторно-ковшовими апаратами, поступаючись за цим параметром лише стрічко-транспортним апаратам. При роботі на швидкостях 7 - 9 км/год і висадці 50 - 80 тис. бульб він перевершує всі інші відомі апарати. Однак ложково-дискові апарати пошкоджують паростки і бульби і дуже чутливі до забруднення посадкового матеріалу мокрою гниллю, паростками та іншими домішками.

Ложково-транспортні та елеваторно-ковшові апарати поступаються ложково-дисковим за частотою подачі бульб, яка залежить в першу чергу від розмірів і форми бульб і не забезпечують якісного розкладання бульб на підвищених швидкостях при великій густоті посадки, проте менше

пошкоджують бульби і паростки. До недоліків апаратів такого типу слід також віднести необхідність відносно точного дозування маси бульб в зоні захоплення, більш високу складність і меншу надійність в порівнянні з апаратами ложково-дискового типу.

Наколюючі апарати добре подають різані бульби, але не забезпечують рівномірного розкладання бульб і вимагають ретельного видалення з посадкового матеріалу каменів, що при збиранні картоплі на полях, захарощених камінням, дуже складно.

Стрічково-транспортні апарати забезпечують найвищу частоту подачі бульб і найменший рівень пошкоджень бульб і паростків, проте дають найгірше розкладання бульб, ненадійні в роботі (часте сповзання стрічок при попаданні на шків, ґрунт тощо).

Аналізуючи точність посадки сучасними апаратами, можна зробити висновок, що найбільший розкид бульб, залежно від коливання їх розмірів, у стрічково-транспортних апаратах, проте ймовірність пошкодження паростків при скиданні бульб на твердий ґрунт у цих апаратах менша, ніж у ложково-транспортних.

При висадці ранньої картоплі різке зниження рівномірності розкладки у саджалок з такими апаратами компенсується зниженням рівня пошкоджень, то при основній посадці така розкладка залишає бажати кращого через її вплив на однорідність бульб у врожаї.

Порівняльними випробуваннями картоплесаджалок САЯ-4 і Смолфорд встановлено, що за рівномірністю розкладки бульб, рівнем пропусків і двійок саджалка з стрічково-транспортними апаратами поступається саджалці з ложечно-транспортними апаратами, проте за густотою посадки і рівнем пошкоджень бульб і паростків забезпечує більш якісні показники.

Цей висновок був підтверджений порівняльними випробуваннями саджалок з стрічково-транспортними, ложко-транспортними і транспортно-

струнними посадковими апаратами. Якісні показники саджалки з транспортерно-струнними апаратами виявилися найгіршими.

Ложечно-дискові апарати з фіксаторами бульб в ложечках за якістю розкладки бульб перевершують дискові апарати з підпружиненими захватами. Ложечно-дискові апарати інтенсивніше пошкоджують паростки і бульби, а також дуже чутливі до забруднення посадкового матеріалу обламаними паростками та іншими домішками.

Таким чином, за частотою подачі бульб найкращі показники забезпечують апарати з безперервним потоком бульб стрічко-транспортерного або стрічко-вібраційного типу, за рівномірністю розкладки бульб – ложково-дискові апарати.

В даний час тривають роботи з удосконалення використовуваних висаджувальних апаратів, проте у всіх розглянутих посадкових апаратів проблема делікатного ставлення до паростків пророщених бульб, в рамках агротехнічних вимог не вирішена і залишається актуальною досі.

РОЗДІЛ 2

ЗАПРОПОНОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ПОСАДКИ ПРОРОЩЕНОЇ КАРТОПЛІ

Розглянуто значення застосування ярової картоплі при вирощуванні її ранніх сортів. При посадці яровізованої картоплі, як показує огляд літературних джерел і практика картоплярських господарств, на перший план висувається вимога делікатного ставлення робочих органів висаджувальних апаратів до паростків бульб, оскільки від цього безпосередньо залежить обсяг і якість врожаю даного продукту. Як показує практика, огляд періодичної та патентної інформації, на даний час лімітуючим фактором збільшення виробництва ранньої картоплі, крім трудомісткості операцій з підготовки насіннєвого матеріалу, є відсутність машин, здатних в межах допустимих агротехнічних вимог щодо пошкодження паростків (до 8%), здійснювати посадку ярової картоплі [2]. Використовувані сьогодні у виробництві картоплесаджалки при виконанні технологічної операції дають пошкодження паростків вище регламентованого рівня. Так, наприклад, картоплесаджалка САЯ-4 при посадці пророщених бульб дає пошкодження паростків до 40%.

В результаті проведення аналізу наявних технологічних рішень розроблено посадковий апарат у складі серійної картоплесаджальної машини САЯ-4, що висаджує апарат для посадки пророщеної картоплі.

Застосування запропонованого винаходу дозволить знизити травмування паростків пророщених бульб картоплі при їх посадці картоплесадильною машиною за рахунок досягнення більш делікатного поводження з бульбами при захопленні їх з ковша-живильника і при їх транспортуванні в зону скидання бульб в посадкову борозну, а також забезпечить ефективну обробку пророщених бульб протруювальною рідиною в процесі їх посадки. У свою чергу все це сприятиме підвищенню врожайності картоплі.

Він містить раму із задніми опорними колесами, опорний каток, сошник, бороздозакриваючі диски, встановлений на рамі бункер із вбудованим у його дно транспортером, ківш-живильник і дворядний ложково-транспортний посадковий апарат із пружинними скидачами зайвих бульб.

Недоліки прототипу полягають у тому, що при захопленні пророщених бульб з ковша-живильника, ложечки дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату із захопленими ними бульбами, переміщаючись вгору, впливають на сусідні бульби, що знаходяться в ковші-живильнику, змушуючи їх переміщатися і перемішуватися. В результаті взаємодії між бульбами, що знаходяться в ковші-живильнику, паросткам даних бульб наносяться механічні пошкодження. Внаслідок цього і відбувається травмування паростків пророщених бульб. Крім того, ложечками дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату захоплюються зайві бульби, які потім за допомогою пружинних скидачів зайвих бульб повертаються назад в ківш-живильник, скочуючись з певної висоти, що призводить до додаткового травмування паростків пророщених бульб, що знаходяться в ковші-живильнику.

Технічним завданням винаходу є зниження травмування паростків пророщених бульб картоплі при їх посадці картоплесадильною машиною за рахунок досягнення більш делікатного поводження з бульбами при захопленні їх з ковша-живильника, а також розширення функціональних можливостей картоплесадильної машини за рахунок обробки бульб в процесі посадки протруювальною рідиною.

Завдання досягається в пропонованому способі посадки пророщених бульб картоплі з використанням картоплесадильної машини, що включає подачу бульб з бункера в ківш-живильник для захоплення окремих бульб ложечками дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату і транспортування бульби в зону скидання в посадкову борозну, де згідно з винаходом, в процесі посадки проводять обробку бульб протруйною рідиною, для чого ківш-живильник попередньо заповнюють протруйною рідиною, з поверхні якої і

здійснюють захоплення окремих бульб картоплі, причому в якості протруйної рідини використовують рідину, щільність якої перевищує питому вагу одиничних бульб; крім того, в якості протруювальної рідини використовують розчин контактного фунгіциду в сольовому розчині, щільність якого перевищує $1,16 \text{ г/см}^3$ [2]. Пристрій для посадки пророщених бульб картоплі, що містить раму із задніми опорними колесами, опорний каток, сошник, бороздозакривальні диски, встановлений на рамі бункер із вбудованим у його дно транспортером, ковш-живильник і дворядний ложечно-транспортерний посадковий апарат, де згідно з винаходом, на рамі встановлена ємність для протруювальної рідини, порожнина якої за допомогою засувки і гнучкого трубопроводу з'єднана з ковшем-живильником, крім того, ложечки дворядного ложечно-транспортерного посадкового апарату виконані у вигляді пари ложечок, що мають загальне дно, причому в загальному дні і в бічних стінках однієї з ложечок, що здійснює захоплення пророслих бульб з ковша-живильника, виконані отвори для стоку протравлювальної рідини назад в ковш-живильник.

Ложечки дворядного ложечно-транспортерного посадкового апарату захоплюють з ковша-живильника окремі бульби, що плавають на поверхні протравлювальної рідини. Завдяки цьому інші бульби, що знаходяться в ковші-живильнику, взаємодіючи із захопленою бульбою або з ложечкою, що її захопила, будуть відпливати в сторони або занурюватися в протравлювальну рідину, не завдаючи паросткам один одного механічних пошкоджень. А це, в свою чергу, дозволить знизити травмування паростків пророщених бульб в процесі їх посадки картоплесадильною машиною, так як саме за рахунок захоплення бульб з поверхні рідини будуть забезпечуватися умови більш делікатного поводження з ними при їх захопленні з ковша-живильника.

У процесі переміщення захоплених бульб в зону висадки, ланцюг з ложечками огинає верхню зірочку, при цьому під дією сили тяжіння бульба переходить з ложечки, що захопила її, на тильну сторону нижньої сусідньої ложечки. Таким чином, пропонована конструкція ложечок забезпечить більш

плавну взаємодію тильної сторони ложечок з бульбою в момент її переходу з однієї ложечки на іншу.

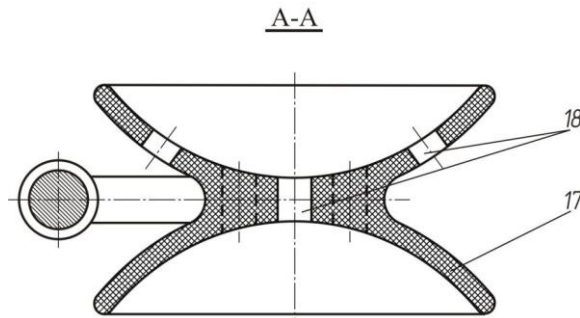


Рис. 2.1. Пристрій ложечки 1 – двостороння ложечка; 2 – дренажні отвори.

Відмінності пропонованого способу посадки пророщених бульб картоплі від прототипу полягають у тому, що бульби подаються з бункера в ківш-живильник, який попередньо заповнюють протруйною рідиною. Причому, потрапляючи в протруйну рідину, вся поверхня бульби і її паростків повністю змочується в даній рідині. До того ж перед захопленням бульби ложечками дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату, для її переміщення до місця висадки, вона деякий час буде перебувати в ковші-живильнику, а значить, буде забезпечений досить тривалий часовий інтервал для ефективного протруювання поверхні бульби та її паростків.

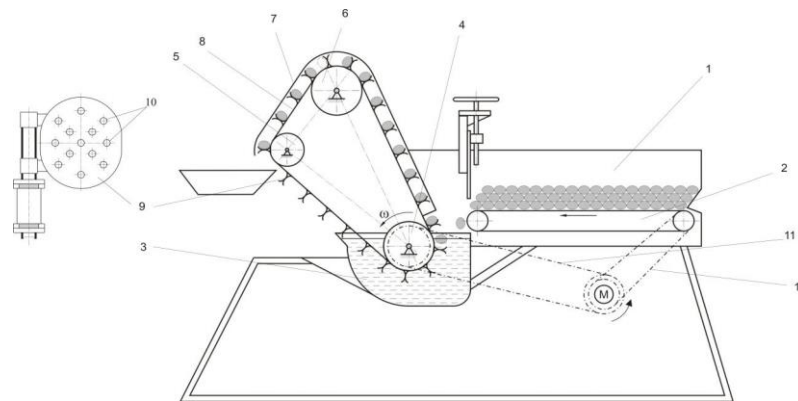


Рис. 2.2. Принципова схема ложково-стрічкового висаджувального апарату: 1 – бункер насінневих бульб; 2 – донний транспортер; 3 – живильний ківш; 4 – ведуча зірочка; 5, 6, – ведені зірочки; 7 – кожух; 8 – елеваторний транспортер; 9 – ложечка; 10 – дренажні отвори; 11, 12 – ланцюгова передача, 13 – електродвигун, 14 – обмежувач.

Крім того, після потрапляння бульб у протравлювальну рідину вони спливають і плавають на її поверхні, це відбувається за рахунок того, що для обробки використовується протравлювальна рідина, щільність якої перевищує питому вагу одиничних бульб (згідно з [3] максимальна питома вага одиничних бульб становить $1,16 \text{ г/см}^3$).

Таким чином, ложечки дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату захоплюють з ковша-живильника окремі бульби, що плавають на поверхні протруювальної рідини. Завдяки цьому інші бульби, що знаходяться в ковші-живильнику, взаємодіючи із захопленою бульбою або з ложечкою, що її захопила, будуть відпливати в сторони або занурюватися в протравлювальну рідину, не завдаючи паросткам один одного механічних пошкоджень. А це, в свою чергу, дозволить знизити травмування паростків пророщених бульб в процесі їх посадки картоплесадильною машиною, так як саме за рахунок захоплення бульб з поверхні рідини будуть забезпечуватися умови більш делікатного поводження з ними при їх захопленні з ковша-живильника.

При цьому для отримання протруювальної рідини необхідної щільності контактний фунгіцид розчиняють у сольовому розчині, щільність якого перевищує $1,16 \text{ г/см}^3$. Для обробки бульб можна використовувати один з контактних фунгіцидів: пеннкоцеб, дитан М-45, утан, новозир, при нормі витрати $2...2,5 \text{ кг/т}$ [2]. Дані препарати дозволяють знизити спороношення гриба на поверхні бульб і скоротити число первинних вогнищ інфекції. Також для заповнення ковша-живильника протруювальною рідиною на рамі картоплесадильної машини встановлена ємність для протруювальної рідини, порожнина якої за допомогою засувки і гнучкого трубопроводу з'єднана з ковшем-живильником. Крім того, ложечки дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату виконані у вигляді пари ложечок, що мають загальне дно, причому в загальному дні і в бічних стінках однієї з ложечок, що здійснює захоплення пророщених бульб з ковша-живильника, виконані отвори для стоку протруювальної рідини назад в ківш-живильник. У

процесі переміщення захоплених бульб в зону висадки, ланцюг з ложечками огинає верхню зірочку, при цьому під дією сили тяжіння бульба переходить з ложечки, що захопила її, на тильну сторону нижньої сусідньої ложечки. Таким чином, запропонована конструкція ложечок забезпечить більш плавну взаємодію тильної сторони ложечок з бульбою в момент її переходу з однієї ложечки на іншу. До того ж така конструкція ложечок дозволить зменшити ймовірність потрапляння паростків бульб в простір між ложечками і стінками захисного кожуха в момент переходу бульби з однієї ложечки на іншу, а також дозволить знизити ймовірність контакту паростків бульб зі стінками захисного кожуха. Що в свою чергу сприятиме зниженню травмування паростків бульб при транспортуванні останніх в зону скидання бульб в посадкову борозну.

Запропонований пристрій для посадки пророщених бульб картоплі включає раму 1 із задніми опорними колесами 2, опорний каток 3, копіювальне колесо 4, сошник 5, бороздозакривальні диски 6, встановлений на рамі 1 бункер 7 з обмежувачем 8 і вбудованим в його дно транспортером 9, ківш-живильник 10 і дворядний ложково-транспортерний посадковий апарат, що складається з ведучої зірочки 11, ведених зірочок 12, 13, 14, захисного кожуха 15 і ланцюга 16 з ложечками 17.

Ложечки 17 виконані у вигляді пари ложечок, що мають загальне днище (фіг. 2, 3), причому в загальному дні та в бічних стінках однієї з ложечок, що здійснює захоплення пророщених бульб з ковша-живильника 10, виконані отвори 18 для стоку протравлювальної рідини назад в ківш-живильник 10.

Також на рамі 1 встановлена ємність 19 для протравлювальної рідини, порожнина якої за допомогою засувки 20 і гнучкого трубопроводу 21 з'єднана з ковшем-живильником 10.

Привід ведучої зірочки 11 дворядного ложково-транспортерного посадкового апарату здійснюється від задніх опорних коліс 2 через ланцюгову передачу 22. Також від задніх опорних коліс 2 через ланцюгову передачу 23 приводиться в рух транспортер 9, вбудований в дно бункера 7.

Пристрій працює наступним чином.

Перед початком роботи ємність 19 заповнюють протравлюючою рідиною, щільність якої перевищує питому вагу одиничних пророщених бульб картоплі (згідно з [2] максимальна питома вага одиничних бульб становить $1,16 \text{ г/см}^3$). Для приготування такої протруювальної рідини контактний фунгіцид розчиняють у сольовому

розчині, щільність якого перевищує $1,16 \text{ г/см}^3$. Причому для обробки бульб можна використовувати один з контактних фунгіцидів: пеннкоцеб, дитан М-45, утан, новозир, при нормі витрати $2...2,5 \text{ кг/т}$ [41].

Потім пристрій за допомогою трактора переміщують до місця посадки картоплі і після заїзду пристрою в борозну проводять завантаження бункера 7 пророщеними бульбами. Одночасно з цим відкривають засувку 20, в результаті чого протруювальна рідина з ємності 19 по гнучкому трубопроводу 21 надходить в ківш-живильник 10 і поступово заповнює його.

Після заповнення ковша-живильника 10 протруйною рідиною закривають засувку 20 і надходження протруйної рідини з ємності 19 в ківш-живильник 10 припиняється.

Далі, за рахунок переміщення трактором пристрою по полю, проводиться посадка картоплі.

Процес посадки протікає наступним чином.

При переміщенні пристрою по полю крутий момент від задніх опорних коліс 2 через ланцюгову передачу 23 передається на вал транспортера 9, який в результаті цього приводиться в рух. При цьому знаходяться в бункері 7 бульби починають переміщатися транспортером 9 в бік ковша-живильника 10. Завдяки встановленому в бункері 7 обмежувачу 8 переміщувані транспортером 9 бульби, перед їх попаданням в ківш-живильник 10, розподіляються в один шар. Таким чином, за допомогою транспортера 9 бульби з бункера 7 направляють у попередньо заповнений протравлюючою рідиною ківш-живильник 10 (рис. 2.2).

Одночасно з цим сошник 5 утворюють в ґрунті посадкову борозну.

Потрапляючи в ківш-живильник 10, бульби занурюються в протравлювальну рідину, а потім спливають і плавають на її поверхні, проходячи обробку.

Причому, потрапивши в протруйну рідину, вся поверхня бульби і її паростків повністю змочується в даній рідині. При цьому ложечками 17 дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату буде здійснюватися захоплення окремих бульб, що плавають на поверхні протруйної рідини. В результаті цього інші бульби, що знаходяться в ковші-живильнику 10, взаємодіючи із захопленою бульбою або з ложечкою 17, яка її захопила, будуть відпливати в сторони або занурюватися в протравлювальну рідину, не завдаючи паросткам один одного механічних пошкоджень. Що в свою чергу дозволить знизити травмування паростків у пророщених бульбах в процесі їх посадки. Потрапивши при захопленні бульби в ложечку 17 протруйна рідина буде стікати назад в ківш-живильник через отвори 18, виконані в ложечці 17. Причому привід ведучої зірочки 11 дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату здійснюється від задніх опорних коліс 2 через ланцюгову передачу 22.

У процесі переміщення захоплених ложечками 17 бульб в зону скидання бульб в посадкову борозну, ланцюг 16 з ложечками 17 огинає верхню зірочку 12, при цьому під дією сили тяжіння бульба переходить з ложечки 17, яка її захопила, на тильну сторону нижньої сусідньої ложечки 17.

При цьому пропонується конструкція ложечок 17 забезпечує плавну взаємодію тильної сторони ложечок 17 з бульбою в момент її переходу з однієї ложечки 17 на іншу. До того ж така конструкція ложечок 17 дозволить зменшити ймовірність потрапляння паростків бульб в простір між ложечками 17 і стінками захисного кожуха 15 в момент переходу бульби з однієї ложечки 17 на іншу, а також дозволить знизити ймовірність контакту паростків бульб зі стінками захисного кожуха 15. Що в свою чергу сприятиме зниженню травмування паростків бульб при транспортуванні останніх в зону скидання бульб в посадкову борозну.

Далі бульби транспортуються до зони скидання, де під дією сили тяжіння вони укладаються на дно посадкової борозенки. Потім бороздозакриваючі диски 6 утворюють над висадженими бульбами заданих розмірів гребінь.

Перед початком посадки картоплі готують протруйну рідину. Для її приготування спочатку отримують сольовий розчин, щільність якого перевищує $1,16 \text{ г/см}^3$, для цього у воді, доведений до температури кипіння, розчиняють харчову кухонну сіль. Потім отриманий сольовий розчин охолоджують. Після охолодження сольового розчину, для отримання протруйовальної рідини, в ньому розчиняють контактний фунгіцид. Причому для обробки бульб можна використовувати один з контактних фунгіцидів: пеннкоцеб, дитан М-45, утан, новозир, при нормі витрати $2...2,5 \text{ кг/т}$ [1]. Далі отриману протруйну рідину заливають в ємність для протруйної рідини, яка встановлена на рамі пропонованого пристрою.

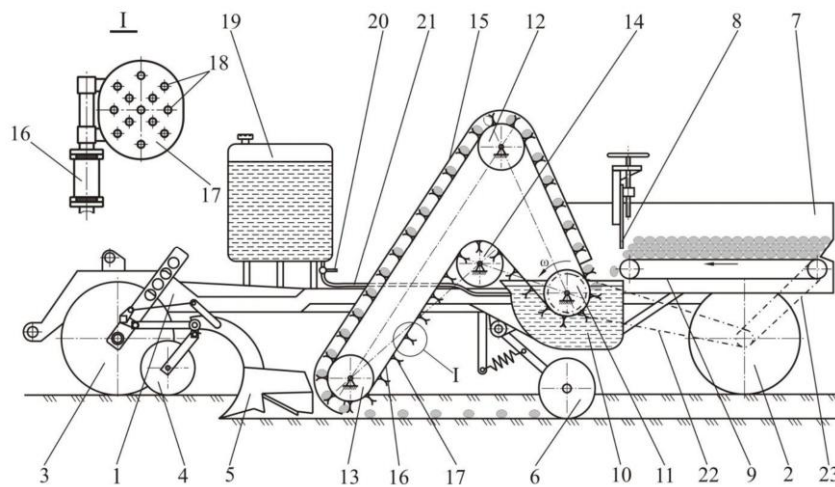


Рис. 2.3. Картоплесаджалка: 1 – рама; 2 – колесо опорне-приводне заднє; 3 – каток опорний; 4 – колесо копіювальне; 5 – сошник-борозоутворювач; 6 – загортач; 7 – бункер насіннєвих бульб; 8 – заслінка бункера; 9 – донний транспортер; 10 – живильний ківш, 11 – ведуча зірочка; 12, 13, 14 – ведені зірочки; 15 – кожух; 16 – елеваторний транспортер; 17 – ложечка; 18 – дренажні отвори; 19 – резервуар робочого розчину; 19 – колесо копіювальне; 20, 21 – гідравлічні комунікації; 22, 23 – ланцюгова передача.

Після цього пропонований пристрій за допомогою трактора переміщують до місця посадки картоплі і після заїзду пристрою в борозну в бункер пропонованого пристрою завантажують пророщені бульби. Одночасно з цим ківш-живильник заповнюють протруйною рідиною, що подається з ємності для протруйної рідини.

Потім за допомогою трактора пропонований пристрій переміщують по полю і здійснюють посадку картоплі. При цьому пророщені бульби надходять з бункера в ківш-живильник, в якому бульби обробляються протруйною рідиною. З ковша-живильника ложечками дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату здійснюють захоплення окремих оброблених бульб, що плавають на поверхні протруювальної рідини. Захоплені бульби транспортуються в зону скидання в посадкову борозну, де під дією сили тяжіння вони укладаються на дно посадкової борозни. Потім бороздозакриваючі диски пропонованого пристрою утворюють над висадженими бульбами заданих розмірів гребінь.

Пропонований пристрій для посадки пророщених бульб картоплі (Малюнок 2.6) включає раму 1 із задніми опорними колесами 2, опорний каток 3, копіювальне колесо 4, сошник 5, бороздозакривальні диски 6, встановлений на рамі 1 бункер 7 з обмежувачем 8 і вбудованим в його дно транспортером 9, ківш-живильник 10 і дворядний ложково-транспортний посадковий апарат, що складається з ведучої зірочки 11, ведених зірочок 12, 13, 14, захисного кожуха 15 і ланцюга 16 з ложечками 17.

Ложечки 17 виконані у вигляді пари ложечок, що мають загальне днище (Малюнок 2.1), причому в загальному дні та в бічних стінках однієї з ложечок, що здійснює захоплення пророщених бульб з ковша-живильника 10, виконані отвори 18 для стоку протравлювальної рідини назад в ківш-живильник 10.

Також на рамі 1 встановлена ємність 19 для протравлювальної рідини, порожнина якої за допомогою засувки 20 і гнучкого трубопроводу 21 з'єднана з ковшем-живильником 10.

Привід ведучої зірочки 11 дворядного ложково-транспортного посадкового апарату здійснюється від задніх опорних коліс 2 через ланцюгову передачу 22. Також від задніх опорних коліс 2 через ланцюгову передачу 23 приводиться в рух транспортер 9, вбудований в дно бункера 7.

Пристрій працює наступним чином.

Перед початком роботи ємність 19 заповнюють протруйною рідиною, щільність якої перевищує питому вагу одиничних пророщених бульб картоплі (згідно [42] максимальна питома вага одиничних бульб становить $1,16 \text{ г/см}^3$). Для приготування такої протруювальної рідини контактний фунгіцид розчиняють у сольовому розчині, щільність якого перевищує $1,16 \text{ г/см}^3$. Причому для обробки бульб можна використовувати один з контактних фунгіцидів: пеннкоцеб, дитан М-45, утан, новозир, при нормі витрати $2...2,5 \text{ кг/т}$ [42].

Потім пристрій за допомогою трактора переміщують до місця посадки картоплі і після заїзду пристрою в борозну проводять завантаження бункера 7 пророщеними бульбами. Одночасно з цим відкривають засувку 20, в результаті чого протруювальна рідина з ємності 19 по гнучкому трубопроводу 21 надходить в ківш-живильник 10 і поступово заповнює його.

Після заповнення ковша-живильника 10 протруйною рідиною закривають засувку 20 і надходження протруйної рідини з ємності 19 в ковш-живильник 10 припиняється.

Далі, за рахунок переміщення трактором пристрою по полю, проводиться посадка картоплі.

Процес посадки протікає наступним чином.

При переміщенні пристрою по полю крутний момент від задніх опорних коліс 2 через ланцюгову передачу 23 передається на вал транспортера 9, який в результаті цього приводиться в рух. При цьому знаходяться в бункері 7 бульби починають переміщатися транспортером 9 в бік ковша-живильника 10. Завдяки встановленому в бункері 7 обмежувачу 8 переміщувані транспортером 9 бульби,

перед їх потраплянням в ківш-живильник 10, розподіляються в один шар. Таким чином, за допомогою транспортера 9 бульби з бункера 7 направляють в попередньо заповнений протравлюючою рідиною ківш-живильник 10.

Одночасно з цим сошник 5 утворюють у ґрунті посадкову борозну.

Потрапляючи в ківш-живильник 10, бульби занурюються в протравлювальну рідину, а потім спливають і плавають на її поверхні, проходячи обробку.

Причому, потрапивши в протравлюючу рідину, вся поверхня бульби і її паростків повністю змочується в даній рідині. При цьому ложечками 17 дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату буде здійснюватися захоплення окремих бульб, що плавають на поверхні протравлюючої рідини. В результаті цього інші бульби, що знаходяться в ківші-живильнику 10, взаємодіючи із захопленою бульбою або з ложечкою 17, яка її захопила, будуть відпливати в сторони або занурюватися в протравлюючу рідину, не завдаючи паросткам один одного механічних пошкоджень. Що в свою чергу дозволить знизити травмування паростків у пророщених бульбах в процесі їх посадки. Потрапивши при захопленні бульби в ложечку 17 протравлююча рідина буде стікати назад в ківш-живильник через отвори 18, виконані в ложечці 17. Причому привід ведучої зірочки 11 дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату здійснюється від задніх опорних коліс 2 через ланцюгову передачу 22.

У процесі переміщення захоплених ложечками 17 бульб в зону скидання бульб в посадкову борозну, ланцюг 16 з ложечками 17 огинає верхню зірочку 12, при цьому під дією сили тяжіння бульба переходить з ложечки 17, яка її захопила, на тильну сторону нижньої сусідньої ложечки 17. При цьому пропонована конструкція ложечок 17 забезпечує плавну взаємодію тильної сторони ложечок з бульбою в момент її переходу з однієї ложечки на іншу. До того ж така конструкція ложечок дозволить зменшити ймовірність попадання паростків бульб в простір між ложечками і стінками захисного кожуха 15 в

момент переходу бульби з однієї ложечки 17 на іншу, а також дозволить знизити ймовірність контакту паростків бульб зі стінками захисного кожуха 15. Що в свою чергу сприятиме зниженню травмування паростків бульб при транспортуванні останніх в зону скидання бульб в посадкову борозну.

Далі бульби транспортуються до зони скидання, де під дією сили тяжіння вони укладаються на дно посадкової борозенки. Потім борозенкозакриваючі диски 6 утворюють над висадженими бульбами заданих розмірів гребінь.

При новому завантаженні бункера 7 бульбами, ківш-живильник 10 поповнюють необхідним об'ємом протравлюючої рідини, що подається з ємності 19 при відкритті засувки 20.

Використання пропонованого висаджувального апарату є тим необхідним компромісним рішенням делікатного поводження з пророслими бульбами і їх рівномірного розподілу в поздовжньо-поперечному напрямку посадкових борозен, яке багато в чому зумовлює високу рентабельність обробітку ранніх сортів картоплі.

Висновки по розділу

Аналіз існуючих висаджувальних апаратів дозволили обґрунтувати перспективну конструктивно-технологічну схему ложково-транспортного висаджувального апарату, технологічний процес якого був об'єктом подальших експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Опис експериментальної установки для посадки пророщеної картоплі з одночасним протруєнням.

Для визначення якісних показників технологічного процесу посадки пророщеної картоплі з одночасним протруєнням на основі аналізу та синтезу було спроектовано та виготовлено експериментальну установку (рис 3.1-3.3).

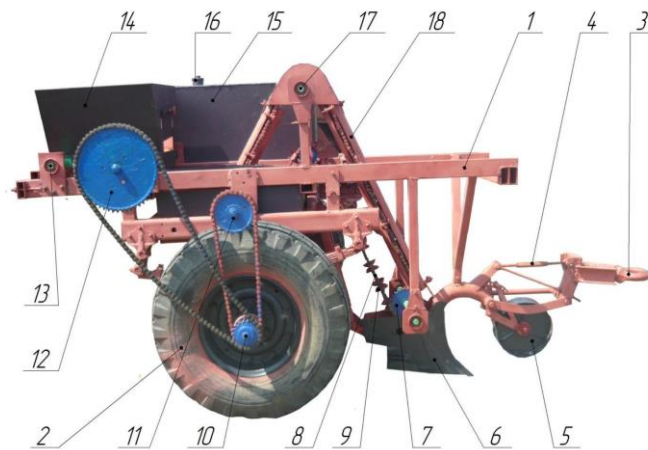


Рис. 3.1. Експериментальна картоплесадильна машина (вид справа): 1 – рама; 2 – колесо опорне-приводне; 3 – причіпна сниця; 4 – регульовальна тяга; 5 – колесо опорне-копіювальне; 6 – сошник-бороздоутворювач; 7 – ведена зірочка; 8 – елеваторний транспортер; 9 – ложечка; 10 – зірочка приводна подвійна; 11 – ведена зірочка елеваторного транспортера; 12 – ведена зірочка донного транспортера бункера насінневих бульб; 13 – ведений вал донного транспортера; 14 – бункер насінневих бульб; 15 – резервуар робочого розчину; 16 – заливна горловина резервуара робочого розчину; 17 – вал обвідної зірочки елеваторного транспортера; 18 – кожух.

Експериментальна картоплесадильна машина виконана в причіпному виконанні для агрегування з тракторами тягового класу 0,9-1,4. Експериментальна картоплесадильна машина складається з рами 1 (рис. 3.1), що спирається на пневматичні колеса, з яких праве є опорним-приводним колесом 2

для робочих органів машини. У середній частині рами змонтований елеваторний транспортер 8, закритий у верхній частині кожухом 18. У задній частині картоплесаджальної машини на рамі встановлені закритий резервуар робочого розчину 6 (рис. 3.2) з горловиною 7 і бункер насінневих бульб 4. У нижній частині резервуара робочого розчину встановлений напівобертовий кран подачі робочого розчину 10, з'єднаний гнучким трубчастим з'єднанням з ковшем-живильником.

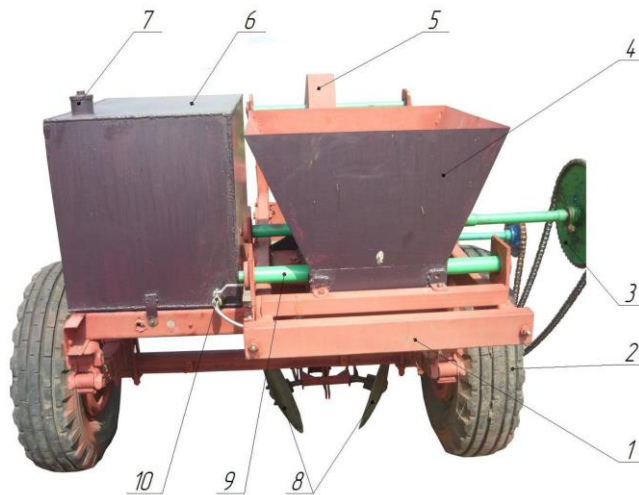


Рис. 3.2. Експериментальна картоплесадильна машина (вид ззаду): 1 – рама; 2 – колесо опорне-приводне; 3 – ведена зірочка донного транспортера бункера насінневих бульб; 4 – бункер насінневих бульб; 5 – кожух; 6 – резервуар робочого розчину; 7 – заливна горловина резервуара робочого розчину; 8 – бороздозакривні диски; 9 – ведений вал донного транспортера; 10 – напівобертовий кран подачі робочого розчину.

У нижній частині бункера насінневих бульб на ведучому і веденому валах 9 (рис. 3.2) встановлений стрічковий транспортер 1 (рис. 3.3).

У передній частині бункера виконано приймальне вікно 2, регульоване по висоті за допомогою заслінки.

У нижній частині рами експериментальної картоплесаджальної машини встановлено сошник-борозоутворювач 6 (рис. 3.1) з опорним копіювальним колесом 5. На рамці опорного копіювального колеса встановлений паралелограмний механізм з регульовальною тягою 4, з'єднаний з причіпною

сницею 3. При цьому на сошнику-борозоутворювачі додатково шарнірно встановлені борозозакривні диски 8 (рис. 3.2).



Рис. 3.3. Бункер насінневих бульб: 1 – донний стрічковий транспортер; 2 – вікно приймальне.

У середній частині експериментальної картоплесадильної машини на рамі встановлений герметичний ківш-живильник (рис. 3.4), внутрішня частина якого розділена перегородками на три негерметичні зони.

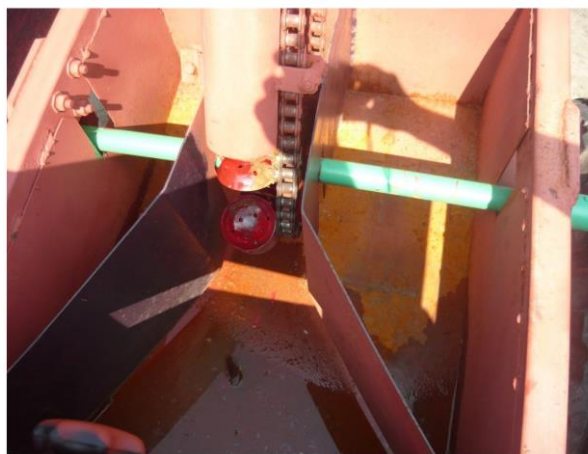


Рис. 3.4. Ковш-живильник.

Приводний вал стрічкового транспортера спирається на кулькові підшипники, встановлені в опорах рами експериментальної картоплесаджальної машини. На правому кінці приводного вала встановлена зірочка, з'єднана ланцюговою передачею з подвійною приводною зірочкою опорного приводного колеса.

Елеваторний транспортер (рис. 3.5) експериментальної картоплесадильної машини виконаний у вигляді ланцюгової передачі, на щоках якої з певним

кроком встановлені спарені ложечки. При цьому ложечки встановлюються збоку від ланцюгової передачі, тим самим не перешкоджаючи обертанню ланцюга на зірочках валів. Спарені ложечки мають жорстке зварне з'єднання і мають технологічні отвори по периметру робочої поверхні.



Рис. 3.5. Елеваторний транспортер експериментальної картоплесадильної машини.

Експериментальна картоплесадильна машина агрегувалася з трактором МТЗ-80 (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Експериментальна картоплесадильна машина в агрегаті з трактором МТЗ-80.

3.2 Технологічний процес експериментальної картоплесадильної машини в лабораторно-польових умовах

Експериментальна картоплесадильна машина при агрегуванні з трактором МТЗ-80 працює наступним чином. При переміщенні експериментальної картоплесадильної машини по полю крутний момент від задніх опорних приводних коліс саджалки 1 (рис. 3.7) через ланцюгову передачу передається на ведену зірочку донного транспортера 2, а від неї на ведений вал донного транспортера 3, який в результаті приводиться в рух. При цьому бульби, що знаходяться в бункері 4, починають переміщатися транспортером, який приводиться в рух веденим валом донного транспортера в бік ковша-живильника 5. У бункері 4 встановлена заслінка, переміщувані транспортером бульби насінневої картоплі, потрапляючи в ковш-живильник, розподіляються не менше ніж у 2 шари. Далі за допомогою транспортера 6 бульби з бункера направляються в попередньо заповнений протруювальною рідиною ківш-живильник. Одночасно з цим сошник-бороздоутворювач 7 утворює в ґрунті посадкову борозну.

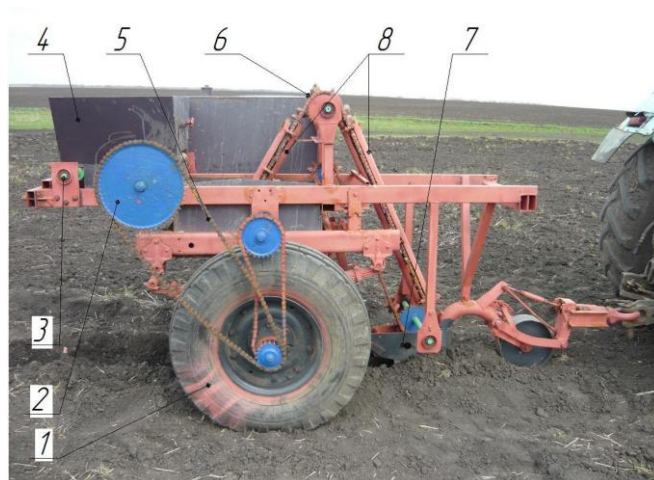


Рис. 3.7. Експериментальна картоплесадильна машина при агрегуванні з трактором МТЗ-80 в лабораторно-польових умовах: 1 – опорно-приводне колесо; 2 – ведена зірочка донного транспортера; 3 – ведений вал донного транспортера; 4 – бункер; 5 – ковш-живильник; 6 – елеваторний транспортер; 7 – сошник-бороздоутворювач.

Потрапляючи в ковш-живильник, бульби занурюються в протравлювальну рідину, а потім спливають і плавають на її поверхні, проходячи обробку (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Експериментальна картоплесадильна машина (вид зверху) при заповненому ковші-живильнику.

Ложечками 1 (рис. 3.9) дворядного ложечно-транспортного посадкового апарату здійснюється захоплення окремих бульб 3, що плавають на поверхні протруювальної рідини 2. В результаті цього інші бульби, що знаходяться в ковші-живильнику, взаємодіючи із захопленою бульбою або з ложечкою, що її захопила, відпливають убік або занурюються в протравлювальну рідину, не завдаючи паросткам механічних пошкоджень. Що, в свою чергу, дозволяє знизити травмування паростків у пророщених бульбах в процесі їх посадки. Потрапивши при захопленні бульби в ложечку 1 протравлююча рідина стікає назад в ківш-живильник через отвори, виконані в ложечці.

У процесі переміщення захоплених ложечками 1 (рис. 3.9) бульб у зону скидання бульб у посадкову борозну, ланцюг з ложечками огинає верхню зірочку, при цьому під дією сили тяжіння бульба переходить з ложечки, що її захопила, на тильну сторону нижньої сусідньої ложечки 1 (рис. 3.10). При цьому пропонована конструкція ложечок забезпечує плавну взаємодію тильної сторони ложечок з бульбою в момент її переходу з однієї ложечки на іншу. До того ж така конструкція ложечок дозволяє зменшити ймовірність потрапляння

паростків бульб в простір між ложечками і стінками захисного кожуха 2 в момент переходу бульби з однієї ложечки на іншу, а також дозволяє знизити ймовірність контакту паростків бульб зі стінками захисного кожуха. Що в свою чергу сприяє зниженню травмування паростків бульб при транспортуванні останніх в зону скидання бульб в посадкову борозну.



Рис. 3.9. Технологічний процес захоплення бульб ложечками транспортера в ковші-живильнику: 1 – ложечки транспортера; 2 – водно-сольовий розчин протравлюючої рідини; 3 – пророщені бульби картоплі (бульби картоплі в 1 шар).



Рис. 3.10. Технологічний перехід бульби з ложечки, що захопила бульбу, на тильну сторону другої ложечки: 1 – ложечка транспортера; 2 – захисний кожух.



Рис. 3.11. Технологічний процес скидання бульб ложечками транспортера на дно борозни.

Далі бульби транспортуються до зони скидання, де під дією сили тяжіння вони укладаються на дно посадкової борозни. Потім бороздозакриваючі диски утворюють над висадженими бульбами заданих розмірів гребінь.

При новому завантаженні бункера бульбами, ківш-живильник поповнюємо необхідним об'ємом протравлюючої рідини, що подається з ємності при відкритті крана

3.3 Дослідження технологічного процесу подачі пророщених бульб у ковш-живильник

Підготовка до лабораторно-польових досліджень включала підвезення пророщених бульб картоплі та заздалегідь приготованого водно-сольового розчину. Первинне дослідження технологічного процесу експериментальної картоплесадильної машини проводилося без завантаження бункера насіннєвих бульб і заповненого ковша-живильника водно-сольовим розчином. При агрегуванні картоплесадильної машини із заглибленим сошником у ґрунт на глибину до 15 см на швидкості до 5 м/с було встановлено, що технологічний процес протікає досить стабільно, заїдання і залипання робочих органів та розбризкування розчину не спостерігалось.

Далі проводили завантаження бункера насіннєвих бульб пророщеною картоплею шляхом пересипання бульб у бункер на донний транспортер (рис. 3.12, а). Після початку агрегаткування експериментальної картоплесадильної машини проводилася зміна висоти вивантажного вікна бункера за допомогою заслінки (рис. 3.12, б). Висоту вікна збільшували до стану технологічного процесу, при якому виключалося заклинювання пророщених бульб в отворі і їх спонтанне висипання в ківш-живильник. При заданому завантаженні бункера для висаджуваної фракції сорту Розара і Удача достатня висота зазору вивантажувального вікна склала 6...8 см.



Рис. 3.12. Бункер насіннєвих бульб: а – бункер у завантаженому стані; б – вивантажне вікно в відрегульованому стані.



Рис. 3.13. Технологічний процес захоплення бульб ложечками транспортера в ковші-живильнику (бульби картоплі в 2 шари)

Після проведеного регулювання було проведено дослідження якості заповнення ковша-живильника пророщеними бульбами, а також травмування бульб у процесі вивантаження з бункера-накопичувача. Було встановлено, що в міру вивантаження пророщеної з приймального вікна картоплі рівномірно заповнює середню частину ковша живильника, обмежену перегородками. Після падіння картоплі у водно-сольовий розчин з висоти 15...20 см пророщена бульба картоплі заглиблювалася не більше ніж на 8...10 см, після чого спливала на поверхню, на висоту від лінії поверхневого натягу рідини не більше $1/3$ від товщини бульби. Дані дослідження проводили органолептичним методом з використанням мірної лінійки.

Після падіння бульби у водно-сольовий розчин і повного заповнення ковша-живильника проводили виймання бульб з рідини з метою визначення кількості обламаних паростків бульб, а також порізів і вм'ятин від ударів. На час проведення даних досліджень відключали елеваторний транспортер, щоб виключити вплив на пошкоджуваність бульб. Дослідження проводили при швидкості 2,1; 3,4 і 5,2 м/с. Оскільки привід донного транспортера здійснюється від опорного приводного колеса, зміна поступальної швидкості агрегату призводила до збільшення швидкості подачі бульб. Результати вимірювання пошкоджуваності бульб при зміні швидкості подачі бульб представлені на графіку (рис. 3.14).

Аналіз залежності показує, що з підвищенням швидкості руху картоплесаджалки до 6,2 м/с травмування бульб зростає з 15 до 31%.

При цьому із загальної кількості обстежених бульб були пошкодження одного, двох і рідше трьох паростків. При швидкості понад 3,4 м/с у 6% бульб були пошкодження шкірки у вигляді подряпин площею не більше 1 см^2 . Було встановлено, що в основному пошкодження відбуваються в процесі подачі бульб і їх виходу з вивантажувального вікна. Це дозволяє зробити висновок про необхідність пошуку методів більш дбайливого вивантаження бульб з бункера-накопичувача.

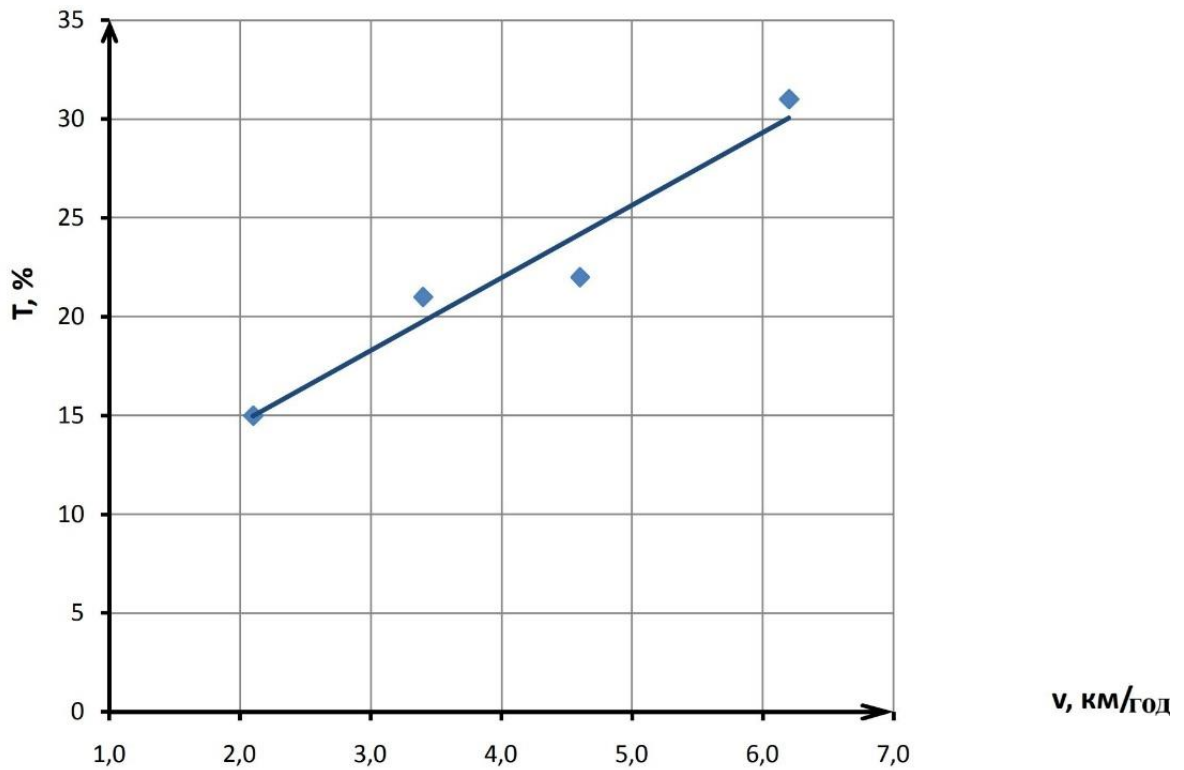


Рис. 3.14. Залежність травмування бульб при подачі в % від швидкості руху експериментальної картоплесаджалки.

3.4 Дослідження технологічного процесу захоплення бульб елеваторним транспортером і їх подачі на насіннєве ложе

Дослідження технологічного процесу захоплення бульб ложечками елеваторного транспортера проводили в тих же інтервалах, що і при дослідженні технологічного процесу подачі бульб від бункера-накопичувача від 2,0 до 6,4 м/с. На кожній швидкості проводили зміну лінійної швидкості елеваторного транспортера шляхом заміни веденої зірочки $z=28$, $z=39$ і $z=56$. При цьому вимірювали травмування бульб ложечками елеваторного транспортера при заповненні ковша-живильника бульбами картоплі в 1 і в 2 шари.

Результати вимірювання пошкоджуваності бульб при зміні швидкості подачі бульб представлені на рисунку 3.15-3.17.

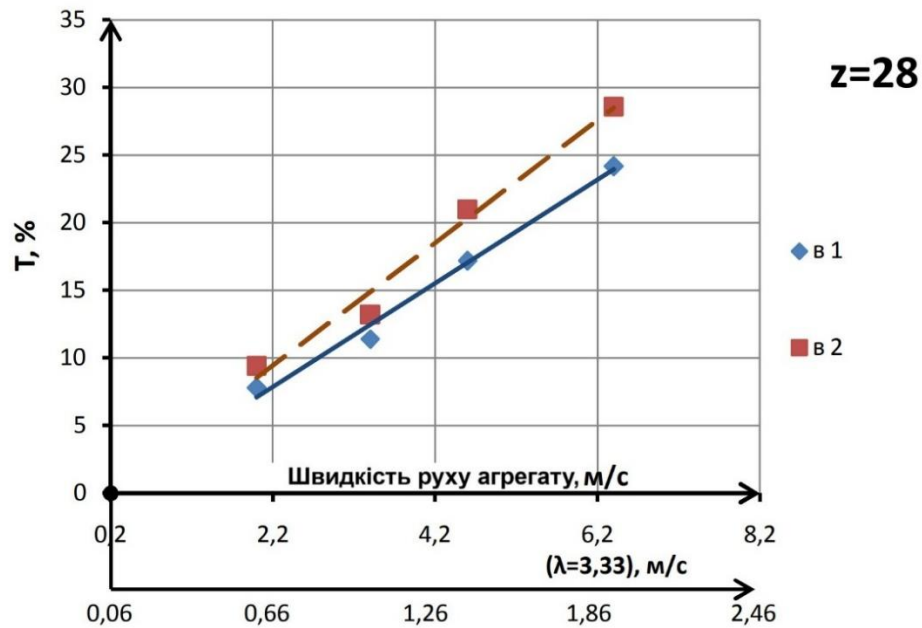


Рис. 3.15. Залежність травмування бульб картоплі при захопленні елеваторним транспортером від швидкості руху експериментальної картоплесаджалки при $z=28$.

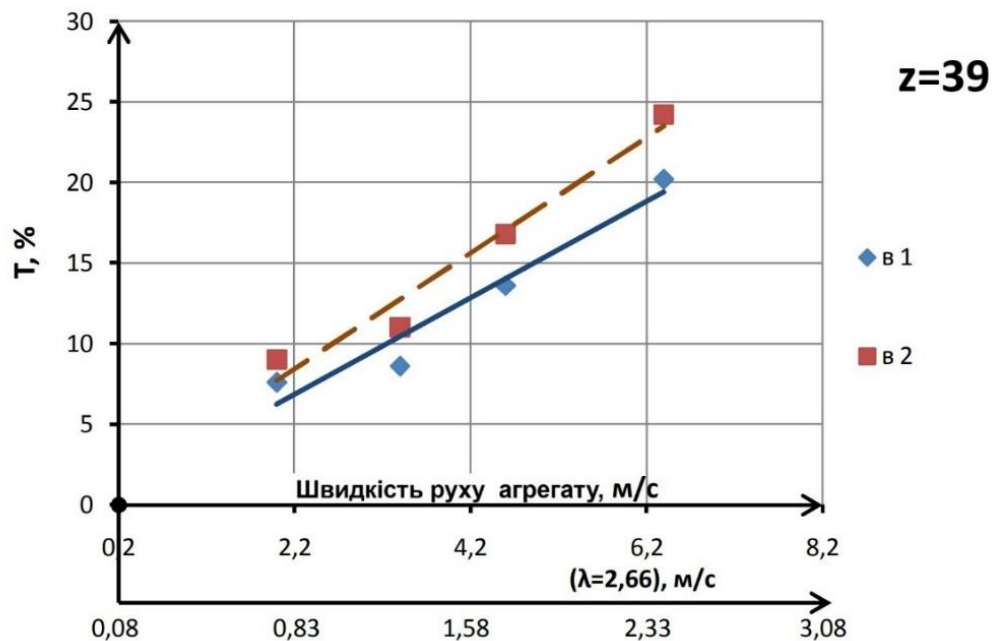


Рис. 3.16. Залежність травмування бульб картоплі при захопленні елеваторним транспортером від швидкості руху експериментальної картоплесаджалки при $z=39$.

Визначення пропусків бульб при їх захопленні елеваторним транспортером і подачі на насіннєве ложе

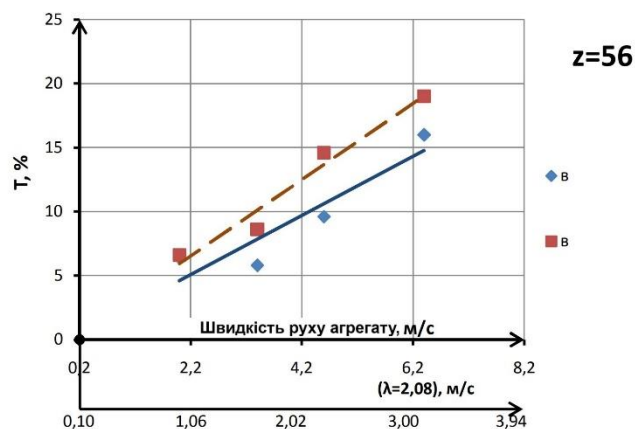


Рис. 3.17. Залежність травмування бульб картоплі при захопленні елеваторним транспортером від швидкості руху експериментальної картоплесаджалки при $z=56$.

При кроці 0,4 м



При кроці 0,32 м



При кроці 0,25 м



Рис. 3.18. Розкладка бульб експериментальної картоплесаджалки (бороздозакриваючі диски не заглиблені)

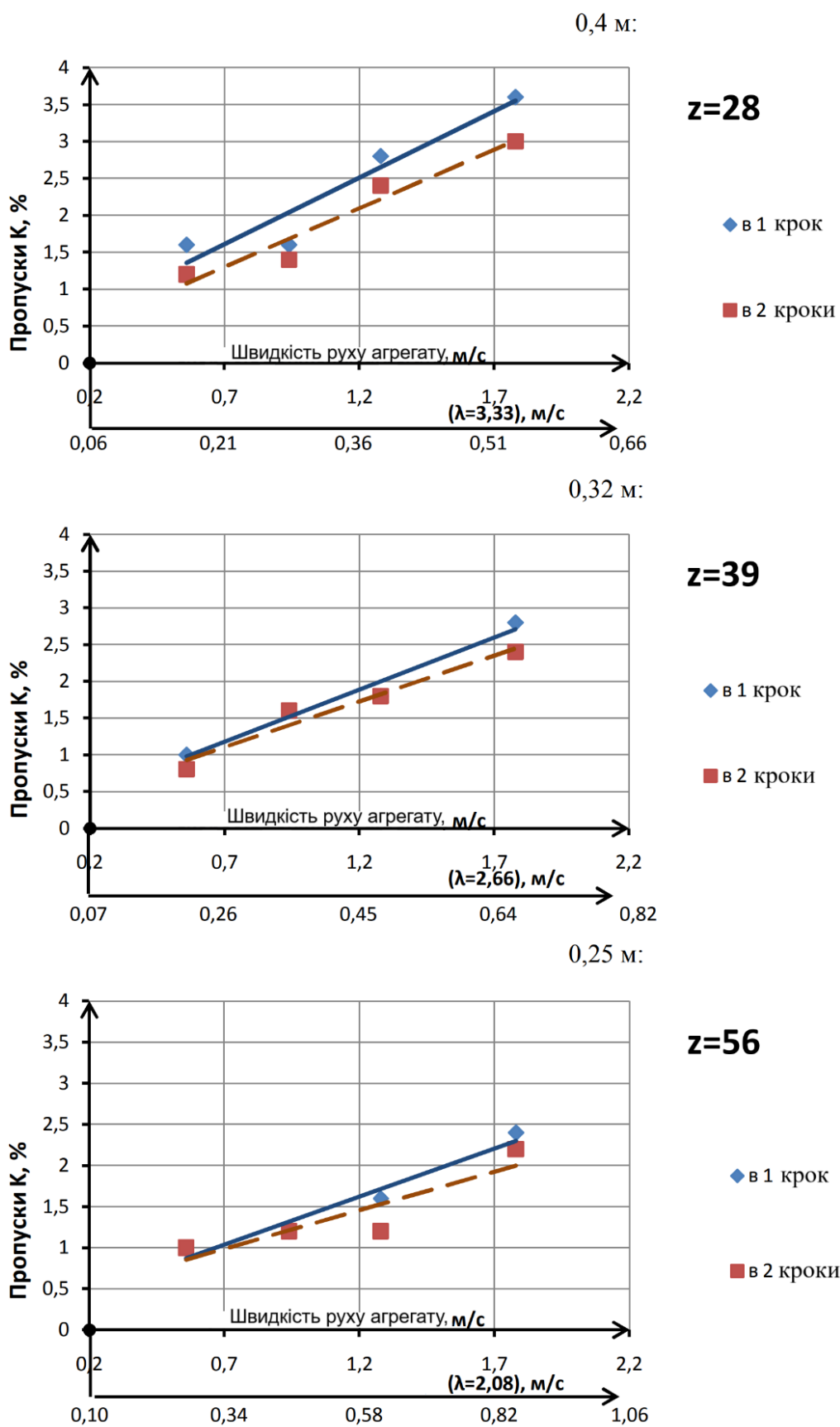


Рис. 3.19. Залежність пропусків бульб від швидкості руху експериментальної картоплесаджалки.

Для визначення пропусків бульб при їх захопленні елеваторним транспортером і подачі на насінневе ложе використовуємо технологічний процес захоплення бульб ложечками транспортера в ковші-живильнику (бульби картоплі в 2 шари) (рис. 3.19). Розкладку бульб експериментальної картоплесаджалки (бороздозакриваючі диски не заглиблені) проводимо при кроці 0,25 м; 0,32 м і 0,4 м (рис. 3.18).

Аналізуючи отримані дані, складемо залежності пропусків бульб від швидкості руху експериментальної картоплесаджалки (рис. 3.19) залежно від кроку посадки картоплі в ряду (0,4 м; 0,32 м і 0,25 м) і числа зубів змінного колеса транспортера бульб ($z = 28, 39, 56$). При швидкості руху транспортера від 0,4 до 1,8 м/с відбувається збільшення пропусків (%), таку ж залежність мають швидкість руху транспортера (з зубчастим колесом $z=56$, $\lambda=2,08$; з зубчастим колесом $z=39$, $\lambda=2,67$; з зубчастим колесом $z=28$, $\lambda=3,33$), але при цьому при збільшенні числа зубів приводного колеса транспортера призводить до збільшення числа пропусків, а зменшення значення кроку посадки до зменшення пропусків при розкладці бульб.

На рис. 5.20 представлена залежність швидкості руху транспортера і пропусків у порівнянні з теоретичною залежністю. Так при використанні ложечок з радіусом 35 мм, 40 мм і 45 мм отримуємо швидкість руху транспортера 0,545 м/с; 0,585 м/с і 0,62 м/с відповідно.

Як видно з отриманих залежностей, збільшення зубчастого колеса призводить до збільшення пропусків при розкладці бульб картоплі, а збільшення кроку посадки картоплі до зменшення пропусків.

На основі отриманих теоретичних і експериментальних даних побудовано графік (рис. 3.21) для визначення максимальної швидкості руху агрегату при посадці картоплі, знаючи крок посадки, яке зубчасте колесо встановлено на транспортері висаджувального апарату і розміри встановлених ложечок.

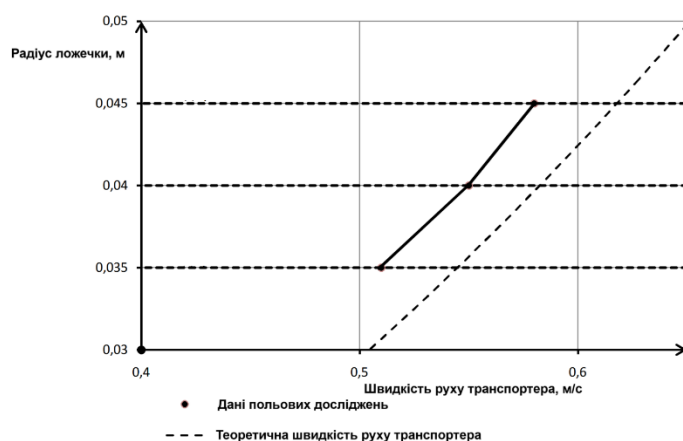


Рис. 3.20. Залежність швидкості руху транспортера і радіуса ложці

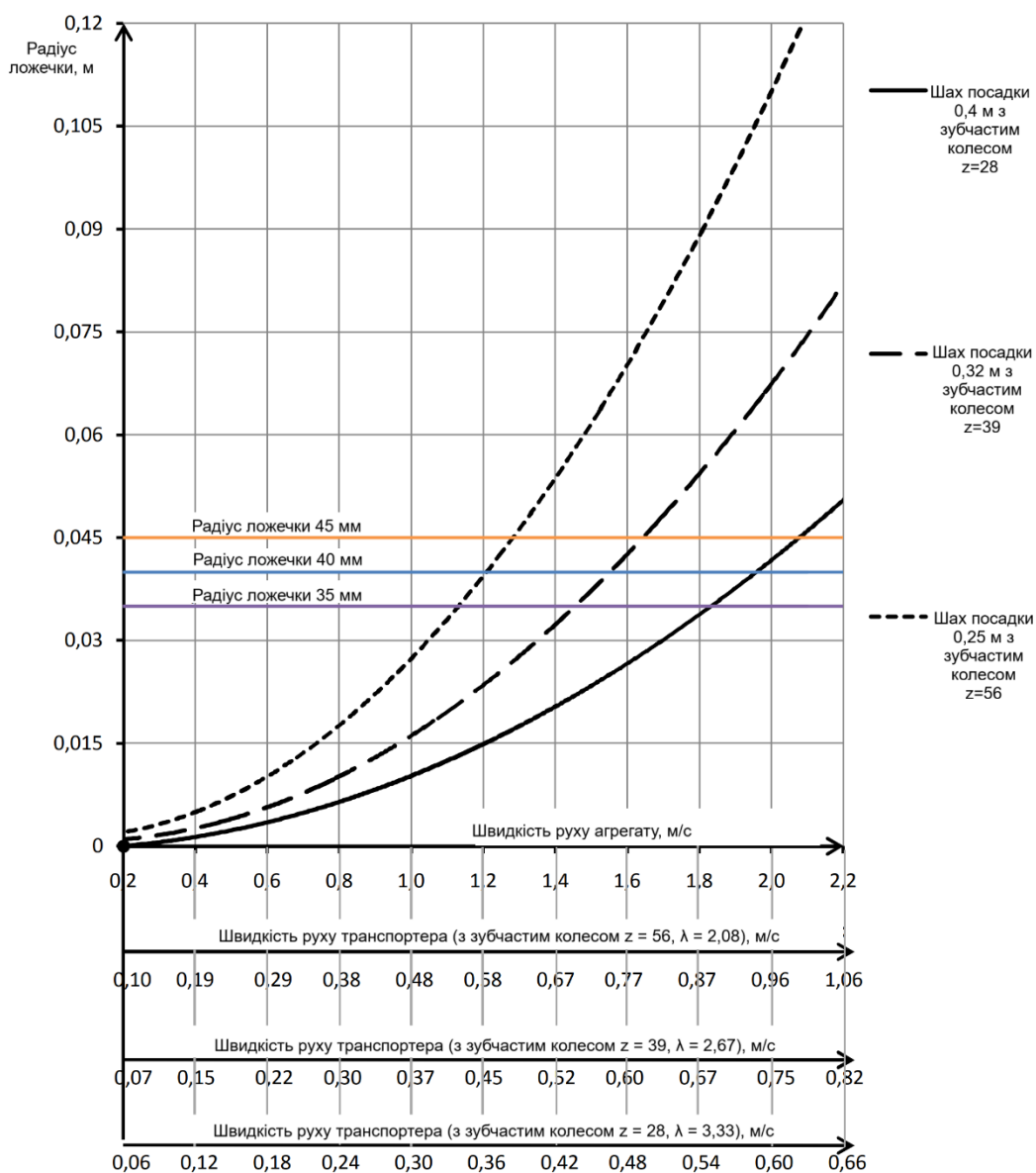


Рис. 3.21. Графік для визначення максимальної швидкості руху агрегату при посадці картоплі.

3.5. Результати порівняльних випробувань

Оцінювання ефективності запропонованого способу здійснювали шляхом порівняння результатів садіння пророщених бульб картоплі серійною картоплесадильною машиною САЯ-4 та запропонованим пристроєм.

Для садіння використовували 2000 пророщених бульб сорту Розара та 2000 пророщених бульб сорту Удача.

Садіння картоплі виконували на чотирьох ділянках, площа кожної з яких становила 0,015 га; тип ґрунту на всіх ділянках – супіщаний.

На 1-й ділянці виконували садіння 1000 бульб сорту Розара із застосуванням прототипу (картоплесадильної машини САЯ-4).

На 2-й ділянці виконували садіння 1000 бульб сорту Удача із застосуванням прототипу (картоплесадильної машини САЯ-4).

На 3-й ділянці здійснювали садіння 1000 бульб сорту Розара за запропонованим способом із використанням розробленого пристрою.

На 4-й ділянці здійснювали садіння 1000 бульб сорту Удача за запропонованим способом із використанням розробленого пристрою.

Під час садіння картоплі загортання бульб у ґрунт не проводилося: для цього на прототипі та запропонованому пристрої були демонтовані диски для закриття борозни. Загортання не виконували для того, щоб надалі можна було визначити загальну кількість ростків на бульбах, укладених на дно посадкової борозни, та кількість пошкоджених ростків у цих же бульб.

Таким чином, на кожній ділянці після завершення садіння бульби вручну вилучали з борозни та проводили підрахунок загальної кількості ростків на них, а також кількості травмованих ростків. Результати підрахунків зведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення травмування паростків у бульб

№ ділянки	Спосіб посадки	Сорт	Кількість висаджених бульб, шт.	Загальна кількість паростків на бульбах, шт.	Загальна кількість травмованих паростків на бульбах, шт.	Відсоток травмованих паростків від загальної кількості, %
1	Прототип (машина САЯ-4)	Розара	1000	5437	316	5,8
3	По запропонованому способу з використанням розробленого пристосування	Розара	1000	5975	162	2,7
2	Прототип (машина САЯ-4)	Удача	1000	4982	245	4,9
4	По запропонованому способу з використанням розробленого пристосування	Удача	1000	4279	108	2,5

Після підрахунку паростків кожен бульбу повертали назад у посадкову борозну на те місце, яке вона займала раніше. Після завершення підрахунку паростків у всіх бульб, їх загортали в ґрунт за допомогою лопат, формуючи над висадженими бульбами гребінь заданих розмірів.

Через 60 днів після садіння на кожній ділянці визначали відсоток рослин, уражених фітофторозом. Отримані результати наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення ураження рослин фітофторозом

№ ділянки	Спосіб посадки	Сорт	Відсоток рослин, уражених фітофторозом, %
1	Прототип (машина САЯ-4)	Розара	46,8
3	По запропонованому способу з використанням розробленого пристосування	Розара	20,9
2	Прототип (машина САЯ-4)	Удача	42,5
4	По запропонованому способу з використанням розробленого пристосування	Удача	17,6

Відповідно до отриманих результатів, реалізація запропонованого способу із використанням розробленого пристрою дозволяє, залежно від сорту картоплі, знизити травмування паростків бульб під час садіння на 2,4...3,1%. Крім того, обробка пророщених бульб протруйною рідиною у процесі їх висаджування дає змогу зменшити ураження рослин фітофторозом на 19,9...25,9%. При цьому врожайність картоплі для сортів Розара та Удача підвищилася відповідно на 2,2 та 2,8 т/га.

Висновки по розділу

Дослідження технологічного процесу подачі пророщених бульб проводилися за показниками травмування та пропусків бульб під час їх захоплення елеваторним транспортером і подачі на насінневе ложе. Аналіз залежності показав, що зі збільшенням швидкості руху картоплесаджалки до 6,2 м/с травмування бульб зростає з 15 до 31%. При цьому із загальної кількості оглянутих бульб спостерігалися пошкодження одного, двох і рідше трьох паростків. За швидкості понад 3,4 м/с у 6% бульб відмічали пошкодження шкірки у вигляді подряпин площею не більше 1 см². Встановлено, що основні пошкодження виникають у процесі подачі бульб і їх виходу з вивантажувального вікна. Це дозволяє зробити висновок про необхідність пошуку методів більш дбайливого вивантаження бульб із бункера-накопичувача.

З дослідження видно, що при зростанні швидкості руху транспортера від 0,4 до 1,8 м/с відбувається збільшення пропусків (%). Таку ж залежність мають і режими роботи транспортера (з зубчастим колесом $z=56$, $\lambda=2,08$; з зубчастим колесом $z=39$, $\lambda=2,67$; з зубчастим колесом $z=28$, $\lambda=3,33$), але при цьому збільшення кількості зубців приводного колеса транспортера приводить до збільшення кількості пропусків, а зменшення значення кроку садіння – до зменшення пропусків під час укладання бульб.

На основі отриманих експериментальних даних побудовано графік для визначення максимальної швидкості руху агрегату при садінні картоплі з урахуванням кроку садіння, типу зубчастого колеса, встановленого на транспортері висаджувального апарата, та розмірів установлених ложечок.

Відповідно до отриманих результатів, реалізація запропонованого способу із використанням розробленого пристрою дозволяє, залежно від сорту картоплі, знизити травмування паростків бульб під час садіння на 2,4...3,1%. Крім того, обробка пророщених бульб протруйною рідиною у процесі їх висаджування дає змогу зменшити ураження рослин фітофторозом на 19,9...25,9%. При цьому врожайність картоплі для сортів Розара та Удача підвищилася відповідно на 2,2 та 2,8 т/га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз існуючих картоплесаджалок та їхніх живильних апаратів показав, що вони малопридатні для садіння пророщених бульб картоплі. У зв'язку з цим було вдосконалено конструкторсько-технологічну схему живильника картоплесаджалки, основною відмінною особливістю якого стали захоплювальний транспортер із двосторонніми ложечками та наявність сольового розчину в живильному ковші.

Було виготовлено лабораторну установку та експериментальний зразок комбінованого картоплесадильного агрегату, що забезпечують можливість дослідження показників якості процесу садіння картоплі залежно від конструктивно-режимних параметрів. Дослідження технологічного процесу подачі пророщених бульб проводили за показниками травмування та пропусків бульб під час їх захоплення елеваторним транспортером і подачі на насіннєве ложе.

Аналіз отриманих залежностей показав, що зі збільшенням швидкості руху картоплесаджалки до 6,2 м/с травмування бульб зростає з 15 до 31%. При цьому із загальної кількості оглянутих бульб відмічено пошкодження одного, двох і рідше – трьох паростків. За швидкості понад 3,4 м/с у 6% бульб спостерігали пошкодження шкірки у вигляді подряпин площею не більше 1 см². Встановлено, що основні пошкодження виникають у процесі подачі бульб та їх виходу з вивантажувального вікна. Це дозволяє зробити висновок про необхідність пошуку методів більш дбайливого вивантаження бульб із бункера-накопичувача.

З дослідження видно, що при зміні швидкості руху транспортера від 0,4 до 1,8 м/с відбувається збільшення пропусків бульб у борозні (до 3%; 2,4%; 2,2% при кроках садіння 0,25 м; 0,32 м та 0,4 м), тобто ложечки перестають надійно їх захоплювати з ковша.

Відповідно до отриманих результатів, реалізація запропонованого способу із використанням розробленого пристрою дозволяє, залежно від сорту картоплі,

знизити травмування паростків бульб під час садіння на 2,4...3,1%. Крім того, обробка пророщених бульб протруйною рідиною у процесі їх висаджування дає змогу зменшити ураження рослин фітофторозом на 19,9...25,9%. При цьому врожайність картоплі для сортів Розара та Удача підвищилася відповідно на 2,2 та 2,8 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abdallah Elshawadfy Elwakeel, Ahmed Elbeltagi, Ali Salem, Ahmed Z Dewidar. Optimized design and performance evaluation of a highly precise variable rate mis-planting and replanting potato electronic-metering mechanism. *Front Plant Sci.* 2025 May 16;16:1531377. doi: 10.3389/fpls.2025.1531377.
2. Cisen Xiao, Changlin Song, Junmin Li, Min Liao, Yongfan Pu, Kun Du Potato precision planter metering system based on improved YOLOv5n-ByteTrack. *Front Plant Sci.* 2025 Apr 28;16:1563551. doi: 10.3389/fpls.2025.1563551.
3. Jiarui Wang, Min Liao, Chao Su, Rui Chen, Hailong Xia, Junju Li, Chenyang Qiao. Study on the excess seeds removing performance of a potato precision seed metering device. *Sci Rep.* 2024 Nov 13;14:27832. doi: 10.1038/s41598-024-79635-1.
4. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
4. Baowei Li, Wei Sun, Wei Sun, Zhiwei Zhao, Petru A. Simionescu. Development and Validation of a Potato Seeding Machine with Integrated Plastic Film Mulch Punching Mechanism. *Agronomy* 2024, 14(7), 1570; <https://doi.org/10.3390/agronomy14071570>.
5. Dewi Sahara, Cahyati Setiani, Dewa Ketut Sadra Swastika, Robet Asnawi, Sri Bananiek Sugiman, Andi Yulyani Fadwiwati, Tota Suhendrata, Amiruddin Syam, Agus Supriyo, Atman, Triyani Dewi. Strategy formulation of agricultural machinery development for sustainable potato farming in upland of Banjarnegara Regency, Central Java, Indonesia. *Heliyon.* 2024 Oct 21;10(21):e39637. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e39637.
6. Войтюк Д.Г., В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.

7. Думич В. Аналіз конструкцій машин для садіння картоплі. Техніка і технології АПК. №12. 2012. С. 10-13.
8. Войтюк Д.Г., В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
9. Hongling Li ,Xiaolong Liu, Hua Zhang, Hui Li, Shangyun Jia, Wei Sun Research and Experiment on Miss-Seeding Detection of Potato Planter Based on Improved YOLOv5s. Agriculture 2024, 14(11), 1905; <https://doi.org/10.3390/agriculture14111905>.
10. Rokon Uz Zaman, Ahmmad K.U., Rahman M.H. Performance of potato on mechanical planter with diverse irrigation method. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. Vol. 25, №. 2, 2024. P. 79-84.
11. Практикум із машиновикористання в рослинництві. Навчальний і посібник. За ред. Мельника І.І. Київ: Кондор. 2009. 284 с.
12. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
13. Сучасна технологія вирощування картоплі. URL: <https://uapg.ua/blog/suchasna-tehnologiya-viroshhuvannya-kartopli/> (Дата звернення 07.11.2025).
14. Барановський В. А., Жук О. В., Кравчук М. П. Машини для посадки картоплі та збирання коренеплодів. Київ: Аграрна освіта, 2019. 248 с.
15. Nowak J., Wójcik A. Design and performance analysis of modern potato planters. Agricultural Engineering. 2020. Vol. 24. P. 55–62.
16. Hassan M. S., El-Shal M. A. Performance evaluation of potato planting machines in different soil conditions. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 2021. Vol. 52(4). P. 45–52.

17. Dharmendra M., Jha S. K. Development of semi-automatic potato planter for small farms. *Journal of Farm Machinery and Power*. 2022. Vol. 3(1). P. 25–33.

18. Бурлаченко І. І. Механізація садіння картоплі: аналітичний огляд конструкцій посадкових апаратів. *Інженерія природокористування*. 2023. № 2. С. 82–91.

19. Борак К.В., Вакулін В.В. Перспективні напрямки розвитку машин для посадки картоплі. Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2025 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. С.

20. Куликівський В.Л., Вакулін В.В. Висаджувальні апарати машин для садіння пророщеної картоплі. XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». (01-17 жовтня 2025 р.). <http://animal-conf.inf.ua/conf.html> (дата звернення 01.11.2025).

21. Вакулін В.В. Порівняльна оцінка різних технологій вирощування картоплі. Студентські читання–2025: матеріали науково-практичної конференції науково- педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 30 жовтня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 5-8.