

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

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

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Тригуба Андрій Олегович

УДК 631.17

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ МАШИН ДЛЯ
ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ
КОНСТРУКЦІЇ КАРТОПЛЕРІЗКИ**

208 “Агроінженерія”

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

Керівник роботи
Куликівський В.Л.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Тригуба Андрій Олегович. Удосконалення комплексу машин для вирощування картоплі з модернізацією конструкції картоплерізки. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

На основі виконаних досліджень створено технологію вирощування картоплі з урахуванням агрокліматичних умов регіону, розраховано технологічну карту всіх агротехнічних заходів і розроблено операційну технологію садіння агрегатом МТЗ-80 + КСМ-4.

У кваліфікаційній роботі розглянуто вдосконалення комплексу машин для вирощування картоплі шляхом модернізації конструкції картоплерізки з метою підвищення якості розрізання бульб, зменшення втрат посадкового матеріалу та підвищення ефективності агротехнічного процесу. Проведено аналіз існуючих конструкцій картоплесаджалок та картоплерізок, виявлено основні недоліки, що спричиняють нерівномірне дозування бульб, збільшені механічні пошкодження та підвищений знос ріжучих елементів. Модернізація картоплерізки дозволить зменшити втрати посадкового матеріалу на 3–4 %, підвищити продуктивність агрегату на 10 % та знизити зносу ріжучих елементів більш ніж на 20 %.

Запропоновані рішення відповідають сучасним агротехнічним вимогам і сприяють підвищенню рентабельності виробництва картоплі в умовах приватних господарств та агропідприємств.

Ключові слова: садіння, технологія, картопля, картоплерізка, модернізація.

ANNOTATION

Triguba Andrii Olehovych. Improvement of the complex of machines for growing potatoes with modernization of the design of the potato cutter. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

Based on the research, the technology of potato cultivation was created taking into account the agroclimatic conditions of the region, a technological map of all agrotechnical measures was calculated, and an operational technology for planting with the MT3-80 + KCM-4 unit was developed.

The qualification work considers the improvement of the complex of machines for growing potatoes by modernizing the design of the potato cutter in order to improve the quality of cutting tubers, reduce the loss of planting material and increase the efficiency of the agrotechnical process. The existing designs of potato planters and potato cutters were analyzed, and the main drawbacks that cause uneven dosing of tubers, increased mechanical damage and increased wear of cutting elements were identified. The modernization of the potato cutter will reduce the loss of planting material by 3-4%, increase the productivity of the unit by 10% and reduce the wear of the cutting elements by more than 20%.

The proposed solutions meet modern agrotechnical requirements and contribute to increasing the profitability of potato production in private households and agricultural enterprises.

Keywords: planting, technology, potatoes, potato cutter, modernization.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ.....	8
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ	18
РОЗДІЛ 3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ САДІННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЇ САДІННЯ.....	32
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дослідження зумовлена високою значущістю картоплі як базової продовольчої культури в Україні та необхідністю підвищення ефективності її вирощування. Незважаючи на традиційне широке використання картоплі в раціоні населення, існуючі комплекси машин для механізації технологічного процесу часто не забезпечують оптимальної якості розрізання бульб і в повній мірі не відповідають сучасним агротехнічним вимогам. Внаслідок нерівномірного розподілу посадкового матеріалу та збільшеної кількості механічних пошкоджень втрати бульб у процесі вирощування можуть складати до 8–10 %, що призводить до зменшення врожайності та погіршення якості насіннєвого матеріалу. Крім того, технічний стан багатьох картоплепосадкових агрегатів характеризується інтенсивним зношуванням ріжучих елементів, високим енергоспоживанням і підвищеними експлуатаційними затратами, що негативно впливає на економічну доцільність виробництва.

Модернізація конструкції картоплерізки є одним із пріоритетних напрямів удосконалення комплексу машин, оскільки саме точний і безпечний розріз бульб забезпечує рівномірне укладання в рядок, зменшує ризик поширення фітопатогенів і створює передумови для формування високого врожаю. Крім того, оновлення приводних механізмів і систем фіксації бульб дозволить знизити частоту технічних обслуговувань, зменшити простой машин і, як наслідок, скоротити загальні витрати на механізацію.

Сучасні аграрні підприємства та приватні господарства дедалі активніше впроваджують методи точного землеробства, тому інтеграція модернізованої картоплерізки в загальну технологічну схему сприятиме ефективному використанню ресурсів та підвищенню конкурентоспроможності вітчизняної картоплярської галузі. Аналіз світового та вітчизняного досвіду підтверджує, що вдосконалення конструктивних елементів сільськогосподарських машин безпосередньо впливає на екологічну безпеку виробництва, зменшує

негативний вплив на ґрунт і сприяє збільшенню рентабельності. Отже, розробка і впровадження удосконаленого комплексу машин із модернізацією картоплерізки є актуальною науково-технічною задачею, спрямованою на підвищення ефективності та стійкості виробництва картоплі в Україні.

Мета дослідження: розробити та обґрунтувати удосконалений комплекс машин для вирощування картоплі з модернізацією конструкції картоплерізки, який забезпечує підвищення якості розрізування бульб, зменшення втрат посадкового матеріалу та підвищення загальної ефективності агротехнічного процесу.

Завдання дослідження:

- розробити технологію вирощування картоплі, розрахувати технологічну карту та розробити операційну технологію садіння
- провести критичний аналіз існуючих конструкцій картоплесаджалок та картоплерізок, виявити їхні основні технічні недоліки й обмеження з точки зору якості розрізу бульб і надійності механізмів;
- дослідити особливості втрат посадкового матеріалу під час роботи традиційних картоплерізок: встановити кількісні показники втрат і фактори, що їх зумовлюють;
- розробити конструктивні заходи щодо модернізації ріжучого механізму картоплерізки, зокрема обґрунтувати використання твердосплавних вставок та вдосконалення геометрії ножа для підвищення зносостійкості та якості різку.

Об'єкт дослідження: процес вирощування картоплі з використанням запропонованого комплексу машин.

Предмет дослідження: конструктивні та технологічні заходи модернізації картоплерізки, їх вплив на якість розрізання бульб, зменшення втрат посадкового матеріалу та загальну ефективність розробленої технології вирощування картоплі.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В.Л., **Тригуба А.О.**, Заплетнюк Б.В., Веремій Т.Б., Федорчук А.О., Шевчук О.А. Стан галузі картоплярства в Україні. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія» 11 квітня 2025 року м. Житомир / МОН України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Видавничий центр ЖАТФК України, 2025. С. 106-109.

2. **Тригуба А.О.**, Заплетнюк Б.В. Стан галузі картоплярства в Україні. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 89-92.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблені конструктивні та технологічні рішення можна безпосередньо впровадити в діяльність сільськогосподарських підприємств і приватних господарств для підвищення ефективності вирощування картоплі.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 24 найменування. Загальний обсяг роботи становить 47 сторінок комп'ютерного тексту, містить 2 рисунки і 4 додатки.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ

Картопля в Україні по праву вважається національним овочем. Щорічно промислові господарства виробляють понад 20 млн тонн (рис. 1. 1) цього продукту, але фактичні обсяги ще більші, оскільки до 90 % урожаю вирощують приватні домогосподарства для власного споживання, і ці дані не потрапляють в офіційну статистику [4].

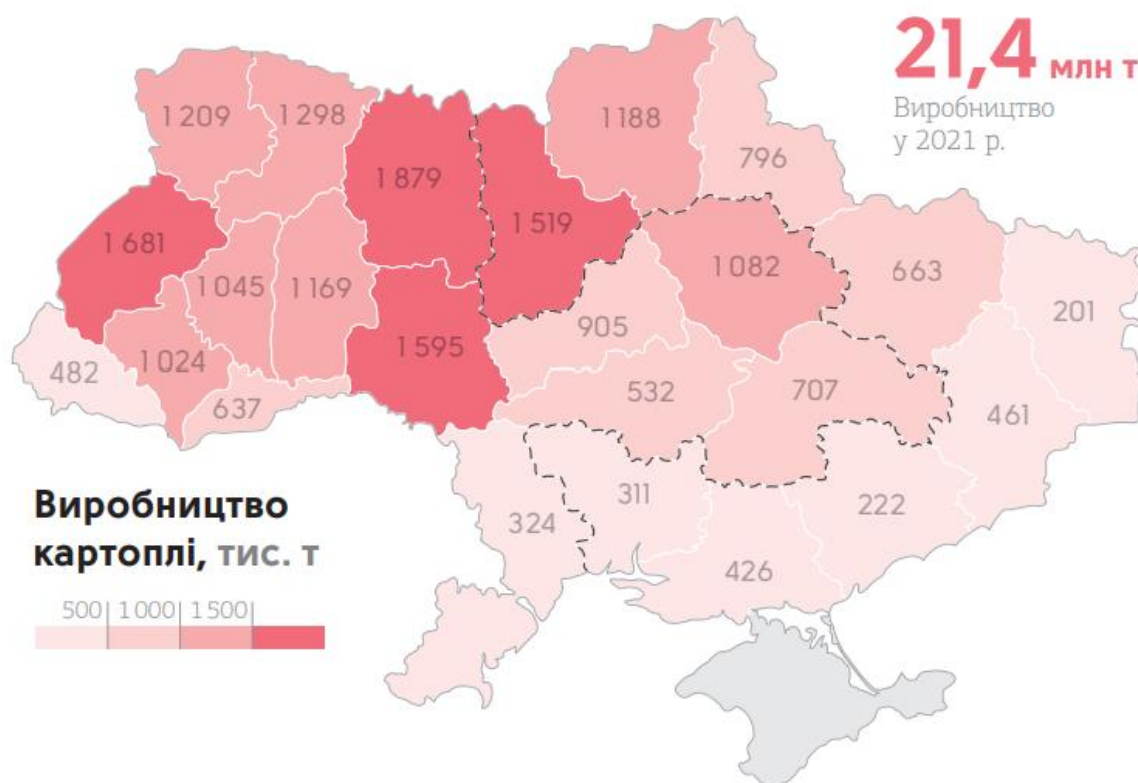


Рис. 1.1. виробництво картоплі в Україні в 2021 році.

Сучасна технологія вирощування картоплі передбачає комплексний підхід до підготовки ґрунту, починаючи з аналізу його фізико-хімічних властивостей та визначення структури агрегатного складу. Перший етап включає розпушування ґрунту на глибину не менше ніж 25–30 см із застосуванням культиваторів із дисковими або лаповими робочими органами.

Наступним кроком є вирівнювання поверхні поля за допомогою борін із пружинними зубами, що забезпечує створення оптимальних умов для формування бульб. Удобрення ґрунту ґрунтується на результатах агрохімічних аналізів, що дозволяє визначити необхідні норми внесення мінеральних речовин. Застосування органічних добрив, таких як гній або компост, сприяє покращенню водно-повітряного режиму та структури ґрунту, що особливо важливо для коренеплодів. Високопродуктивні сеялки з системами точного висіву забезпечують рівномірне розміщення посадкового матеріалу на заданій глибині. Використання ґрунтообробної техніки з GPS-навігацією дозволяє суттєво зменшити перекриття проходів і знизити витрати пального. Сучасні технології передбачають проведення передпосівної обробки насіння протруйниками та стимуляторами росту, що підвищує енергію проростання та імунітет рослин. Завдяки впровадженню інноваційних підходів до внесення добрив і обробки ґрунту, можна значно підвищити врожайність та якість бульб.

Вибір насіннєвого матеріалу є одним із ключових елементів у системі вирощування картоплі. Рекомендується використовувати сертифіковані сорти з високим потенціалом врожайності та стійкістю до хвороб, що відповідають екологічним умовам регіону. Перед висадкою насіннєві бульби піддають калібруванню, відбираючи одиниці однакового розміру та ваги, щоб забезпечити рівномірне формування стеблової системи та кореневої поверхні. Обов'язковим етапом є протруювання насіннєвого матеріалу фунгіцидами та інсектицидами, що дозволяє запобігти поширенню збудників фітофторозу та інших небезпечних патогенів. Від підготовки насіння залежить подальша здатність до утворення потужної кореневої системи та формування бульб необхідних параметрів. Сучасні системи калібрування інколи включають сортувальні установки з автоматизованим регулюванням відсіву зайвого матеріалу. Застосування біопрепаратів для передпосівної обробки бульб сприяє підвищенню природного імунітету рослин та швидшому старту росту. Дотримання всіх технологічних норм підготовки насіннєвого матеріалу

забезпечує отримання здорових, рівномірних рослин, що є передумовою високого врожаю [1-4].

Оптимальні строки посадки картоплі мають вирішальне значення для досягнення високої продуктивності культури. Зазвичай цей процес проводять у період прогрівання ґрунту до температури не менше ніж 8–10 °С на глибині 10–12 см, що створює сприятливі умови для проростання бульб. Пригрунтову глибину регулюють залежно від сорту картоплі та характеристик ґрунту; у легких ґрунтах глибина може досягати 8–10 см, а в важких крупних — 5–7 см. Для реалізації точного розміщення бульб широко використовують машинні роторні та штовхаючі сівалки, обладнані системою регулювання міжряддя та рядків. Застосування мульчувальних плівок і агроволокна дозволяє прискорити прогрів ґрунту, зменшити випаровування вологи та запобігти росту бур'янів на початкових етапах розвитку рослин. Після посадки поле устеляють шаром органічних або агротехнічних матеріалів, наприклад, соломою, щоб зменшити ерозію та зберегти вологу. Регулярний моніторинг стану ґрунту за допомогою портативних приладів або супутникових знімків дає змогу контролювати рівень вологості та своєчасно вносити корекційні дози зрошення чи добрив. Інноваційні системи точного землеробства з GPS-навігацією значно знижують витрати ресурсів і підвищують точність виконуваних операцій, що позитивно позначається на врожайності та якості картоплі [2-7].

Після появи сходів проводять декілька операцій догляду за посівами, серед яких основними є підгортання, розпушування міжрядь та заходи з контролю бур'янів. Перший підгортальний захід здійснюють, коли рослини досягають висоти приблизно 10–12 см, за допомогою спеціальних підгортачів, які формують валики землі біля стеблин, що сприяє стимулюванню розвитку додаткових столонів та забезпечує захист бульб від сонячного опромінення. Наступні підгортання виконують через кожні 15–20 днів, залежно від інтенсивності росту рослин та агротехнічних умов. Розпушування міжрядь проводиться за допомогою культиваторів із пневматичним приводом або пружинними зубами, що дозволяє зберігати вологу в зоні кореневого живлення

та зменшувати ущільнення ґрунту. Для контролю бур'янів застосовують як механічні методи, так і вибіркові гербіциди, що не шкодять культурі. Сучасні технології пропонують системи точного розпилення гербіцидів із врахуванням фази розвитку бур'янів та температурно-вологісних умов. Використання дронів для обстеження посівів допомагає виявити бур'яни на ранніх стадіях та своєчасно застосувати відповідні заходи контролю. Своєчасний догляд та правильне поєднання механічних, хімічних і біологічних методів боротьби з бур'янами забезпечують мінімальні втрати врожаю та покращення якості бульб [9].

Система удобрення картоплі складається з внесення основної дози мінеральних добрив перед посадкою, коригувальних підживлень у період росту та амінокислотно-мінеральних комплексів під час формування бульб. Перш ніж формувати технологічну карту, проводять агрохімічний аналіз ґрунту, що дозволяє визначити рівень азоту, фосфору, калію та мікроелементів. На основі цих даних розраховують необхідну норму внесення мінеральних добрив, враховуючи запас поживних речовин та цільову врожайність. Органічні добрива, такі як перепрілий гній, компост або сидеральні культури, вносять за 2–3 роки до посадки, щоб поліпшити структуру ґрунту та його біологічну активність. Підживлення картоплі азотними добривами здійснюють у фазі 4–6 справжніх листків, щоб підтримати вегетаційний ріст рослин і запобігти хлорозу. У фазі бутонізації прийнято проводити підживлення фосфорно-калійними добривами зі стимуляторами формування бульб, що сприяє збільшенню маси однієї бульби та покращенню лежкості. Новітні комплекси живлення включають також мікродобрива, які розпилюють у вигляді позакореневих підживлень у ранкові або вечірні години. Сучасні технології дозволяють використовувати автоматизовані системи внесення добрив із точним дозуванням через Н-образні форсунки, що забезпечує рівномірний розподіл препарату по всій площі посівів [4-8].

При організації захисту від шкідників і хвороб важливим є застосування інтегрованих методів, що поєднують профілактичні та оперативні заходи.

Система захисту картоплі включає моніторинг поширення збудників фітофторозу, альтернаріозу, парші та нематод за допомогою фітосанітарних станцій і фахівців-агрономів. Використання стійких до хвороб сортів у поєднанні з періодичним висушуванням чи обігрівом насіннєвих бульб створює основу для попередження інфекційних вражень. Хімічний захист реалізується за допомогою сучасних фунгіцидів та інсектицидів із системною та контактною дією, які вносять у превентивній або лікувальній фазі, залежно від рівня інфекційного фону. Система контролю ґрунтових шкідників, як-от колорадський жук, ґрунтується на попередньому обстеженні поля та регулярному обприскуванні на початкових стадіях вегетації. Біологічні методи захисту включають застосування бактеріальних та грибкових біопрепаратів, які пригнічують розвиток патогенів, а також інсектицидних препаратів з біологічним механізмом дії. Додатково використовують агротехнічні прийоми, наприклад, сівозміни, знищення бадилля після збирання та глибоку оранку восени, що зменшує резерват шкідників у ґрунті. Такий комплексний підхід дозволяє знизити хімічне навантаження на довкілля та забезпечити якісне вирощування здорової картоплі [9-12].

Удосконалена система зрошення картоплі полягає у впровадженні крапельного та дощового зрошення з автоматичним контролем вологості ґрунту. Крапельне зрошення здійснюють через підґрунтові або наземні трубопроводи з точковими виводами, що гарантує безперервну подачу води до кореневої зони та значно зменшує випаровування. Дощове зрошення реалізується мобільними дождевателями, обладнаними сенсорами вологості, які активуються за необхідності. Сучасні системи управління зрошенням інтегрують дані метеостанцій та супутникові знімки, що дає змогу прогнозувати потребу культури у воді з урахуванням прогнозу погоди. Забезпечення оптимального водного режиму є критично важливим для формування великої кількості бульб та їх якісних показників, тому системи зрошення програмують на виплати води з урахуванням фенофаз рослин. Водночас запобігання перезволоженню досягається дренажними системами, що

відводять надлишкову воду з кореневої зони. Ефективність зрошення підвищується завдяки обробці насіння та ґрунту гідрогелевими супутками, які тривалий час утримують вологу біля коренів. Використання передових технологій дозволяє мінімізувати стресові для рослини умови та отримувати стабільні врожаї навіть за змін клімату [10-14].

У процесі формування технологічної карти вирощування картоплі важливо врахувати сівозміну, щоб знизити накопичення збудників хвороб та шкідників у ґрунті. Картопля найкраще вирощується після зернових чи бобових культур, що сприяє відновленню родючості ґрунту та зменшенню шкідників. Після збору попередньої культури поле піддають зеленому добриву або глибокому закладенню рослинних решток, які прискорюють мінералізацію органічної маси. Організація технологічної карти починається з розробки графіка виконання польових робіт, де визначені строки обробітку ґрунту, посадки, догляду, зрошення та збору урожаю. Кожен етап планується за календарними строками з урахуванням кліматичних умов та особливостей сорту картоплі. У технологічну карту включають інформацію про види техніки, норми витрат матеріалів, час виконання робіт та обсяг людських ресурсів. Для кожної операції вказують нормативні витрати праці та витратні матеріали, що забезпечує точне планування бюджету виробництва. Такий підхід до розробки технологічної карти дозволяє оптимізувати ресурси та забезпечити своєчасне виконання всіх агротехнічних заходів [13-18].

Збір картоплі проводять із застосуванням автоматизованих копачів та складувальних комплексів, що забезпечують мінімальні механічні пошкодження бульб. У період оптимальної вологості ґрунту збиральні машини з лемешними або віброплотовими робочими органами піднімають бульби разом із грудками ґрунту, які потім відділяються на вібраційних решітках. Нові технології включають використання GPS-супутникового позиціонування, що дозволяє точно координувати рух машин і зменшити втрати продукції. Після підйому бульби транспортують на поле сортування, де видаляють пошкоджені чи уражені інфекціями екземпляри, що є запорукою високої якості посадкового

матеріалу та товарної продукції. Застосування інфрачервоних сортувальних ліній дає змогу автоматично визначати рівень механічних пошкоджень та прискорює процедуру відбраковування. Сучасні системи дозволяють сортувати бульби за розмірами, вагою та вмістом крохмалю, що важливо для різних напрямків використання картоплі. Скорочення часу перебування бульб на відкритому повітрі в період збору допомагає мінімізувати втрати вологи та зберегти їх якість. Інтеграція автоматизованих комплексів для збирання та первинного сортування сприяє підвищенню ефективності й економічності процесу [3, 4, 11-13].

Після збору бульби поміщають у спеціальні системи попереднього охолодження, які забезпечують поступове зниження температури до оптимальної для зберігання 4–6 °С. Використовують камерні ангарні установки з регульованим мікрокліматом, що дають змогу підтримувати відносну вологість повітря на рівні 90–95 %. Системи вентиляції спрямовані на рівномірний розподіл охолодженого повітря, запобігаючи утворенню гарячих точок та конденсації вологи. Перед закладкою на довготривале зберігання бульби проводять калібрувальну сортування ще раз, відокремлюючи продукт за габаритами та якістю шкіри, що впливає на лежкість. Сучасні холодильні установки обладнані системами автоматичного моніторингу температури та вологості, а також аварійним живленням, що дозволяє зберігати картоплю протягом усього сезону без значних втрат. Периферійні системи контролю в режимі онлайн видають попередження у разі відхилення параметрів від заданих значень, що дозволяє оперативно корегувати умови. Табірне зберігання картоплі на складах із водяним охолодженням і сучасними стелажми забезпечує рівномірне охолодження та створює мінімальне механічне пошкодження бульб під час їх відбору. Такий підхід до зберігання гарантує отримання високоякісного насіннєвого матеріалу та товарної картоплі, відповідаючи вимогам ринку [2].

Впровадження цифрових технологій у моніторинг посівів включає використання безпілотних літальних апаратів та супутникових знімків із

високою роздільною здатністю. Дрони обладнані мультиспектральними та тепловізійними камерами, які дозволяють визначати стан рослин, вологість ґрунту та розвиток захворювань ще до появи видимих симптомів. Використання спеціалізованих програмних комплексів допомагає обробляти великі обсяги даних, автоматично створюючи карти зонального розподілу полів за рівнем здоров'я культур та родючістю ґрунту. На основі цих даних агрономи можуть коригувати норми внесення добрив, а також планувати заходи з контролю шкідників та хвороб у режимі реального часу. Системи точного землеробства дозволяють інтегрувати карти врожайності з даними про ґрунтові властивості, що сприяє оптимізації ресурсів та підвищенню економічної ефективності виробництва. Застосування мобільних додатків для збору польових даних агрономами на місці спрощує документообіг та прискорює прийняття управлінських рішень. Створення єдиної інформаційної платформи для аграріїв, яка об'єднує дані моніторингу, прогнози погоди та картографічну інформацію, постійно вдосконалюється та адаптується до потреб виробництва. Такий комплексний підхід дозволяє своєчасно реагувати на зміни агрокліматичних умов та мінімізувати ризики втрат врожаю [7, 8, 12, 15].

Розробка технологічної карти вирощування картоплі ґрунтується на статистичному аналізі попередніх урожаїв, результати якого використовуються для оцінки потреби у ресурсах. Етап підготовки технологічної карти включає визначення переліку польових робіт, їх послідовності, строки виконання та відповідальності за кожний етап. Для кожної операції встановлюють норму витрат пального, часу та матеріалів, що дозволяє спланувати виробничий бюджет та уникнути непередбачених витрат. В технологічну карту також вносять інформацію про технічний стан машинно-тракторного парку та потребу в сервісному обслуговуванні, що забезпечує безперебійну роботу впродовж вегетаційного сезону. У розрахунках враховують вплив кліматичних факторів, наприклад, кількість опадів та середньодобові температури, що впливають на строки проведення операцій. Сучасні програмні додатки дозволяють інтегрувати технологічні карти з GPS-обладнанням техніки, автоматично

формуючи маршрутні листи для операторів. Це суттєво знижує ризик помилок та підвищує продуктивність праці. Крім того, технологічна карта є основою для навчання нових працівників, оскільки містить вичерпну інформацію про послідовність та особливості виконання заходів вирощування [3].

Контроль виконання технологічної карти здійснюють шляхом регулярних звітів про виконані роботи, які вносяться в електронну базу даних господарства. Кожний оператор заповнює маршрутні листи з інформацією про фактичні витрати пального, тривалість роботи та отриманий результат, що дозволяє згодом порівняти планові показники з реальними. Використання ERP-систем для аграрного виробництва забезпечує інтеграцію даних із бухгалтерією, складським обліком та фінансовим плануванням, що сприяє прозорості управління. На основі даних контролю проводять коригування технологічної карти в режимі реального часу, якщо виникають несприятливі погодні умови чи технічні неполадки. Наприклад, за нестачі опадів у фазі бульбонакопичення можуть коригувати строки зрошення чи внести позакореневе підживлення суперфосфатом. Звіти про виконання робіт формують основу для аналізу ефективності виробництва та корекції стратегії наступних сезонів. Додатково проводять огляди техніки та інструктажі працівників перед кожним новим циклом польових робіт, що дозволяє зменшити ризик аварій і простоїв. Такий контроль забезпечує максимальну віддачу від впроваджених технологій та знижує економічні втрати при вирощуванні картоплі [1, 6, 9].

У сучасних господарствах значна увага приділяється забезпеченню сталого розвитку та енергоефективності. Використання техніки з альтернативними джерелами пального, зокрема біодизелем, дозволяє знизити викиди шкідливих речовин та покращити екологічний стан поля. Системи рекуперації енергії на тракторах та комбайнах сприяють заощадженню пального під час руху техніки на великих напрямках. Інноваційні заходи із збереження ґрунтів, такі як мінімальний обробіток та використання агроволокна, зменшують ерозійні процеси та втрати органічної речовини.

Стійке використання ресурсів передбачає також впровадження ротації культур, де картопля може чергуватись з бобовими або зерновими, що сприяє самовідновленню родючості ґрунту. Використання енергоефективних сушарок для обробки насіннєвих бульб після збору мінімізує витрати електроенергії. Паралельно реалізуються проекти з генерації енергії з відновлюваних джерел на базі сонячних панелей та вітряних установок для забезпечення роботи холодильних камер на складах. Застосування систем «розумної ферми», які синхронізують всі процеси від посіву до зберігання у єдину мережу управління, сприяє раціональному використанню ресурсів та підвищує загальну ефективність виробництва картоплі [7, 12, 14].

У висновку слід зазначити, що сучасна технологія вирощування картоплі ґрунтується на точному землеробстві, інтегрованому захисті від шкідників і хвороб, автоматизованому моніторингу посівів та оптимізації ресурсів. Розрахунок технологічної карти є основою для планування всіх агротехнічних заходів та забезпечення своєчасності їх виконання. Використання цифрових платформ і систем управління дозволяє зменшити витрати виробництва та підвищити його продуктивність. Наступним кроком має стати впровадження машин із автономними системами управління, які дозволять знизити участь людини в рутинних процесах. Постійне вдосконалення технологій обробітку ґрунту, зрошення та удобрення забезпечує отримання стабільних і високоякісних врожаїв. Застосування екологічно чистих методів і альтернативних джерел енергії сприятиме сталому розвитку аграрного сектору. Такий комплексний підхід до вирощування картоплі стане запорукою успішного та конкурентоспроможного виробництва [18].

Розрахунок технологічної карти виконуємо за стандартною методикою і відображаємо в аркуші 1 графічної частини.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Обґрунтування конструктивного рішення

На сучасному етапі розвитку картоплярства одним із ефективних методів, що дозволяє раціональніше використовувати потенціал великих бульб, підвищувати відсоток придатних вічок і водночас зменшувати обсяг посадкового матеріалу, є розрізання бульб на частини [1-4].

За підсумками численних досліджень і польових випробувань підтверджено, що всі отримані частини бульб дають однаково повноцінний урожай. При цьому як поздовжнє розрізання вздовж осі бульби, так і розріз упоперек забезпечують майже однакові показники продуктивності. Однак нарізані упоперек та вздовж частини набувають овально-кубічної форми, що краще відповідає технічним вимогам сучасних картоплесаджалок. Якщо ж потрібно отримати лише дві частини, напрямок розрізу може бути довільним [1-4].

Підвищені врожаї при застосуванні розрізаних бульб пояснюються тим, що розтин стимулює пробудження сплячих бруньок і призводить до збільшення кількості проростків на одне вічко. Таким чином, при розрізанні кожна здорова вічко має більше простору для розвитку, і з нього виростають потужніші та швидкорослі пагони, які краще використовують сприятливі умови навколишнього середовища [3].

Після розрізання бульби необхідно провести їх обробку, щоб уникнути інфікування та гниття відкритих зрізів. Для цього використовують дезінфікуючі засоби та стимулятори загоєння, які наносять на свіжі зрізи. Перед нарізанням бульби обов'язково миють, щоб видалити ґрунт та можливі збудники захворювань.

Найсприятливішим періодом для нарізання з подальшою хімічною обробкою є лютий: за таких умов середня врожайність становить 326 ц/га.

Якщо ж різання здійснюють безпосередньо в день висаджування — навіть при наявності обробки, урожайність знижується до 275 ц/га [4, 17].

Для нарізання бульб на частини застосовують різні конструкції машин, проте в промисловості наразі не виробляють серійних моделей. Тож у господарствах для цієї операції використовували саморобні пристрої, виготовлені безпосередньо на місцях.

Зокрема, одна з таких машин — бульборізка, адаптована до картоплесортувальної лінії КСП-15. Вона монтувалася під сортувальним столом та мала власну фіксовану платформу, яка подрібнювала бульби. Конструкція бульборізки складається з рами та ріжучого механізму, у якому дві пари транспортерів формують конусоподібний жолоб, а внизу жолоба закріплений ніж, що й здійснює розрізання бульб [1, 14].

Картопля потрапляє у спеціальний жолоб, де рухомі транспортери затискають її та просувають до встановленого ножа, який розрізає бульбу на частини. Головними недоліками такої бульборізки є її складна конструкція та ймовірність пошкодження бульб під час захоплення транспортерами.

У багатьох господарствах для спрощення процесу запропонували альтернативну схему картоплерізки. Вона складається з приймального бункера для завантаження бульб, двох пневматичних балонів (походженням від картоплезбирального комбайна ККУ-2А або валкоутворювача УКВ-2), які обертаються назустріч одне одному, та ножа, розміщеного між цими балонами. Роторний рух балонів забезпечується електродвигуном, що значно спрощує конструкцію й зменшує ризик травмування картоплі.

Технологія роботи картоплерізки полягає в наступному. Великі бульби подають із сортувальної лінії або транспортера-завантажувача ТЗК-30 у приймальний бункер. Там вони захоплюються двома обертовими балонами та проштовхуються через лезо ножа, яке розрізає кожну картоплину навпіл. Отримані половинки спускаються по похилому ролику на конвеєр, а з нього потрапляють у завантажувач саджалок, щоб одразу того ж дня бути відправленими в поле для висадки. Основним недоліком цієї конструкції є

недостатня точність нарізки: через невисоку жорсткість затискних балонів і велику довжину ножа частини бульб розрізаються неякісно.

Щоб покращити якість розрізання бульб у картоплерізці з двома балонами, потрібно посилити їх жорсткість і скоротити довжину ножа. Якщо цього не зробити, під час одночасного проходження поруч двох бульб різного розміру більша бульба сильніше деформує балони, створюючи значний зазор між ними та ножем. У цей проміжок потрапляє менша бульба і розрізається нерівномірно — часто зрізається лише тонка оболонка. Крім того, довгий ніж під час роботи згинається, що ще більше збільшує зазор між ножем і балонами, внаслідок чого бульби ріжуться на неоднакові частини, а якість процесу знижується.

3.2. Конструкція та принцип роботи удосконаленої картоплерізки

Поліпшення існуючих моделей картоплерізок досягнуто за рахунок посилення жорсткості балонів і укорочення ножа.

Удосконалена бульборізка (див. лист 2 графічного додатку) складається з армованих балонів 1 від картоплезбирального комбайна ККУ-2 та ножа 2, який закріплений на рамі 3. До тієї ж рами за допомогою рамки 4 приєднано приймальний бункер 5. Обертання робочих елементів забезпечує електродвигун через редуктор і ланцюгову передачу.

Балони мають особливу конструкцію: усередині кожного вмонтовуються диски 2 (лист 3), які розділяють його на окремі секції. У бункері встановлені ребра, що формують ці секції як окремі котки. Між балонами змонтований ніж 2 (лист 4), який фактично складається з кількох окремих лез. Каркас ножа виконаний у вигляді трубчастої квадратної балочки, у стояках якої закріплені окремі леза. Щоб підвищити жорсткість ножа, в зоні кожного диска встановлено проміжну опору 4, яка поділяє ніж на автономні ділянки. Таким чином формується вісім незалежних котків, обмежених ребрами бункера. Завдяки цьому при роботі кожна ділянка балона розрізає бульбу самостійно, і

навіть за наявності зазору між ножом і балоном процес різання не порушується. В результаті досягається рівномірне та якісне поділ бульб на рівні частини.

Під час роботи картоплерізки бульби плавно подаються у бункер за допомогою транспортера-завантажувача ТЗК-30. Усередині бункера вони розподіляються ребрами по окремих каналах і потрапляють до двох балонів, що обертаються назустріч один одному. Захоплена між балонами бульба проходить через ніж, який розрізає її на дві частини, переважно вздовж довгої осі. Після поділу розрізані бульби можуть падати в спеціальний збірник, звідки їх вручну завантажують у транспортний засіб, або ж за допомогою другого транспортера ТЗК-30 відразу подавати в автомобіль.

2.3. Обґрунтування параметрів удосконаленої картоплерізки

2.3.1. Розрахунок технологічних параметрів

Спершу слід визначити продуктивність картоплерізки, яка б відповідала нашому способу висаджування. Інакше кажучи, вона має перевищувати показники картоплесаджалки. Посадку бульб ми проводимо за допомогою картоплесаджалки КСМ-4, продуктивність якої становить 1,5 га/год. При відстані між рядами 70 см і кроку висаджування 30 см на 1 га необхідно розмістити:

$$n = \frac{S_{za}}{b \cdot a}, \quad (2.1)$$

де n – кількість картоплин на 1 гектар;

S_{za} – площа гектару, $S_{za} = 10000 \text{ м}^2$;

b – міжряддя, м;

a – відстань між бульбами в ряду, м.

Звідки:

$$n = \frac{10000}{0,7 \cdot 0,3} = 47619 \text{ шт.}$$

Беремо до уваги, що середня маса бульби перед розрізанням становить 150 г, аби отримати частину посадкового матеріалу вагою 75 г. Виходячи з цього, для посадки одного гектара картоплі потрібно 3,571 т картоплі. У зв'язку з цим продуктивність картоплерізки повинна бути:

$$W_{кар} = W_{сад} \cdot G, \quad (2.2)$$

де $W_{кар}$ – пропускна здатність апарата для розрізання бульб картоплі, т/год;

$W_{сад}$ – пропускна здатність машини для висаджування картоплі, т/год;

G – маса картоплі, призначена для посадки на гектар, т;

$$W_{кар} = 1,5 \cdot 3,571 = 5,375 \text{ т/год.}$$

Припускаємо, що апарат для розрізання бульб повинен працювати з продуктивністю 5,5 т/год. Його здатність обробляти картоплю напряду залежить від частоти обертання балонів, які захоплюють бульби.

За конструктивними параметрами одночасно можуть різатися вісім бульб, розташованих у відповідних лотках. Оскільки кожен бульбу ділимо навпіл, для обробки площі в один гектар потрібно розрізати 23 809 бульб, тобто за годину — 35 714 штук. Прийmemo, що фактично за 60 хвилин необхідно розрізати 36 000 бульб масою 150 г кожна. Розрахуємо тривалість одного циклу, тобто часу, який потрібен для одночасного розрізання восьми бульб:

$$t_{цикл} = \frac{3600 \cdot n_u}{n_o}, \quad (2.3)$$

де n_u – число бульб, розрізаних за один цикл, шт.;

n_o – обсяг бульб, що має бути розрізаною бульборізкою за годину, шт.;

$$t_{цикл} = \frac{3600 \cdot 8}{36000} = 0,8 \text{ с.}$$

За один цикл потрібно розрізати одну бульбу, середня довжина лінії різання якої дорівнює 0,05 м, отже:

$$V_{\text{л}} = \frac{l_{\text{б}}}{t_{\text{цикл}}}, \quad (2.4)$$

де $V_{\text{л}}$ – швидкість переміщення зовнішньої поверхні балона, м/с;

$l_{\text{б}}$ – протяжність лінії розрізу однієї картоплини, $l_{\text{б}} = 0,05$ м;

$$V_{\text{л}} = \frac{0,05}{0,8} = 0,0625 \text{ м/с.}$$

Отже, швидкість обертання балона має бути::

$$\omega = \frac{V_{\text{л}}}{R}, \quad (2.5)$$

де R – радіус балона, $R = 0,15$ м;

$$\omega = \frac{0,0625}{0,15} = 0,413 \text{ рад/с;}$$

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 0,413}{3,14} = 3,04 \text{ об/хв.}$$

Беручи до уваги, що операція захоплення, утримання й нарізання бульби ножом може відбуватися із перервами, аби підтримати потрібну продуктивність, встановлюємо оберти на рівні $n = 10$ об/хв. У такому разі кутова швидкість становить $\omega = 1,05$ рад/с, а лінійна швидкість поверхні балона — $V_{\text{л}} = 0,16$ м/с.

Ці параметри забезпечують вихідну продуктивність картоплерізки в 5,5 т/год.

2.3.2. Визначення зусилля різання та вибір електродвигуна з редуктором

Питомий опір при розрізанні бульб складає 6 Н/см. Припустимо, що одночасно ми обробляємо бульби сумарною довжиною 1 м. Тоді:

$$P_{\text{різ}} = l_{\text{різ}} \cdot g_{\text{різ}}, \quad (2.6)$$

де $P_{\text{різ}}$ – загальне зусилля, необхідне для розрізання, Н;

$l_{\text{різ}}$ – довжина різання, м;

$g_{різ}$ – характеристика опору, що витрачається на розрізання одного сантиметра бульби, Н/м;

$$P_{різ} = 1 \cdot 600 = 600 \text{ Н.}$$

Щоб забезпечити розрізання, потрібно створити достатню силу тертя між бульбою та балоном, щоб протягнути бульбу через ніж. Тобто має виконуватися умова:

$$P_{різ} \leq 2F_{тер}, \quad (2.7)$$

де $F_{тер}$ – опір тертя між картоплиною й обичайкою балона, Н.

Відповідно, сила тертя розраховується як:

$$F_{тер} = f \cdot N, \quad (2.8)$$

де f – коефіцієнт тертя між бульбою та гумовою поверхнею балона, $f = 0,5$ [12];

N – перпендикулярна сила, яку деформований балон передає на бульбу, Н.

Перпендикулярна сила дорівнюватиме:

$$N = p \cdot S_{кон}, \quad (2.9)$$

де p – тиск стисненого повітря всередині балона, $p = 0,13$ МПа [15];

$S_{кон}$ – площа поверхневого контакту між балоном та бульбою.

За допомогою рівнянь (2.7), (2.8) і (2.9) обчислимо площу контакту:

$$S_{кон} = \frac{P_{різ}}{2 \cdot f \cdot p} = \frac{42}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,13 \cdot 10^6} = 3,23 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 3,23 \text{ см}^2$$

$P_{різ}$ визначають, виходячи з того, що середня довжина бульби становить 7 см, отже розріз відбувається саме на цій ділянці. Відповідно до габаритів бульби, площу контакту приймаємо рівною 6 см². Тоді сила, що діє на одну бульбу, становитиме:

$$P_{\delta} = S_{кон} \cdot g \cdot P = 6 \cdot 10^{-4} \cdot 0,13 \cdot 10^6 = 78 \text{ Н.}$$

У цьому випадку необхідно, щоб умова була дотримана:

$$P_0 < [P], \quad (2.10)$$

де $[P]$ – максимальна сила, яка призводить до руйнування бульби, дорівнює $[P] = 190 \text{ Н}$.

Отже, умова (2.10) задовольняється. Обертовий момент під час обертання балонів становитиме:

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{різ}} + M_{\text{дор}}, \quad (2.11)$$

де $M_{\text{різ}}$ – момент сили, що виникає під час різання, Нм;

$M_{\text{дор}}$ – не було враховано крутний момент, що виникає через інерцію обертання балона та дію сили тертя, Н·м.

Звідки:

$$M_{\text{заг}} = 600 \cdot 0,151 + 100 = 190,6 \text{ Нм}.$$

Отже, для забезпечення обертання балона з частотою $n = 10 \text{ об/хв}$. ($\omega = 1,05 \text{ рад/с}$) необхідно створити крутний момент $M = 190,6 \text{ Нм}$.

Виходячи з цих показників, виконаємо підбір електродвигуна та редуктора, а також розрахунок передаточного відношення ланцюгової передачі. Далі обчислимо потужність, необхідну для приводу балонів:

$$P_{\text{вих}} = M_{\text{дон}} \cdot \omega = 190,6 \cdot 1,05 = 200 \text{ Вт} = 0,2 \text{ кВт}.$$

Отже, необхідна потужність електродвигуна становитиме:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{вих}}}{\eta_{\text{заг}}}, \quad (2.12)$$

де $\eta_{\text{заг}}$ – комплексний показник ефективності:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{л}}, \quad (2.13)$$

де $\eta_{\text{ред}}$ – ККД редуктора;

$\eta_{\text{л}}$ – ККД ланцюгової передачі;

$$\eta_{\text{заг}} = 0,85 \cdot 0,92 = 0,782,$$

$$P_{\text{дв}} = \frac{0,2}{0,782} = 0,25 \text{ кВт.}$$

Отже, обираємо електродвигун моделі 71В8, для якого $n_{\text{дв}} = 680 \text{ об/хв.}$, $P_{\text{дв}} = 0,25 \text{ кВт.}$

Варто встановити загальне передавне відношення як:

$$i_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n} = \frac{680}{10} = 68.$$

Обираємо редуктор моделі Ц2Н-450 з такими технічними характеристиками $i_{\text{ред}} = 40$, $M_{\text{кр}} = 29 \text{ кНм.}$

Таким чином, коефіцієнт передачі ланцюгової передачі становитиме:

$$i_{\text{л}} = \frac{i_{\text{заг}}}{i_{\text{ред}}} = \frac{68}{40} = 1,7.$$

Таким чином момент, що діє на вихідному (повільному) валу редуктора, складатиме:

$$M_{\text{крт}} = \frac{M_{\text{заг}}}{i_{\text{л}}} = \frac{190,6}{1,7} = 112,1 \text{ Нм.}$$

Крутний момент на тихохідному валу редуктора виявляється меншим за допустиме значення, отже вибраний редуктор задовольняє вимоги до роботи картоплерізки.

2.3.3. Розрахунок валів балонів

На вал діють такі сили (рис. 3.1): рівномірне навантаження від взаємодії з бульбами $g = 600 \text{ Н/м}$; вага балона $G_{\text{сум}} = 500 \text{ Н}$; а також крутний момент $M_{\text{кр}} = 190,6 \text{ Н·м}$.

Мета розрахунку — визначити діаметр вала в найбільш критичному перерізі за формулою::

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_{\text{екв}}}{[\delta_{32}]}} \quad (2.14)$$

де $M_{екв}$ – приведений крутний момент, прикладений до вала, Нм;

$[\delta_{32}]$ – максимально допустиме напруження при згинальних навантаженнях, МПа.

Визначимо приведений момент, побудувавши епюри згинальних і крутних моментів, що діють на вал.

Дослідимо площу ХОУ і визначимо реакції R_A^1 R_B^1 .

Приймемо, що рівняння рівноваги для сил і моментів виконуються, а саме:

$$\begin{cases} \sum P_y = 0, \\ \sum M_{By} = 0. \end{cases} \quad (2.15)$$

Звідки

$$\sum P_y = P_l \cdot \cos \alpha - q \cdot l_2 + R_A^1 + R_B^1 = 0, \quad (2.16)$$

$$\sum M_{By} = P \cos \alpha \cdot (l + l_3) + R_A^1 \cdot l - q \cdot l_2 \cdot \frac{l}{2} = 0. \quad (2.17)$$

З виразу (2.17) встановимо R_A^1 :

$$\begin{aligned} R_A^1 &= \frac{q \cdot l_2 \cdot l / 2 - P \cdot \cos \alpha \cdot (l + l_3)}{l} = \\ &= \frac{600 \cdot 1,1 \cdot 1,35 / 2 - 1463 \cdot \cos 30^\circ \cdot (1,35 + 0,1)}{1,35} = -1030,8 \text{ Н} \end{aligned}$$

Негативний знак свідчить про те, що вектор реакції R_A^1 спрямований у бік, протилежний тому, що показано на рисунку.

Тому, виходячи з рівняння (2.16):

$$R_B^1 = q \cdot l_2 - P_l \cdot \cos \alpha - R_A^1 = 600 \cdot 1,1 - 1463 \cdot \cos 30^\circ + 1030,8 = 423,8 \text{ Н}.$$

Епюру згинальних моментів у площині ХОУ будемо шляхом розрахунку значень відповідного моменту в характерних перерізах 1–6 (див. рис. 2.1).

Перетин 1.

$$M_{y1} = 0$$

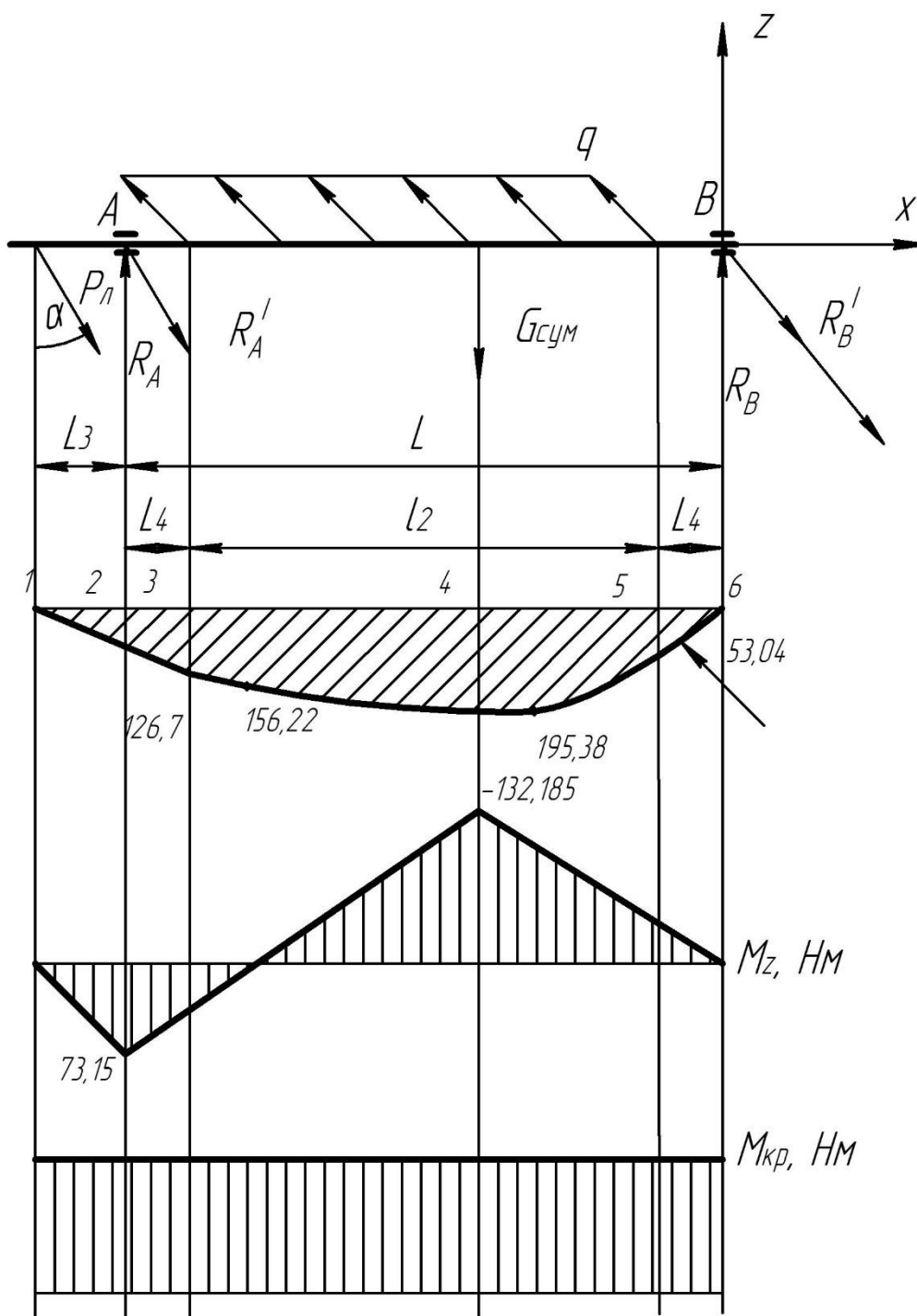


Рис. 2.1. Схематичне зображення сил, що діють на балку, та побудова епюр згинальних і крутних моментів.

Перетин 2.

$$M_{y2} = P_1 \cdot \cos \alpha \cdot l_3 = 1463 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,1 = 126,7 \text{ Н.}$$

Перетин 3.

$$M_{y3} = P_1 \cdot \cos \alpha \cdot (l_3 + l_4) - R_A^1 \cdot l_4 = 1463 \cdot \cos 30^\circ (0,1 + 0,125) - 1030,8 \cdot 0,125 = 156,22 \text{ Нм}.$$

Перетин 4.

$$\begin{aligned} M_{y4} &= P_1 \cdot \cos \alpha \cdot (l_3 + l_4 + \frac{l}{2}) - R_A^1 \cdot (l_4 + \frac{l_2}{2}) - q \cdot \frac{l_2^2}{8} = \\ &= 1463 \cdot \cos 30^\circ (0,1 + 0,125 + \frac{1,1}{2}) - 1030,8 \cdot (0,125 + \frac{1,1}{2}) - 600 \cdot \frac{1,2^2}{8} = 195,38 \text{ Нм} \end{aligned}$$

Перетин 5.

$$\begin{aligned} M_{y5} &= P_1 \cdot \cos \alpha \cdot (l_3 + l_4 + l_2) - R_A^1 \cdot (l_4 + l_2) - q \cdot l_2 \cdot \frac{l_2}{2} = \\ &= 1463 \cdot \cos 30^\circ (0,1 + 0,125 + 1,1) - 1030,8 \cdot (0,125 + 1,1) - 600 \cdot 1,1 \cdot \frac{1,2}{8} = 53,04 \text{ Нм} \end{aligned}$$

У ділянці, що відповідає перерізу 6, згинального моменту не виникає.

$$\begin{aligned} M_{y6} &= P_1 \cdot \cos \alpha \cdot (l_3 + l) - R_A^1 \cdot l - q \cdot l_2 \cdot (\frac{l_2}{2} + l_4) = \\ &= 1463 \cdot \cos 30^\circ \cdot (0,1 + 1,35) - 1030,8 \cdot 1,35 - 600 \cdot 1,1 \cdot (\frac{1,1}{2} + 0,125) = 0 \end{aligned}$$

Таким чином, графік згинальних моментів складено вірно. Аналогічні побудови згинальних моментів виконаємо в площині ZOХ. Наступним кроком обчислимо реакції R_A і R_B . При цьому необхідно врахувати, що векторна сума всіх сил, які діють на вал у вказаній площині, дорівнює нулю:

$$\sum P_2 = 0 \quad P_l \cdot \sin \alpha + G_{\text{сум}} - R_A - R_B = 0; \quad (3.18)$$

$$\sum M_{zB} = 0 \quad P_l \cdot \sin \alpha \cdot (l_3 + l) + G_{\text{сум}} \cdot \frac{1}{2} - R_A \cdot l = 0. \quad (3.19)$$

З виразу (2.19) встановлюємо R_A .

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{P_l \cdot \sin \alpha \cdot (l_3 + l) + G_{\text{сум}} \cdot l / 2}{l} = \\ &= \frac{1463 \cdot \sin 30^\circ \cdot (0,1 + 1,35) + 500 \cdot 1,35 / 2}{1,35} = 1035,7 \text{ Н}. \end{aligned}$$

З виразу (2.18) встановлюємо R_B .

$$R_B = P_l \cdot \sin \alpha + G_{\text{сум}} - R_A = 1463 \cdot \sin 30^\circ + 500 - 1035,7 = 195,8 \text{ Н.}$$

Спершу обчислимо значення згинальних моментів у характерних перерізах 1, 2, 3, 4, 5 і 6 (рис. 2.1), а потім за отриманими даними побудуємо епюру згинальних моментів у площині ZOX.

Перетин 1.

$$M_{Z1} = 0$$

Перетин 2.

$$M_{Z2} = P_1 \cdot \sin \alpha \cdot l_3 = 1463 \cdot \sin 30^\circ \cdot 0,1 = 73,15 \text{ Н.}$$

Перетин 4.

$$\begin{aligned} M_{Z4} &= P_l \cdot \sin \alpha \cdot (l_3 + l/2) - R_A \cdot l/2 = \\ &= 1463 \cdot \sin 30^\circ \cdot (0,1 + 1,35/2) - 1030,8 \cdot 1,35/2 = -132,185 \text{ Нм.} \end{aligned}$$

У ділянці 6 у цій площині згинальний момент дорівнює нулю..

$$\begin{aligned} M_{Z6} &= P_l \cdot \sin \alpha \cdot (l_3 + l) - R_A \cdot l + G \cdot \frac{l}{2} = \\ &= 1463 \cdot \sin 30^\circ \cdot (0,1 + 1,35) - 1030,8 \cdot 1,35 + 500 \cdot 1,35/2 = 0 \end{aligned}$$

Отже, у цій площині епюру складено вірно.

Найбільшу небезпеку становить четвертий перетин, у якому: $M_y = 195,38$ Нм, $M_z = 132,185$ Нм, $M_{кр} = 190,6$ Нм.

Для цього перерізу загальна величина згинального моменту складе:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} = \sqrt{195,38^2 + 132,185^2} = 235,9 \text{ Нм.}$$

Виконуємо розрахунок вала за третьою теорією міцності. Тому еквівалентний (приведений) момент $M_{\text{екв}}$ визначаємо за наведеною формулою:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{\Sigma}^2 + M_{кр}^2} = \sqrt{235,9^2 + 190,6^2} = 303,2 \text{ Нм.}$$

Таким чином, діаметр вала визначаємо за формулою (2.14), беручи до уваги, що допустимий згинальний момент для сталі 45 становить $[\delta_{зг}] = 90$ МПа.

Звітки:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 303,2}{90 \cdot 10^6}} = 0,032 \text{ м} = 32 \text{ мм}.$$

Беремо за основу вал із діаметром 40 мм, що забезпечує необхідний запас міцності, при цьому в зоні кріплення зірочки діаметр зменшується до 30 мм.

Існуючі картоплерізки через недосконалість ріжучого механізму під час роботи нерівномірно розрізають бульби, утворюючи дві суттєво різні за розміром частини, що спричиняє близько 8 % втрат посадкового матеріалу.

Було вдосконалено конструкцію ріжучого апарата, завдяки чому якість розрізання бульб покращилась і втрати посадкового матеріалу скоротилися приблизно на 3 %.

Встановлені ключові конструктивно-технологічні характеристики нової картоплерізки: продуктивність для забезпечення безперервного садіння — 5,5 т/год; швидкість обертання затискних барабанів — 10 об/хв при діаметрі 300 мм; крутний момент на приводному валу барабанів становить 190,6 Н·м; діаметр валу кріплення барабанів — 40 мм.

РОЗДІЛ 3

ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ САДІННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЇ САДІННЯ

Операційна технологія садіння є важливим етапом при вирощуванні багатьох сільськогосподарських культур, оскільки від якості виконання цієї операції залежить рівномірність розміщення насіння та подальший розвиток рослин. Агрегат у складі трактора МТЗ-80 та картоплесаджалки КСМ-4 широко використовується для проведення садіння картоплі, завдяки своїй надійності та універсальності. МТЗ-80 забезпечує достатню тягову потужність для роботи з різноманітними причіпними та навісними сільськогосподарськими агрегатами. При цьому картоплесаджалка КСМ-4 призначена для формування ліній рядів та рівномірного загортання бульб у ґрунт. Операційна технологія передбачає послідовне виконання підготовчих, технологічних та завершальних етапів, які забезпечують отримання оптимального результату. Розробка такої технології базується на характеристиках трактора, технічних можливостях саджалки, агрокліматичних умовах та якісних характеристиках ґрунту. Важливо врахувати всі елементи налаштування обладнання та особливості поля для мінімізації втрат посадкового матеріалу та отримання високої продуктивності. Зокрема, оперативне регулювання глибини посадки, швидкості руху та інших параметрів є ключовим чинником успішного виконання операції. Дотримання технологічних норм та рекомендацій щодо роботи агрегату сприяє зниженню витрат пального, підвищенню ресурсу техніки та зменшенню витрат праці. Детальний аналіз доступної інформації дозволяє виокремити оптимальні показники роботи та методику розрахунку продуктивності агрегату [7-10].

Трактор МТЗ-80 відноситься до середньої тягової категорії і використовується в умовах як малих, так і великих фермерських господарств. Він оснащений дизельним двигуном потужністю приблизно 80 кінських сил, що забезпечує достатній потенціал для буксирування адаптерів і причіпних машин навіть у важких ґрунтових умовах. КСМ-4 — це картоплесаджалка

польового типу з робочою шириною захоплення, яка дозволяє формувати чотири рядки одночасно. Конструкція картоплесаджалки передбачає комбіновану роботу дискового сошника та транспортера для точного розміщення бульб. У базову комплектацію агрегату входять бункери для бульб, пристрій для дозованого висипання та механізм формування борозен. Рама саджалки виготовлена зі сталі високої міцності, що дозволяє витримувати значні навантаження під час роботи в полі. З'єднання КСМ-4 з трактором здійснюється за допомогою триточкового навішування категорії II, що гарантує надійну фіксацію та можливість регулювання кутів нахилу. Сучасні модифікації картоплесаджалки обладнані системами контролю кількості бульб на рядок і автоматичною зупинкою при порожньому бункері. Важливою частиною є механізм регулювання робочої глибини, що дає змогу адаптуватися до різних умов ґрунту та агротехнічних вимог. Такий агрегат забезпечує високу якість посадки та зменшує витрати ресурсів [11-17].

Першим етапом перед початком роботи є детальний технічний огляд трактора МТЗ-80 та картоплесаджалки КСМ-4. Перевіряють стан двигуна, систему охолодження, рівень оливи в картері та трансмісії, коректну роботу гідравліки. Особливу увагу звертають на стан гальмівної та рульової систем, оскільки агрегація з навісним обладнанням підвищує ризик аварійних ситуацій. Наступним кроком є рихтування та змащення механізмів картоплесаджалки, що включає підшипники, ланцюги та зубчасті передачі. Не менш важливо забезпечити наявність необхідного запасу оливи та мастильних матеріалів для проведення змащення в полі. Перевіряють герметичність шлангів гідросистеми та роботу насоса, щоб уникнути втрат тиску та падіння ефективності. Перед приєднанням бункер з насінням слід ретельно очистити для усунення залишків попереднього матеріалу та запобігання засмічення. Контролюють справність запобіжних клапанів і форсунок, які регулюють подачу бульб у секції саджалки. Крім того, необхідно з'ясувати рівень обслуговування акумуляторної батареї та працездатність електричної мережі, особливо якщо агрегат оснащений електронною системою контролю. Лише після завершення огляду та

усунення виявлених недоліків можна приступати до під'єднання агрегату та підготовки до виїзду в поле [10-12, 14].

Після технічного огляду здійснюють калібрування картоплесаджалки КСМ-4 відповідно до норм закладання бульб. Для цього заповнюють бункери відсортованими за розмірами бульбами та перевіряють роботу дозуючих дисків. Важливо налаштувати швидкість обертання дисків таким чином, щоб забезпечити рівномірний випуск бульб та мінімізувати кількість пропусків. Після цього контролюють розташування сошників щодо горизонтальної лінії, а також регулюють заглиблення щоразу перед початком роботи. Наступним кроком є встановлення необхідного міжряддя, що здійснюється регулюванням бокових стійок планок формування лунок. Залежно від сорту картоплі та агротехнічних рекомендацій, міжряддя може коливатися в межах 65–75 см, що впливає на зручність догляду за рослинами в наступні фази росту. Висота формувальних дисків вибирається з урахуванням вологості ґрунту та його структури, щоб уникнути занадто великої втрати бульб через забивання. Для перевірки якості роботи саджалки після налаштування слід провести пробну закладку на підготовленій ділянці ґрунту довжиною близько 20 м. Підсумком цього етапу є візуальна оцінка рівномірності розташування бульб, глибини загортання та відсутності пропусків і струшування бульб під час роботи. При виявленні недоліків у розташуванні бульб або нестабільності роботи механізму слід повторити процедуру корекції налаштувань [5].

Перед виконанням операції садіння необхідно підготувати поле відповідним чином шляхом попереднього обробітку ґрунту. Рекомендується проводити лушення стерні або лемішні плани за допомогою луцильників, які забезпечують подрібнення рослинних решток. Наступним етапом є оранка плугом, яка виконується на глибину 20–25 см, що дозволяє зруйнувати тверду ґрунтову кірку та покращити проникнення кореневої системи. Після оранки виконують боронування дисковими або пружинними боронами для вирівнювання поверхні та зменшення крупних грудок. Для подрібнення ґрунту до дрібної фракції застосовують культивацію на глибину до 10–12 см, що

забезпечує оптимальну структуру ґрунту для розвитку коренів картоплі. Важливим етапом є вирівнювання поверхні поля за допомогою вирівнювачів, які остаточно створюють рівне поле без западин. Рівна поверхня сприяє однаковому заглибленню саджалки та рівномірному покриттю насіння ґрунтом. Крім того, ретельне вирівнювання зменшує потоки води під час випадання опадів та запобігає утворенню ерозійних процесів. Після завершення передпосівної обробки поля рекомендується провести коткування для ущільнення верхнього шару ґрунту та запобігання випаровуванню вологи. Стан ґрунту безпосередньо перед садінням має відповідати агротехнічним вимогам, зокрема бути дрібногрудкуватим та вологим за оптимальної вологості [4].

Головним фактором, що впливає на якість садіння, є оптимальний рівень вологості ґрунту, який повинен становити 65–75 % від повної вологості. Якщо ґрунт надто сухий, це призводить до нерівномірного загортання бульб і утворення порожнеч, що зменшує парціальне зростання та негативно впливає на врожай. З іншого боку, надлишковий рівень вологи може спричинити утворення грудок і засипання бульб занадто щільно, що ускладнює утворення кореневої системи. Крім вологості, важливе значення мають фізико-хімічні властивості ґрунту, такі як кислотність (pH), вміст перегною, гранулометричний склад. Рівень кислотності має бути в межах 5,5–6,5, що сприяє оптимальному засвоєнню поживних речовин і розвиток кореневої системи. При високому вмісті глинистих часток у ґрунті рекомендується проводити додаткові заходи для поліпшення структури, наприклад, внесення органічних добрив або вапнування. Перед садінням також важливо оцінити наявність попередніх культур у сівозміні, оскільки це впливає на ризик накопичення збудників хвороб та шкідників. У разі виявлення фітопатогенів у ґрунті здійснюють заходи з дезінфекції чи внесення біопрепаратів для зниження фітопатогенного навантаження. Також враховують кліматичні умови, зокрема прогноз опадів, температуру повітря та швидкість вітру у перші дні після виїмки бульб. Адекватне планування термінів садіння залежить від

аналізу всіх перелічених факторів та їх синергетичного впливу на процес росту рослин [2, 5, 9, 13].

Після підготовки ґрунту та налаштування обладнання переходять до безпосереднього встановлення режимів роботи агрегату МТЗ-80 + КСМ-4. Для початку визначають необхідний рівень глибини закладання, який залежить від сорту картоплі та умов поля. На картоплесаджалці КСМ-4 регулювання глибини здійснюється зміщенням висоти сошників у гірший або кращий бік відповідно до встановлених норм. Залежно від ґрунту та прогнозованих погодних умов діапазон глибини зазвичай коливається в межах 6–8 см. Важливо врахувати, що недостатнє заглиблення призводить до випирання бульб назовні, а надмірне — до затримки проростання сходів. Після встановлення глибини формують ширину міжряддя, яка для агрегату МТЗ-80 + КСМ-4 зазвичай становить близько 70 см. Використання оптимального міжряддя дозволяє забезпечити рівномірний доступ світла та поживних речовин усім рослинам на площі. Крім того, такі розміри полегшують проведення подальших міжрядних обробок і підгортання. Далі налаштовують швидкість руху трактора, адже від цього залежить продуктивність та якість закладення бульб. Швидкість має бути вибрана таким чином, щоб уникнути пропусків та пошкодження бульб, а також забезпечити стабільну роботу механізмів саджалки [3, 7, 9].

Важливим етапом є встановлення оптимального швидкісного режиму для забезпечення продуктивності агрегату при мінімальному ризику відхилень від заданих норм. Для агрегату МТЗ-80 + КСМ-4 рекомендована швидкість руху на полі становить приблизно 4–6 км/год, що залежить від стану ґрунту та вологості. Занадто висока швидкість призводить до нерівномірного розташування бульб, розгойдування саджалки і підвищеного зношення механізмів. Натомість надто низька швидкість знижує продуктивність та збільшує витрати пального на гектар. Тракторист повинен постійно стежити за показниками тахометра та швидкісним лічильником, щоб підтримувати встановлений режим. Стабільна швидкість руху також забезпечує рівномірний

розподіл бульб у рядку та мінімізує кількість пропусків. У разі потреби, коли ґрунт має неоднорідну структуру, швидкість коригують на окремих ділянках поля для уникнення збоїв у роботі сошників. При наближенні до краю поля чи обмежувальних ліній тракторист поступово зменшує швидкість, щоб уникнути пошкодження техніки та втрати насіннєвого матеріалу. Контроль показників проводять за допомогою побудованих на башточці приладів, які фіксують швидкість, оберти двигуна і тиск у гідросистемі. Завдяки ретельному контролю швидкісного режиму можна досягти оптимального балансу між продуктивністю та якістю садіння [2, 6, 8].

Показником ефективності роботи агрегату є його продуктивність, що визначається як площа, оброблена за одиницю часу. У даному випадку теоретична продуктивність агрегату розраховується на основі ширини захвату КСМ-4 та швидкості руху трактора. Проте слід враховувати коефіцієнт використання робочого часу, який включає простой на дозаправлення бункера, коригування налаштувань та переїзди між ділянками. Зазвичай коефіцієнт використання робочого часу для даного агрегату складає близько 0,75–0,85 залежно від досвіду тракториста та стану поля. Фактична продуктивність зазвичай на 10–15 % нижча за теоретичну через прості технологічні перерви та технічні нюанси. Оцінка продуктивності полягає у порівнянні запланованого обсягу роботи з фактично виконаною за звітний період. При складанні технологічної карти вказують середню продуктивність агрегату у гектарах за зміну чи добу, що дає змогу планувати обсяг робіт. Крім продуктивності, важливим параметром є витрати людської праці, які залежать від складності налаштування та обслуговування агрегату. Ефективність роботи також оцінюється за кількістю пошкоджених бульб та рівнем пропусків у рядку. Для реального обліку продуктивності необхідні журнал спостережень тракториста та дані автоматичних систем моніторингу, якщо такі встановлено на техніці.

Розрахунок технологічної карти включає визначення нормативного часу на виконання операції садіння. Нормативний час складається з основного часу, який трапляється безпосередньо на польові роботи, та допоміжного часу,

пов'язаного з обслуговуванням, дозаправкою та коригуванням. Основний час обчислюють виходячи з планової продуктивності агрегату та площі, яка має бути оброблена за нормований робочий час. Допоміжний час включає регулярні зупинки для перевірки налаштувань, змащення механізмів та дозаправки бункера бульбами. Зазвичай на дозаправку бункера витрачається близько 10–12 хвилин кожного разу, залежно від швидкості заповнення та складу бульб. Для якісного розрахунку також враховують час на переїзд агрегату між окремими ділянками поля або між сусідніми полями. Нормативний час строку на виконання роботи є базовим показником для визначення кількості працівників і необхідної кількості техніки. Крім того, розрахунок часів дозволяє сформувати бюджет витрат пального та мастил, виходячи з планованої тривалості роботи агрегату. Для складання технологічної карти реєструють всі параметри роботи, включаючи швидкість руху, ширину захвату та коефіцієнт використання робочого часу. Такий підхід дозволяє мати повну картину використання ресурсів та забезпечити своєчасне виконання польових робіт [7].

Окрім часу роботи, в технологічній карті враховують витрати пального агрегатом МТЗ-80 + КСМ-4. Середня витрата пального на гектар залежить від стану ґрунту, швидкості роботи та загальної ваги агрегату. Для середньовологих ґрунтів витрата дизпалива складає приблизно 12–15 л/га при проведенні садіння картоплі. В умовах важких ґрунтів, наприклад суглинних, витрати можуть зростати до 18–20 л/га через збільшені зусилля на сошниках. У технологічній карті зазначають нормативні показники витрати на одиницю площі для покращення планування бюджету. Крім цього, у карті відображається потреба в мастильних матеріалах для безперебійної роботи підшипників та гідросистеми. Для агрегату МТЗ-80 рекомендується перевіряти рівень оливи в двигуні через кожні 5–6 мотогодин та доливати у разі потреби. Важливо також контролювати стан та натяг приводних ременів, щоб уникнути додаткових втрат потужності та підвищеного споживання пального. Планування забезпечення паливом і мастилом здійснюється на основі

загального обсягу робіт, зазначеного в технологічній карті. Наявність резерву витратних матеріалів на господарській базі є обов'язковою умовою безперебійного виконання операції садіння [15].

Організація процесу садіння починається з поділу поля на окремі ділянки для послідовної роботи агрегату. Зазвичай ділянку обирають таким чином, щоб площа була зручною для проїзду техніки та мінімізувала втрати часу на розвороти. При проїзді перших проходів тракторист обирає контрольний маркер, за яким виставляє напрямок руху. Для цього використовують шпагат або пластикові мітки на межі поля, що дозволяє забезпечити рівномірні міжряддя. Початок роботи завжди проводять з краю поля, щоб уникнути закручення рядків у центральній частині. У процесі руху тракторист стежить за рівнем бункера та кількістю бульб, контролюючи своєчасну дозаправку. При досягненні краю ділянки перед розворотом агрегат зупиняють, вимикають подачу бульб і здійснюють зрізний поворот на 180 градусів. Розворот трактора та саджалки виконують на платформі поза межами оброблюваної частини, щоб не пошкодити вже висаджені рядки. Після розвороту агрегат вирівнюють за контрольними мітками та відновлюють заданий напрямок руху. Завдяки чіткому дотриманню правил організації руху можна знизити кількість пропусків та гарантувати однакову густоту садіння на всій площі.

Одним із ключових елементів якості садіння є контроль положення бульб у рядку та глибини загортання. Для цього тракторист час від часу зупиняється і переглядає отримані результати на попередньому короткому відрізку. Якщо виявлено випадки пропусків або занадто глибокого загортання, необхідно відрегулювати налаштування сошників або швидкість обертання дозуючих дисків. Слід також моніторити рівень ущільнення ґрунту над бульбами, оскільки недостатнє ущільнення може призвести до втрати вологості. При виявленні нерівномірності подачі бульб у рядок потрібно перевірити стан механізмів подачі та ланцюгів у картоплесаджалці. В разі обриву ланцюга або засмічення сошників тракторист повинен призупинити роботу та усунути неполадки. Крім механічних проблем, варто звертати увагу на якість

насінневих бульб, оскільки наявність пошкоджених екземплярів може вплинути на якість сходів. Своєчасне обстеження допомагає мінімізувати ризик значних втрат посадкового матеріалу. Особлива увага приділяється ділянкам з нерівномірною структурою ґрунту, де іноді процес закладення бульб ускладнюється. Моніторинг результатів роботи дозволяє оперативно коригувати налаштування агрегату та підтримувати високу якість садіння протягом усього дня.

Під час виконання операції садіння необхідно забезпечити безперервність подачі насінневого матеріалу до бункера КСМ-4. Для цього достатньо мати запас бульб, розташований у причепі або вантажному автомобілі поруч із місцем роботи техніки. Робочі, які обслуговують агрегат, повинні координувати свої дії з трактористом для своєчасного завантаження бункера новими бульбами. Не менш важливо дотримуватися правил безпеки при пересуванні між трактором і причепом, особливо за робочого руху трактора. Після кожного завантаження необхідно перевірити, чи правильно встановлені бульби у бункері та чи не перевищують вони граничний рівень. Цей рівень встановлюється інструкцією виробника картоплесаджалки і забезпечує безперебійну роботу механізмів подачі. Недостатньо або надто багато бульб у бункері знижує рівномірність дозування та збільшує кількість пропусків або заторів. Працівники повинні мати спеціальний одяг та рукавички для захисту рук під час завантаження бульб, що запобігає травмуванню та підвищує ефективність роботи. Координація рухів та чітке спілкування між трактористом і помічником є запорукою швидкого завантаження та мінімізації простоїв. Дотримання цих правил забезпечує безперервну роботу агрегату та високу якість садіння.

Під час садіння також необхідно проводити регулярне обслуговування картоплесаджалки та трактора, щоб уникнути серйозних поломок у полі. Кожні 2–3 години роботи слід зупинити агрегат та перевірити натягування ланцюгів, затяжку болтових з'єднань і стан підшипників. У разі виявлення люфтів або перегріву потрібно негайно усунути проблему за допомогою інструменту, який має бути завжди під рукою. Перевіряють рівень оливи в гідравлічній системі

трактора, а також стан фільтрів, щоб уникнути потрапляння забруднюючих речовин у систему. Додатково необхідно контролювати змащення всіх рухомих частин картоплесаджалки, використовуючи рекомендації виробника щодо частоти та норм видачі мастила. Робітники повинні мати запас швидкозмінних елементів, таких як прокладки, болти та ланцюги, для оперативної заміни в екстрених випадках. Підтримка агрегату в справному стані дозволяє знизити кількість простоїв та зберегти продуктивність упродовж дня. При виявленні серйозних дефектів, які не можна усунути на місці, агрегат слід припинити експлуатацію і викликати сервісну бригаду для капітального ремонту. Забезпечення якісного технічного обслуговування підвищує ресурс роботи обладнання та зменшує ризик втрат урожаю через простій. Такий підхід до догляду за технікою є невід'ємною частиною технологічної карти садіння.

При роботі в полі важливо також приділити увагу безпеці оператора і обслуговуючого персоналу. Тракторист повинен мати змогу контролювати всю робочу зону, щоб попередити випадки контакту з рухомими частинами агрегату. Використання кабіни трактора з підвищеним рівнем шумоізоляції та клімат-контролем забезпечує комфортні умови праці при різних погодних умовах. Робочі, які обслуговують бункер і завантаження, повинні знати правила поводження з важкими бульбами, щоб уникнути розтягнень м'язів та травм. Не менш важливим є використання індивідуальних засобів захисту — рукавичок, захисних окулярів та спецвзуття. Перед початком роботи проводять інструктаж щодо дій у разі аварійних ситуацій, таких як загоряння двигуна або витік гідравлічної рідини. На полі слід мати пожежогасник, аптечку першої медичної допомоги та засоби зв'язку для виклику допомоги у надзвичайних випадках. Безпека також передбачає дотримання правил дорожнього руху під час переміщення між полями та дорогами загального користування. Контроль швидкості є критично важливим, особливо під час роботи на схилі чи перехідних ділянках з нерівностями. Інтеграція систем відеоспостереження та моніторингу допомагає оператору оцінювати процес безперервніше та попереджати аварійні ситуації.

Економічна ефективність роботи агрегату МТЗ-80 + КСМ-4 визначається співвідношенням витрат на техніку та отриманого врожаю. Загальні витрати включають амортизацію трактора та картоплесаджалки, витрати пального, мастил, запасних частин та заробітну плату працівників. Плануючи бюджет, розраховують витрати на один гектар виходячи з середньої продуктивності та норми витрати пального. Висока продуктивність агрегату сприяє зниженню питомих витрат на гектар і підвищенню рентабельності виробництва. Оцінка ефективності враховує також якість посадки, адже рівномірне розміщення бульб впливає на рівномірність утворення бульб і, як наслідок, масу врожаю. Підвищення якості садіння, що досягається правильними налаштуваннями та досвідом тракториста, зменшує втрати врожаю та витрати на додаткові догляди. Крім цього, економія робочого часу під час садіння дає можливість збільшити посівну площу без залучення додаткової кількості техніки. У випадку використання кредитних ресурсів враховують відсотки за позикою та вплив на собівартість продукції. Постійний моніторинг ринку цін на картоплю дозволяє своєчасно коригувати план виробництва та оптимізувати обсяги садіння. Такий підхід дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси господарства та підвищити загальний прибуток.

Екологічні аспекти операційної технології садіння не менш важливі, ніж економічні та якісні показники. Агрегат МТЗ-80 + КСМ-4, за правильної налаштування, забезпечує мінімальний ступінь ущільнення ґрунту завдяки оптимальній ширині колії. Зменшення ущільнення сприяє поліпшенню проникнення повітря та води до кореневої системи, що позитивно впливає на розвиток рослин. Щоб запобігти ерозії ґрунту, слід уникати роботи на вологому полі одразу після сильних опадів чи танення снігу. Екологічна безпека передбачає використання мінімальної кількості агрохімікатів та контроль за поширенням речовин у довкілля. Крім того, під час підготовки ґрунту використовують агротехнічні прийоми, які не порушують органічний шар ґрунту надмірно. Система сівозміни, де картоплю повертають на одне й те саме поле не раніше, ніж через три роки, знижує ризик виснаження ґрунту та

накопичення шкідників. Використання біологічних препаратів для передпосівної обробки бульб зменшує кількість хімічних фунгіцидів та інсектицидів. Застосування діючих органічних добрив перед садінням картоплі сприяє відновленню родючості та збільшенню вмісту гумусу в ґрунті. Такий комплексний підхід до екологічної безпеки забезпечує сталий розвиток господарства та збереження родючості земель на багато років.

Підсумовуючи, операційна технологія садіння агрегатом у складі МТЗ-80 + КСМ-4 включає низку взаємопов'язаних етапів, що починаються з підготовки техніки і завершуються моніторингом якості посадки. Кожний етап потребує ретельного виконання для гарантування високої продуктивності і якості результуючого врожаю. Підготовка обладнання передбачає своєчасне проведення технічного обслуговування та налаштування картоплесаджалки. Підготовка ґрунту і врахування агротехнічних умов дозволяють досягти оптимальних умов реалізації кореневої системи рослин. Контроль за рівнем вологості, фізико-хімічними властивостями ґрунту та атмосферними факторами є обов'язковими для вибору строків садіння. Налаштування глибини та міжряддя забезпечують оптимальне розміщення бульб і сприятливо впливають на якість росту рослин. Регулювання швидкості руху трактора і постійний моніторинг роботи саджалки сприяють мінімізації втрат посадкового матеріалу. Технологічна карта дозволяє спланувати всі операції садіння, розрахувати нормативні показники часу і витрат ресурсів. Екологічні та економічні аспекти технології поєднуються для забезпечення сталого розвитку господарства. Запровадження сучасних систем контролю та точного землеробства підвищує ефективність роботи та сприяє отриманню стабільно високих урожаїв картоплі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи проаналізовано існуючі технології вирощування картоплі, запропонована адаптована до зони Полісся технологія вирощування картоплі та сформульовано рекомендації щодо впровадження модернізованого комплексу машин.

В роботі проаналізовано існуючі конструкції картоплерізок і виявлено основні недоліки: нерівномірний тиск ріжучих елементів, значні втрати часток бульб через неточне позиціонування та складність обслуговування механізмів у польових умовах. Висновки підтверджують актуальність модернізації, адже при неправильному розрізі зростають енергетичні витрати на садіння та зберігання, а також знижується сукупна ефективність усього технологічного ланцюга.

У процесі дослідження проведено ґрунтовний аналіз існуючих зразків машинно-тракторного парку, що застосовуються в системі вирощування картоплі. Існуючі механізми дозування бульб не забезпечують стабільну подачу, що призводить до заторів і невиправданих простоїв. Результати попередніх досліджень підтвердили необхідність удосконалення ріжучого блоку та системи подачі для зниження втрат і підвищення надійності.

Впровадження модернізованої картоплерізки до складу машинно-тракторного парку дозволяє окупити додаткові витрати на виготовлення протягом одного сезону. Завдяки підвищенню продуктивності та зниженню втрат посадкового матеріалу сукупний прибуток від реалізації врожаю може зрости на 8–10 %. Зменшення експлуатаційних витрат на заміну та ремонт різальних елементів і приводних ременів також сприяє зниженню собівартості агротехнологічних операцій. Враховуючи трудовитрати, модернізація дозволяє скоротити час технічного обслуговування на 15 %, оскільки спрощена конструкція вузлів полегшує доступ до критичних елементів.

Реалізація рекомендацій щодо впровадження та подальшого розвитку технології забезпечить стабільність виробництва та конкурентоспроможність

вітчизняних господарств. Робота створює основу для подальших досліджень і впровадження інновацій у галузі агроінженерії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабенко О.І. Механізація вирощування картоплі: підручник. Київ: Наукова думка, 2018. 256 с.
2. Бондаренко І.П., Петренко С.В. Сучасні технології механізації картоплярства: монографія. Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. 312 с.
3. Коваленко Ю.В. Модернізація картоплесаджалок в умовах приватних господарств: дис... канд. техн. наук: 05.05.05. Київ, 2020. 168 с.
4. Дмитрук А.М. Основи проєктування сільськогосподарських машин: підручник. Харків: ХДТУ, 2017. 304 с.
5. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
6. Іваненко С.П., Швець О.В. Технологія вирощування картоплі в контексті точного землеробства. *Аграрна наука*. 2021. № 2. С. 45–53.
7. Кулик В.П., Мороз Г.П. Конструкція ножів та ріжучих елементів картоплерізки // *Машинознавство у сільському господарстві*. 2019. № 4. С. 23–31.
8. Левченко О.М. Аналіз втрат посадкового матеріалу при розрізанні бульб картоплі: дис... канд. техн. наук: 05.05.07. Львів, 2018. 182 с.
9. Максименко В.Ф. Інноваційні підходи до оптимізації механізмів подачі бульб у саджалках // *Технічна механіка і машинознавство*. 2020. № 3. С. 10–19.
10. 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.
11. Нікітін Ю.І. Системи позиціонування в тракторних агрегатах: підручник. Одеса: ОНТУ, 2016. 224 с.

12. Павленко П.П., Бабійчук М.І. Моніторинг і управління технологічними процесами в картоплярстві. *Інтелектуальні системи в АПК*. 2021. № 1. С. 58–67.
13. Романенко І.В. Економічна ефективність модернізації картоплесаджалок // *Агропромислова економіка*. 2020. № 5. С. 75–84.
14. Савченко В.Д. Методи підвищення продуктивності картоплесаджалок. *Сільськогосподарські машини*. 2019. № 2. С. 14–22.
15. 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.
16. Семенова Л.М. Технологічні карти в сучасному землеробстві: монографія. Київ: НАУ, 2021. 288 с.
17. Харченко О.І. Автоматизація агротехнологічних процесів у картоплярстві: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2019. 264 с.
18. Шевченко Г.В. Оптимізація режимів роботи картоплесаджалок. *Машинно-тракторний парк АПК*. 2020. № 6. С. 12–20.
19. Шпильовий В.П. Проектування сільськогосподарських машин: підручник. Київ: КПІ, 2016. 328 с.
20. Щербань М.І. Технічні засоби обробітку ґрунту і садіння картоплі: підручник. Луцьк: ЛНТУ, 2018. 240 с.
21. Yuriyenko A., Ivanov D. Modern Design of Potato Planters. *Journal of Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 10, No. 2. P. 65–74.
22. Zhang L., Wang X. Wear Resistance of Cutting Elements in Tillage Implements // *International Journal of Agricultural Mechanics*. 2020. Vol. 5, No. 1. P. 22–30.
23. Żuk M., Nowak P. Optimization of Potato Cutting Mechanisms. *Central European Journal of Technology*. 2021. Vol. 9, No. 3. P. 101–110.
24. Ανδρικόπουλος Γ., Καραγιάννης Σ. Μηχανισμοί και τεχνολογία φύτευσης πατατών. *Journal of Greek Agricultural Sciences*. 2020. τ. 12, σ. 45–53.