

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**Удосконалення технології вирощування картоплі з
обґрунтуванням параметрів
картоплекопача**

Виконав: студент факультету за спеціальністю
208 «Агроінженерія»

_____ Денисенко Олександр Сергійович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро, 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: "Магістр"
Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

керівник роботи _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “_____” _____ 20__ року

№ _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5. Перелік демонстраційного матеріалу _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Денисенко О.С. Удосконалення технології вирощування картоплі з обґрунтуванням параметрів картоплекопача/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024. – 85 с.

В роботі проведено аналіз сучасних технологій і розроблено технологію вирощування картоплі для умов і на замовлення селянського фермерського господарства «Нове» Царичанського району Дніпропетровської області. Складено технологічну карту вирощування і визначено необхідний комплекс машин зі складанням графіків використання тракторів і сільськогосподарських машин.

Проведено аналіз способів збирання картоплі і конструкцій робочих органів для викопування бульб і розроблена конструкція і проведені розрахунки основних параметрів і режиму роботи картоплекопача.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні картоплі і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 1003640,0 грн., а затрати на виготовлення окупляться протягом 1 року експлуатації.

Ключові слова: картопля, бульби, технологія, картоплекопач, параметри, режим роботи, продуктивність, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ГОСПОДАРСТВУ.	9
2 ОБГРУНТУВАННЯ НАБОРУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ.	18
2.1 Складання технологічної карти на вирощування картоплі.	18
2.2 Побудова графіка використання тракторів.	24
2.3 Побудова графіка використання сільськогосподарських машин.	26
3 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ.	28
3.1 Характеристика умов збирання картоплі та агротехнічні вимоги до процесу.	28
3.2 Способи збирання картоплі і огляд конструкцій машин.	29
4 ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА. . .	40
4.1 Обґрунтування схеми копача.	40
4.2 Технологічні властивості бульб і ґрунтових грудок.	42
4.3 Розрахунок продуктивності картоплекопача.	44
4.4 Розрахунок параметрів робочих органів картоплекопача.	46
4.5 Розрахунок технологічних показників картоплекопача.	51
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.	56
5.1 Загальні вимоги охорони праці при вирощуванні картоплі.	56
5.2 Заходи безпеки при збиранні картоплі удосконаленим копачем.	60
5.3 Вимоги безпеки при зберіганні картоплекопача.	64
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБОК.	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	74
ДОДАТКИ.	77

ВСТУП

З початком широкомасштабного вторгнення росії вирощування картоплі домогосподарствами і промисловими підприємствами в Україні вже в перший рік війни скоротилося на 36% порівняно з довоєнними показниками і ситуація продовжує погіршуватися. Хоча врожайність картоплі при цьому загалом у країні зростала і в домогосподарствах становила 16,5 т/га, у промислових підприємствах – 25,8 т/га, вже з осені 2024 р. картопля подорожчала вчетверо - до 25-27 грн/кг. В умовах її дефіциту і зменшення урожайності в зв'язку із засухою Україна почала імпорт уже в січні, хоча раніше він стартував у березні-квітні, а до війни нам завжди вистачало власної продукції [1, 2, 3].

Водночас у 2024 році кількість сертифікованих насінницьких підприємств становила 19, тоді як довоєнного 2021 року їх налічувалося 30, а в перший рік війни насінництвом в Україні займалося лише 16 господарств. Як результат – за два останніх, дуже несприятливих років, картоплярство зазнало значних збитків. Повномасштабне вторгнення, зменшення кількості споживачів, здорожчання всіх складових технологій негативно вплинуло на рентабельність вирощування картоплі [3].

Картопля є одним із найбільш цінних і стратегічно важливих після зерна видів сільськогосподарської продукції в Україні, що забезпечує продовольчу безпеку держави та, по суті, є другим «хлібом» для усіх верств населення незалежно від рівня його доходів та споживчих вподобань. Картоплю використовують настільки широко, що її одночасно відносять до овочевих, технічних і кормових культур. Картоплярство є невід'ємною і важливо складовою розвитку вітчизняного сільського господарства.

Картопля – цінна продовольча культура для харчування людини в багатьох країнах світу, є актуальною сировиною для отримання спирту, біостанолу, крохмалю, вітамінів, молочної кислоти, оцту та інших продуктів, використовується на корм тваринам. Рання молода картопля містить менше

крохмалю, протеїнів, їй характерний високий вміст вітаміну С, вона має неабиякі смакові якості [4].

Основними регіонами з товарного виробництва картоплі є Вінницька, Київська, Львівська, Житомирська, Чернігівська і Хмельницька, Рівненська, Волинська, Сумська і Харківська області. Разом у цих регіонах виробляють 65% картоплі від усього загального обсягу в державі (рис. 1). Виробництво картоплі в Дніпропетровській області становить 53,1 тис. га, або 4,0%.

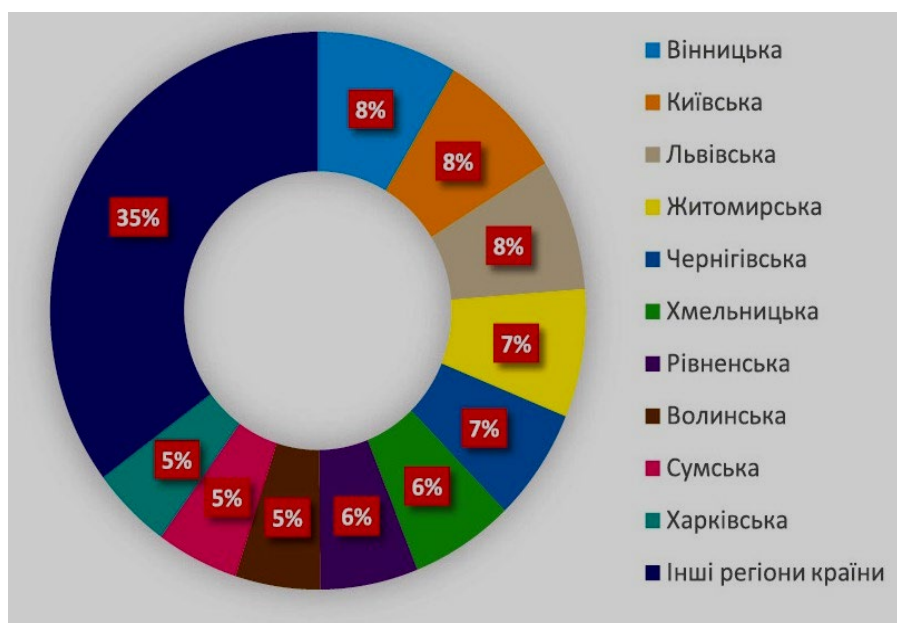


Рисунок 1 - Основні регіони виробництва картоплі в Україні

Джерело: складено за даними Держслужби статистики України

Світове виробництво картоплі зосереджене у більш ніж 160 країнах на різних континентах. При цьому найбільшим виробником картоплі в світі залишається Китай з обсягом 99,1 млн. т, що становить 21% від загального підсумку. Досвід провідних європейських країн свідчить, що високопродуктивне картоплярство базується на досягненнях науково-технічного прогресу, зокрема на впровадженні сучасних комплексів машин.

Важливим фактором збільшення виробництва картоплі є створення високопродуктивних сортів з комплексом господарсько цінних ознак та

впровадження їх у виробництво. Крім того, важливим фактором підвищення ефективності галузі є розробка нових технологій вирощування та збирання картоплі на базі удосконалених засобів механізації всіх процесів. Аналіз наукових досліджень і узагальнення виробничого досвіду показують, що для механізованого виробництва картоплі необхідна розробка і впровадження комплексу агрономічних, технічних і організаційних заходів, направлених на підвищення урожайності цієї культури, покращення якості продукції і зниження експлуатаційних витрат і затрат праці.

Метою даного дипломної роботи є удосконалення технології вирощування картоплі з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи копача.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ГОСПОДАРСТВУ

Картопля належить до родини пасльонових Solanaceae, роду соляну (Solanum). Важлива особливість картоплі – вегетативне розмноження бульбами. Картопля – багаторічна трав'яниста рослина, але в сільськогосподарській практиці використовується як однорічна культура. Розмножується бульбами. Для прискореного розмноження використовують частини бульб, паростки, черешки. В селекційній роботі застосовується розмноження насінням.

Світовий досвід і наукові дослідження показують, що найбільшу продуктивність картопля забезпечує при вирощуванні її в сівозмінах. Особливістю вирощування сільськогосподарських культур в господарствах України є вузька спеціалізація – господарства вирощують дві – три культури, тобто це практично умови монокультури. І на сучасному етапі ведення землеробства велику увагу приділяють короткоротаційним сівозмінам. При вирощуванні картоплі в степовій зоні рекомендовані наступні варіанти короткоротаційних сівозмін [4, 5]:

I.

1. Зайнятий пар.
2. Пшениця озима + післяжнивні посіви сидеральних культур.
3. Картопля.
4. Ячмінь + післяжнивні посіви сидеральних культур.

II.

1. Ячмінь з підсівом багаторічних трав.
- 2, 3. Багаторічні трави.
4. Пшениця озима + післяжнивні посіви сидеральних культур.
5. Картопля.

III.

1. Зернові культури + післяжнивні посіви сидеральних культур.
2. Картопля.

3. Ячмінь + післяжнивні посіви сидеральних культур.
4. Овочеві (капуста, огірки, цибуля).

IV.

1. Люцерна літнього посіву.
- 2, 3. Люцерна.
4. Овочеві.
5. Картопля.

Посадку картоплі з метою зменшення ураження хворобами і шкідниками слід повертати на попереднє місце не раніше, чим через 3 роки.

Всі операції на виробництві картоплі при комплексній механізації виконують комплексом машин у відповідності до технологічного процесу.

Система підготовки ґрунту повинна забезпечувати оптимальні для вирощування картоплі фізичні властивості, знищення бур'янів, шкідників, збудників хвороб, рівномірне загортання добрив, стерні та інших післяжнивних решток. Обробіток ґрунту необхідно виконувати у строки, пов'язані з фізичним станом ґрунту, який має характеризуватися енергоощадним та ґрунтозахисним спрямуванням. Система підготовки ґрунту включає основний обробіток (осінній (зяблевий) та передпосадковий) - весняну підготовку і складається з операцій, які багато в чому залежать від типу ґрунту і попередника. Всі види передпосадкового обробітку (боронування, дискування, культивація, переорювання), лушення стерні після озимих культур створюють у ґрунті несприятливі умови для розвитку збудників хвороб і шкідників, сприяють знищенню і пригніченню бур'янів.

Зяблеву оранку під картоплю виконують плугами з полицями і передплужниками, а на ґрунтах, схильних до вітрової ерозії, чизельними плугами. Перевагу необхідно віддавати використанню оборотних плугів, оскільки під час їх роботи рілля рівна, без звальних гребнів і розвальних борозен.

Викривлення рядів оранки допускається не більш ніж 1 м на 500 м довжини гону. Загортання рослинних решток, бур'янів і органічних добрив повинно становити не менш як 95%. Верхній шар зябу має бути розпушений і

дрібногрудочкуватий. Дрібних грудок діаметром до 5 см необхідно щоб було не менш ніж 80-90% від загальної їх кількості. Висота гребнів і глибина розвальних борозен - не більш як 7 см.

За безполицевої оранки ґрунт повинен бути розпушений на задану глибину без обертання пласта і перемішування горизонтів. Поля зі схилами (до 5°) обробляють упоперек схилу. При розміщенні картоплі після зернових культур та однорічних трав з метою провокації проростання насіння бур'янів перед зяблевою оранкою допустимий розрив між збиранням і луценням - не більше одного дня. Залежно від засміченості поля і попередньої культури застосовують різні знаряддя. На ділянках, засмічених переважно однорічними бур'янами, поле луцять дисковими знаряддями, а засмічених кореневідприсковими бур'янами - лемішними луцильниками. Стерню кукурудзи, соняшнику та інших просапних культур на сильноущільнених ґрунтах обробляють важкими дисковими боронами.

Глибина лушіння дисковими луцильниками повинна становити 5-10 см, лемішними - 10-18 см. Її встановлюють у ґрунтово-кліматичних зонах з урахуванням стану ґрунту, видового складу бур'янів і висоти стерні. За одноразового лушіння глибина обробітку має сягати 7-8 см. При лушінні у взаємоперпендикулярних напрямках перше виконують на глибину 5-7 см, друге (після проростання бур'янів кореневідприскових) - 8-10 см. За триразового пошарового луцення першу операцію виконують відразу після збирання на глибину 5-7 см, другу - після сходів бур'янів, третю - через 20-25 днів після другої на глибину 8-10 см. Відхилення середньої фактичної глибини обробітку від заданої для луцильників: дискових - не більш як $\pm 1,5$ см, лемішних - не більш ніж ± 2 см. Бур'яни повинні бути повністю підрізані, кількість незагорненої стерні допускається до 4%.

На схилах незалежно від розмірів поля і типу агрегату луцять і дискують ґрунт тільки упоперек схилів або за напрямками горизонталей складних схилів.

Ранньовесняне боронування зябу розпочинають з настанням фізичної стиглості ґрунту. Кількість слідів боронування вибирають, виходячи зі стану

грунту. На легких пухких ґрунтах досить боронування в один слід. На ґрунтах вологих, запливаючих, боронують у два сліди середніми або важкими боронами.

На ущільнених ґрунтах ранньовесняне боронування замінюють неглибокою культивацією на глибину 5-6 см із боронуванням зубовими боронами, які вирівнюють поверхню поля, покращують кришіння ґрунту і вичісують бур'яни. Культивують впоперек або під кутом до напрямку оранки, на ділянках із вираженим рельєфом - упоперек напрямку схилу або по горизонталях.

Поверхня поля після культивації повинна бути вирівняною. Висота гребнів і глибина борозен - не більш ніж 4 см. Глибина обробітку - 12-13 см. Кількість ґрунтових агрегатів розміром до 25 мм повинна становити не менш як 90%. У кінці культивації обробляють поворотні смуги у поперечному напрямку, не залишаючи огріхів і необроблених ділянок.

Основне завдання передпосадкового обробітку ґрунту - створення пухкої, дрібногрудочкуватої структури ґрунту картопляного поля на глибині всього орного горизонту. До недавнього часу обов'язковим заходом, незалежно від типу ґрунту, вважалось раннє весняне боронування, так зване закриття вологи. Зі створенням вертикально-фрезерних культиваторів цей агрозахід на суглинкових ґрунтах, за наявності вирівняного зябу, замінюють фрезеруванням на глибину до 12-14 см при досягненні фізичної стиглості ґрунту. Картоплю садять слідом за фрезеруванням. Цей захід значно зменшує кількість операцій порівняно з традиційною технологією і скорочує терміни виконання весняних польових робіт.

Оскільки в господарстві немає тваринництва, удобрення ґрунту при вирощуванні картоплі слід проводити за рахунок застосування сидератів (зелені добрива) і мінеральних добрив.

Зелені добрива, зокрема сидерати, використовують як органічні добрива. Їх застосування пов'язано зі значно меншими витратами порівняно з внесенням гною, компостів та інших видів органічних добрив. На сидераті найчастіше вирощують такі культури, як ріпак, редьку олійну, гірчицю, озиме

жито та інші. Ріпак і гірчицю висівають нормою 12-15 кг/га після, наприклад, однорічних трав або в системі пара і приорюють у фазі цвітіння, попередньо подрібнивши стебла. Озиме жито приорюють навесні, в основному у фазі кушіння, перед садінням картоплі. Крім збільшення урожайності жито має оздоровчий вплив, очищаючи ґрунт від шкідливих мікроорганізмів.

Мінеральні добрива вносять розкидним способом і локально під час садіння бульб або під час передпосадкової підготовки ґрунту.

Добрива вносять у ґрунт, відхилення від заданої глибини загортання не повинно перевищувати 15-20%. Перекриття у стикових проходах повинне становити не більш як 5% від ширини захвату агрегату. Необроблених поворотних смуг на полі не допускається. Період між розкиданням і загортанням добрив сягає не більш ніж 12 год. Кращі результати забезпечують гранульовані добрива у вигляді нітроаммофоски, суперфосфату.

Ефект від локального внесення отримують в основному за рахунок фосфору, калійні хлорвмісні добрива шкодять посівам через підвищений вміст хлору. Тому за такого способу краще використовувати концентровані складні добрива, а за їх відсутності - суміш азотно-фосфорних добрив без сирих хлорвмісних калійних, особливо на легких ґрунтах і за сухої погоди.

При внесенні оптимальних доз добрив на запланований врожай необхідно враховувати агрохімічний аналіз ґрунту. У кожному конкретному випадку ці норми уточнюють. Застосування добрив з урахуванням агрохімічних властивостей ґрунту сприяє підвищенню їх ефективності на 20% і більше. За низького рівня забезпечення ґрунту елементами живлення дози збільшують на 30%.

Висаджують картоплю з різною шириною міжрядь - 70, 75, 90 і 140 см на рівній поверхні поля або на гребнях. Висаджують на гектар від 22-25 тис. бульб (насадження на грядках в один рядок) до 60-70 тис. бульб (на насіння). Найбільш поширені насадження з міжряддями 70 і 75 см, попри те, що розширені міжряддя і гряди мають ряд переваг.

Посіви сортів картоплі різного ступеня стійкості до фітофторозу варто ізолювати один від одного на відстань не менш ніж 500-1000 м. Це запобігає створенню граничної концентрації інфекційного гриба-збудника, необхідної для сильного розвитку захворювання на сортах із підвищеною стійкістю.

Кожен сорт картоплі висаджують на одному полі не більш, ніж за 8-10 днів, позаяк в іншому разі перші дві обробки фунгіцидами проти фітофторозу стають недостатньо ефективними (їх проведення тісно пов'язане з певною фазою розвитку рослин). Садити картоплю слід, коли температура ґрунту на глибині 8-10 см досягне 7-8°C. Зазвичай це буває при встановленні середньодобової температури повітря вище 8°C. Коріння утворюється за температури 7°C і вище. За нижчої температури висаджені бульби довгий час не проростають, на їх поверхні передчасно можуть з'являтися столони з великою кількістю бульбочок, відбувається зараження рослин ризоктоніозом.

Для отримання високих і сталих урожаїв картоплю необхідно висаджувати з суворим дотриманням агротехнічних вимог:

- в оптимальні зональні терміни впродовж 8-10 днів;
- фізична стиглість ґрунту за температури на глибині загортання бульб не нижче +7-8°C, тобто тоді, коли він піддається якісному обробітці з утворенням дрібногрудочкуватої структури в усьому орному шарі;
- глибина садіння в основних зонах вирощування картоплі на суглинкових ґрунтах становить 6-8 см, на супіщаних - 8-10 см, рахуючи від верхньої точки бульби до вершини гребня з відхиленням ± 2 см. У південних районах з сухим і спекотним кліматом можливе садіння на глибину до 12-14 см;
- гребні після проходу саджалки повинні мати овальну форму, бути прямолінійними, кінці гонів на поворотній смузі необхідно щоб закінчувалися на одній лінії, між посадженими рядками повинен залишатися шар незайманої ріллі шириною не менш як 30-35 см, необхідний для формування повнооб'ємних гребнів під час догляду за посівами;
- залежно від маси насінневих бульб на 1 га доцільно висадити: у посі-

вах продовольчої картоплі не більш ніж 45-50 тис., у посівах на грядках в один рядок - 22-25 тис.;

- садіння повинно забезпечувати рівномірність розкладання бульб не менш як 60%;
- середня лінія вершин гребнів повинна розташовуватися над рядком висаджених бульб з допустимим відхиленням не більш як 2 см;
- перекриття основних міжрядь не варто перевищувати 2 см, стикових – 10 см;
- у разі садіння пророщеними бульбами кількість обломаних і пошкоджених паростків не повинна перевищувати 25% від їх загальної кількості на бульбах, включаючи вантажно-розвантажувальні операції під час підвезення бульб до саджалки і її завантаження.

Догляд за насадженнями картоплі при використанні пасивних робочих органів складається з двох-трьох міжрядних обробітків з одночасним боронуванням до сходів (останній обробіток у разі потреби виконують після появи сходів) і одного-трьох міжрядних обробітків у період вегетації рослин.

Залежно від підготовки посадкового матеріалу, глибини загортання насіння і метеорологічних умов сходи з'являються через 14-30 днів після садіння, а багато бур'янів значно раніше.

Основну частину догляду - знищення бур'янів, розпушування міжрядь і гребнів, формування гребнів - виконують до появи сходів. Після цього здійснюють лише профілактичний догляд, одне-два розпушування міжрядь або підгортання. Під час досходових міжрядних обробітків з одночасним боронуванням розпушують міжряддя, вершини і відкоси гребнів та підправляють гребні. Перший обробіток проводять не пізніше, ніж через п'ять-сім днів після садіння.

Для боротьби з бур'янами використовують як механічні заходи боротьби, у тому числі на основі пасивних робочих органів, так і хімічні із застосуванням гербіцидів. Механічні способи обробітку найбільш ефективні на початковій стадії розвитку бур'янів - стадії «білої ниточки». Раннім і своєчасним виконанням

відходів можна знищити до 85-95% бур'янів. Запізнення з механічними обробітками призводить до знищення тільки незначної частини бур'янів. Застосування гербіцидів у системі механізованого догляду дасть можливість зменшити кількість міжрядних обробіток, призначених для боротьби з бур'янами. Перевага використання гербіцидів повинна віддаватися під час обробки насінневих посівів картоплі.

Робочі органи агрегатів під час роботи повинні рівномірно подрібнювати ґрунт на глибину 3-6 см, розпушувати ґрунтову кірку і знищувати бур'яни. Глибина розпушування у досходовий період залежить від погодних умов, стану і вологості ґрунту.

Перше підгортання виконують при досягненні рослинами висоти 18-20 см, друге - перед змиканням бадилля. За нестачі вологи здійснюють одне підгортання перед змиканням бадилля, а перше замінюють розпушуванням.

Під час підгортання рослин робочі органи культиватора повинні насипати пухкий і рівний шар ґрунту на весь гребінь із приляганням його до стебел картоплі, а також розпушувати дно борозни нижче основи гребня на 4-6 см. Товщина шару ґрунту над маточною бульбою після останнього підгортання повинна мати не менш як 18-22 см. Робочі органи культиватора не повинні підрізувати кореневу систему, висмикувати, пригортати та пошкоджувати рослини. Ширина захисної зони під час досходових обробіток становить 10-12 см, з появою сходів - 12-14 см. Допустиме відхилення - не більш ± 2 см.

Обробіток посівів картоплі не повинен супроводжуватись вириванням бульб із ґрунту й ушкодженням більш ніж 2% рослин.

Догляд за посівами картоплі – комплекс агротехнічних заходів, спрямований на створення оптимальних умов для росту й розвитку рослин впродовж усього періоду вегетації і створення сприятливих умов для комбайнового збирання бульб. Для отримання позитивного результату від виконання операцій з догляду важливо, аби картопляні поля були чистими від бур'янів, з об'ємними гребнями з пухкого ґрунту з ущільненою поверхнею і з добрим розвитком рослин. До початку збирання на легких ґрунтах повинен бути

сформований овальний гребінь заввишки 18-20 см, на важких ґрунтах - висотою 20-22 см у вигляді трапеції. Залежно від типу ґрунту, засмічення полів, стану рослин, погодних умов рекомендовано різні заходи догляду та їх поєднання: розпушування, підгортання, розпушування або підгортання з боронуванням, обробка гербіцидами. При цьому необхідно враховувати температурно-вологісний режим у гребні, стадію розвитку рослин, вид бур'янів і призначення картоплі. Усі вони спрямовані на підтримання ґрунту в пухкому стані за оптимальної щільності, боротьбу з бур'янами і створення до збирання заданих параметрів гребнів, у яких весь урожай знаходиться над дном борозни, що й забезпечує ефективне комбайнове збирання.

Проростаючи, бульби інтенсивно дихають, їм потрібен постійний доступ кисню. Унаслідок опадів може утворитися ґрунтова кірка, яка порушує газообмін і тим саме уповільнює проростання бульб. Тому потрібно забезпечити вільний доступ повітря до бульб, розпушуючи верхній шар ґрунту в період від садіння до появи сходів. Після обробітку пухкий шар на поверхні ґрунту полегшує надходження повітря у зону розміщення бульб і захищає нижні шари ґрунту від висихання і зайвого випаровування вологи.

Найбільш складна і трудомістка технологічна операція при вирощуванні картоплі – збирання врожаю. На її долю приходиться до 60 % всіх затрат. Для підвищення якості збирання картоплі і зменшення затрат в господарстві пропонується використання розробленого картоплекопача.

Таким чином, впровадження в господарстві удосконаленої технології вирощування картоплі і картоплекопача дасть можливість підвищити якість, зменшити затрати і підвищити економічну ефективність господарства в цілому.

2 ОБГРУНТУВАННЯ НАБОРУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ

2.1 Складання технологічної карти на вирощування картоплі

Основним технологічним документом на вирощування або збирання будь-якої сільськогосподарської культури у господарстві є технологічна карта (додаток). Технологічна карта – це документ, який відображає досягнення і перспективи розвитку технології виробництва певного продукту [20].

Вона є зведеним планом виконання робочих процесів протягом усього періоду вирощування певної сільськогосподарської культури. У технологічній карті враховуються конкретні природно - кліматичні умови, виробничий напрям і специфікація вирощування певної сільськогосподарської культури. Розробка технологічних карт – трудомісткий процес, тому їх складають раз на кілька років при щорічному коригуванні [20].

Технологічна карта складається з таких основних складових:

- перша графа містить назву операцій, які проводяться протягом усього періоду вирощування даної культури;
- наступна графа – це графа, яка містить оптимальний склад машинно-тракторних агрегатів (МТА).
- наступна графа – це технічне забезпечення операцій і нормативи на використання техніки (змінна норма виробітку, норма витрати палива, еталонна продуктивність);
- наступна – потреба в ресурсах (кількість технологічних засобів, виробничого персоналу, робочих днів і нормо змін (ресурси часу), палива, технологічних матеріалів);
- далі графа показників ефективності та економічності операцій [21].

У технологічній системі землеробства операції виконуються переважно машинно-тракторними агрегатами. Задача вибору раціонального складу МТА є багатоваріантною, а область альтернативних варіантів обмежується наявними у області використання технічних засобів, характеристиками полів, агротехнічними і екологічними вимогами (наприклад, тиском ходових систем на

грунт). Обмеження дозволяють істотно зменшити число альтернатив, що полегшує наступний вибір раціонального складу МТА [22].

У більшості випадків задача вибору технічних засобів зводиться до двокритеріальної, а саме: забезпечити максимальну корисність при мінімально можливих експлуатаційних витратах.

У такому формулюванні виділяються два узагальнені критерії – корисність і витрати. Із числа можливих варіантів складу МТА потрібно сформулювати вихідну множину альтернатив (ВМА), із якої буде зроблено остаточний вибір. Формування ВМА при багатокритеріальній оцінці варіантів доцільно здійснювати з використанням методу Паретто [20]. Суть методу полягає у виявленні варіантів, що за прийнятними критеріями домінують над іншими, а також варіантів, над якими немає домінування. Проте цей метод не вказує який із варіантів найкращий, а лише показує який домінує над іншими, тому використовуємо більш простий метод – метод наближення відстані до цілі. Його суть полягає у порівнянні j -го варіанту ВМА з деякими ідеалізованими варіантами. Переважно це умовний варіант, якому приписують кращі значення критеріїв з числа варіантів, що порівнюються. На прикладу для основної і ще декількох операцій вибираємо агрегати за цим методом. Для кожного j -го варіанту ВМА визначається показник віддаленості від ідеалу (відстань до цілі) за формулою:

$$\mu_j = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \frac{U_{i,j}}{U_{i,0}} \right) - 1, \quad (2.1)$$

де μ_i - відстань до цілі j -го варіанту;

N – число критеріїв;

$U_{i,j}$ і $U_{i,0}$ – відповідно, значення i -го критерію j -го та ідеалізованого варіантів.

Розглянемо декілька операцій і виберемо агрегати для них за даним методом: перевертання валків [21].

За формулою 2.1 знайдемо наближення до цілі кожного із запропонованих агрегатів по двом критеріям (N=2): продуктивність і витрата палива (таблиця 2.1):

$$\mu_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{50,4}{50,4} + \frac{0,32}{0,4} \right) - 1 = -0,1,$$

$$\mu_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{34,2}{50,4} + \frac{0,4}{0,4} \right) - 1 = -0,15,$$

$$\mu_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{43,4}{50,4} + \frac{0,29}{0,4} \right) - 1 = -0,2.$$

Отже, розглянувши даний приклад можна зробити висновок, що найбільш економічним агрегатом для культивування з боронуванням є агрегат ДТ-75М+СП-11+КПС-4+БЗСУ-1,0.

Знайдемо найбільш економічний і ефективний агрегат для досходового боронування. Для цього також розглянемо сукупність агрегатів, порівняємо їх технічні характеристики і виберемо найкращий варіант (таблиця 2.2).

Таблиця 2.1 – Характеристика роботи агрегатів для культивування з боронуванням

Склад МТА	W, га/зм	g _п , кг/га	f _п , га/кг	μ
К-701+СГ-21+КП-4А+БЗСУ-1,0	50,4	2,7	0,32	-0,1
ДТ-75М+СП-11+КПС-4+БЗСУ-1,0	34,2	2,9	0,40	-0,15
Т-150К+СП-16+КПС-4+БЗСУ-1,0	43,4	4,2	0,29	-0,2
Ідеалізований варіант	50,4	2,7	0,4	

Таблиця 2.2 – Характеристика роботи МТА при боронуванні

Склад МТА	W, га/зм.	g _п , кг/га	f _п , га/кг	μ
МТЗ-80+СП-11+БЗТС-1,0	52,0	1,7	0,59	-0,34
ДТ-75+СП-11+БЗТС-1,0	78,0	1,3	0,77	-0,09
Т-150К+СП-11+БЗТС-1,0	87,6	1,2	0,83	0
Ідеалізований варіант	87,6	1,2	0,83	

$$\mu_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{87,6}{87,6} + \frac{0,83}{0,83} \right) - 1 = 0,$$

$$\mu_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{78,0}{87,6} + \frac{0,77}{0,83} \right) - 1 = -0,09,$$

$$\mu_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{52,0}{87,6} + \frac{0,59}{0,83} \right) - 1 = -0,34.$$

Проаналізувавши дані розрахунки робимо висновок, що найбільш економічним і ефективним на даній операції є агрегат Т-150К+СП-11+БЗТС-1,0.

Розглянемо ще одну операцію – садіння картоплі (таблиця 2.3).

Таблиця 3.3 – Характеристика роботи МТА при садінні картоплі

Склад МТА	W, га/зм	g _п , кг/га	f _п , га/кг	μ
ДТ-75М+КСМ-6	8,7	6,9	0,72	0,039
МТЗ-80+КСМ-4	7,6	6,4	0,65	0,062
Т-70+КСМ- 6	5,3	8,0	0,71	-0,075
Ідеалізований варіант	8,7	6,4	0,71	

$$\mu_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{8,7}{8,7} + \frac{6,9}{6,4} \right) - 1 = 0,039,$$

$$\mu_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{7,6}{8,7} + \frac{6,4}{6,4} \right) - 1 = 0,062,$$

$$\mu_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{5,3}{8,7} + \frac{8,0}{6,4} \right) - 1 = -0,75.$$

Аналізуючи дані розрахунків можна зробити висновок, що найбільш ефективним і економічним на даній операції є МТЗ-80+КСМ-4.

При складанні технологічної карти доцільно виділити окремі технологічні цикли, що об'єднуються у сукупність операцій із спільною метою (основний обробіток ґрунту, сівба, догляд за посівами, збирання врожаю), оскільки операції

у технологічному циклі взаємопов'язані агротехнічними вимогами і часовими режимами. Для сумісних операцій календарні строки повинні бути однакові.

Всі показники технологічної карти розраховуються наступним чином [21]. Для прикладу розрахуємо операцію лушення агрегатом Т-150К+ЛДГ-15.

Обсяг робіт визначаємо за формулою:

$$\Omega = F \cdot k, \text{ га}, \quad (2.2)$$

де F – площа вирощування сільськогосподарської культури, га;

k – коефіцієнт кратності виконання операції.

Площа вирощуваної культури $F = 60 \text{ га}$, коефіцієнт кратності $k = 1$.

Тоді:

$$\Omega = 60 \cdot 1 = 60 \text{ га}.$$

Коефіцієнт змінності визначаємо за формулою:

$$K_{зм} = \frac{T_d}{T_{зм}}, \quad (2.3)$$

де T_d – тривалість роботи агрегату за добу, год.;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год..

Приймаємо тривалість роботи агрегату за добу $T_d = 7 \text{ год.}$. Тривалість робочої зміни $T_{зм} = 7 \text{ год.}$.

Тоді:

$$K_{зм} = \frac{7}{7} = 1.$$

Змінну норму виробітку визначимо за формулою:

$$W_{зм} = W_{год} \cdot T_{зм}, \quad (2.4)$$

де $W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год..

Тоді:

$$W_{зм} = 8,54 \cdot 7 = 59,8 \text{ га / зм.}$$

Необхідну для виконання запланованого обсягу робіт в агрострок кількість агрегатів n_a визначаємо за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega}{W_{3M} K_{3M} D_p}, \quad (2.5)$$

де D_p – тривалість робіт, днів;

В нашому випадку: $\Omega = 60\text{га}$; $W_{3M} = 59,8$; $K_{3M} = 2$ (див. формулу 2.3) $D_p = 5$ днів.

Підставимо зазначені дані в (3.5) отримаємо:

$$n_a = \frac{60}{59,8 \cdot 2 \cdot 5} = 0,10,$$

приймаємо 1 агрегат.

Кількість днів, протягом яких буде виконана робота, підраховуємо за формулою:

$$D_\phi = \frac{\Omega}{n_a W_{3M} K_{3M}}, \quad (2.6)$$

Підставляємо в формулу свої значення і отримуємо:

$$D_\phi = \frac{60}{1 \cdot 59,8 \cdot 2} = 0,50,$$

приймаємо 1 днів.

Число нормо-змін, необхідних для виконання роботи, знаходимо за формулою:

$$N_{3M} = \frac{\Omega}{W_{3M}}, \quad (2.7)$$

де N_{3M} – число нормо-змін.

$$N_{3M} = \frac{60}{59,8} = 1,0.$$

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначимо за формулами:

$$n_M = m_M \cdot n_a \cdot K_{3M}, \quad (2.8)$$

$$n_D = m_D \cdot n_a \cdot K_{3M}, \quad (2.9)$$

де n_M і n_D – відповідно, кількість механізаторів та допоміжних робітників обслуговуючих агрегат.

Визначимо кількість механізаторів для даної операції:

$$n_M = 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ механізатори}$$

Аналогічно визначаємо кількість допоміжних робітників.

Кількість палива необхідного для виконання роботи визначаємо по формулі:

$$G_{\Pi} = \Omega \cdot g_{\Pi}, \quad (2.10)$$

де g_{Π} – норма витрати палива, кг/га.

Для операції снігозатримання витрата палива буде становити:

$$G_{\Pi} = 60 \cdot 3,0 = 180 \text{ кг.}$$

Затрати праці на виконання робіт підраховуємо за формулою:

$$Z_{\Pi} = (n_M + n_D) / W_{\text{ЗМ}} \cdot T_{\text{ЗМ}} \quad (2.11)$$

В нашому випадку затрати праці будуть становити:

$$Z_{\Pi} = (2 + 0) / 59,8 \cdot 7 = 0,05 \text{ год./га.}$$

Виробіток машинно-тракторних агрегатів в умовних одиницях визначають за формулою:

$$W_y = \lambda \cdot N_{\text{ЗМ}} \cdot T_{\text{ЗМ}}, \quad (2.12)$$

де W_y – виробіток агрегату в умовних одиницях, у. е. га;

λ - годинна еталонна продуктивність, у. е. га/год.

Умовний виробіток на операції лушення буде таким:

$$W_y = 1,65 \cdot 1,0 \cdot 7 = 11,55 \text{ у. е. га.}$$

Аналогічно приведеному прикладу по лущенню стерні ми виконуємо решту розрахунків, по операціям.

Всі отримані дані заносимо у відповідні їм колонки технологічної карти.

2.2 Побудова графіка використання тракторів

При побудові графіка використання тракторів по осі абсцис відкладають заданий календарний період виконання польових механізованих робіт, а по осі ординат — установлену розрахунком кількість тракторів відповідних марок, що необхідна для виконання запланованого обсягу робіт по операції (див. Лист №4). Кожній операції на графіку може відповідати один або кілька прямокутників,

основою яких є тривалість виконання операції в календарних днях, а висотою — кількість тракторів, зайнятих на виконанні даної операції.

Графіки використання всіх запланованих марок тракторів будують на одному аркуші та на одній календарній шкалі. Якщо строки проведення робіт по кількох операціях збігаються, то прямокутники на графіках відповідних, марок тракторів будуть один над другим. Загальна висота їх у перерізу, перпендикулярному осі календарних днів, дорівнює в масштабі кількості тракторів, необхідних у даний момент для виконання запланованих робіт.

Кожний прямокутник кодують номером тієї операції, на виконання якої запланований даний трактор.

Побудова графіків використання тракторів, одночасно з визначенням комплексу машин для виконання циклу механізованих робіт, дає можливість визначити завантаження всього тракторного парку підрозділу в заплановані календарні строки виконання будь-якої операції: які трактори і скільки уже заплановано до використання у ці ж строки, які та скільки ще вільні. Це дозволяє ще на ранній стадії складання плану виконання робіт та проведення відповідних розрахунків виявити грубі прорахунки в розподілі тракторів за операціями та помилки в розрахунках, встановити причину підвищеної потреби в тракторах та механізаторах і визначити, яким чином зменшити цю потребу: або «передати роботу» на другу, менш завантажену марку трактора, якщо він може якісно виконати даний вид роботи, або збільшенням тривалості робочого дня в цей період, або зміною інтенсивності роботи в межах агростроку, або зміною виконання процесу.

Таблиця 2.4 – Потреба у тракторах для виконання технологічного процесу вирощування картоплі

Марка трактора	Необхідна кількість
Трактори: Т-150К	1
Т-150	2
МТЗ-80	3
МТЗ-82	5

Після побудови графіка використання тракторів та його коригування по ньому візуально визначають, найбільшу кількість тракторів кожної марки, що одночасно зайняті на виконанні механізованих робіт, яку й приймають, за потребу в них.

Розраховану кількість тракторів наведемо у таблиці 2.4.

2.3 Побудова графіка використання сільськогосподарських машин

Одночасно або після побудови графіка використання тракторів будують графік використання сільськогосподарських машин. Для цього по осі абсцис графіка відкладають, як і в першому випадку, календарні дати, а по осі ординат — найменування та марку сільськогосподарських машин та сумарну потребу в цих машинах. Використання сільськогосподарських машин на цих графіках позначають лінією, паралельною осі абсцис, довжина якої у відповідному масштабі дорівнює розрахунковій тривалості роботи сільськогосподарської машини на виконанні технологічної операції. Над лінією проставляють розрахункову кількість тих машин, що використовують на даній операції, а під лінією — номер цієї операції в переліку запланованих робіт на даному полі сівозміни.

Таблиця 2.5 - Потреба у сільськогосподарських машинах для виконання технологічного процесу вирощування картоплі

Сільськогосподарська машина	Необхідна кількість
ЛДГ-15	1
ПЛН-6-35	2
ПЭА-1,0	1
БЗСС-1,0	21
БЗТС-1,0	21
ПРТ-10	1
КПС-4	3
УСМК-5,4	1

Продовження таблиці 2.5

СП-11	1
СГ-21	1
КРН-4,2	1
КСМ-4М	1
1ПТС-4	5
КОН-2,8ПМ	1
РЖТ-4,2	1
ОП-2000	1
КИР-1,5Б	2
ККУ-2А	3

Після побудови графіка по ньому визначають найбільшу кількість сільськогосподарських машин кожної марки, одночасно зайнятих на виконанні технологічних операцій, яку й приймають за потребу в них.

На цьому графіку лініями другої товщини або другого кольору можуть бути позначені періоди зняття сільгоспмашин із зберігання та постановки їх на короткочасне або тривале зберігання, період ремонту по закінченню використання їх на механізованих роботах. У цьому разі графік використання машин буде одночасно і планом-графіком комплектування та налагодження агрегатів, постановки машин на зберігання та їх ремонт. Розраховану необхідну кількість сільськогосподарських машин наведемо у таблиці 3.5.

Після проведення даних розрахунків ми маємо розраховану необхідну кількість тракторів і сільськогосподарських машин для виконання технологічного процесу вирощування картоплі.

3 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

3.1 Характеристика умов збирання картоплі та агротехнічні вимоги до процесу

Картопля, як продовольча, харчова та технічна культура займає провідне місце після зернових. Цінність її обумовлена високим вмістом у бульбах поживних речовин (крохмалю 17,5%, білку 1 – 2%, цукру 0,5%, мінеральних солей 1%) та вітамінів (С, В₁, В₂, В₆, РР, К), а також урожайністю бульб (у середньому 200 – 300 ц/га). Крім того, картопля – добрий попередник для більшості сільськогосподарських культур.

Кущ картоплі у середньому містить 3 – 6 стебел довжиною 60 – 90см. (максимально до 2 метрів) і діаметром біля основи 4 – 20мм. Співвідношення маси картоплиння до маси бульб становить 1/3 – 1/2. Об'ємна маса картоплиння в ущільненому стані 133 кг/м³ [15,18].

Якість роботи картоплезбиральних машин залежить в першу чергу від вологості й механічного складу ґрунту, які зумовлюють тяговий опір машин та особливо сепаруючу здатність робочих органів.

У пластичному стані ґрунт має підвищену міцність, завдяки чому звичайні сепаруючі робочі органи залипають, стають непрацездатними.

Під час збирання вологість ґрунту в картопляній грядці коливається у середньому від 10 до 26%. Найефективніше працюють картоплезбиральні машини при вологості 14 – 20%.

Картоплезбиральні машини повинні забезпечувати збирання картоплі при міжряддях 60 – 70 см, а також мати пристосування, які дозволяють використовувати їх при міжряддях 90 см і забезпечувати викопування бульбоносної глибини до 21 см при ширині гнізда до 40 см, при цьому відхилення глибини ходу від встановленого не більше ± 2 см. Загальні втрати за машиною не повинні перевищувати 3% . Бульби масою до 20 г до втрати не відносяться.

При збиранні картоплекопачами ширина розкиду бульб за машиною не повинна перевищувати 1 м, а при використанні картоплекопачів валко-укладачів ширина валка не повинна перевищувати 0,9 м. Товщина шару землі і бульб при цьому не повинна перевищувати 10 см.

Маса пошкоджених бульб для картоплекопачів не повинна перевищувати 3%, а для комбайнів 12% від їх загальної маси. До пошкоджених бульб відносяться роздавлені, розрізані, з тріщинами по довжині більше 20 мм, з потемнінням м'якоті від ударів глибиною 5 мм і з зідраною шкіркою більше ніж на 1/4 поверхні бульби.

Частота картоплі в бункері комбайна повинна бути не менше 97%, тобто допускаються домішки до 3% при відправці картоплі від комбайна відразу для закладки в сховища, а при відправці на картоплесортувальний пункт не менше, ніж 80%.

Картоплесортувальний пункт повинен забезпечувати:

- якісну обробку вороху з вихідним забрудненням до 25%;
- розділення картоплі на такі фракції: велику – продовольчу (більше 80г);
- насінну (50 – 80г) та мілку – кормову (30 – 50г).

При цьому в кожній фракції допускається не більше 10% бульб суміжної фракції.

Кількість пошкоджених бульб при сортуванні не повинна перевищувати 1%. Картоплесортувальні машини повинні мати пристрій для ручного відбору домішок і пошкоджених чи хворих бульб [14, 17, 19].

3.2 Способи збирання картоплі і огляд конструкцій машин

Технологічний процес збирання картоплі включає такі основні операції [14, 19]:

- підкопування (викопування шару ґрунту з кущами картоплі);
- сепарацію підкопаної маси, тобто відокремлення бульб від ґрунту та картоплиння, видалення каміння, рослинних й інших домішок;

- збирання та завантаження бульб у тару або транспортний засіб;
- перебирання і сортування бульб за фракціями (дрібна, середня та велика).

Дуже розвинуте картоплиння рекомендується видаляти механічним (скошування, подрібнення або брання) та хімічним способами за 1 – 10 днів до збирання картоплі.

Хімічний спосіб видалення полягає в обприскуванні картоплиння розчинами сірчаної кислоти, ціанаміду кальцію, хлориду магнію та інших, під дією яких рослина засихає та гине.

Картоплю збирають роздільним, комбайновим або потоковим способами.

При роздільному способі картоплезбиральна машина (копач) підкошує і частково або повністю сепарує підкопаний шар. Бульби у тару збирають вручну.

При комбайновому способі машина (комбайн) підкошує, повністю сепарує, збирає та завантажує бульби у тару або транспортний засіб.

Потоковий спосіб характеризується тим, що при цьому використовують комплекс одночасно працюючих машин, у який входять картоплезбиральні агрегати, транспортні засоби та картоплесортувальні пункти.

Потоковий спосіб може бути одно – або двофазовим. Він дозволяє підвищити продуктивність картоплезбирального комбайна і розширити межі його роботоздатності для більш важких ґрунтово – кліматичних умов. При однофазовому способі збирання – за рахунок того, що допускається одержувати від комбайна ворох бульб підвищеної засміченості, оскільки останній надходить безпосередньо на картоплесортувальний пункт, де віндоочищується до необхідної кондиції.

Двофазовий спосіб збирання полягає в тому, що попередньо копач викопує картоплю з двох, чотирьох або шести рядків і укладає її в один валок. У валку бульби лежать протягом двох – шести годин, при цьому ґрунт підсихає (вологість знижується на 3 – 6%) і підвищується міцність шкірочки бульб. Потім валок підбирає картоплезбиральний комбайн. Такий спосіб збирання особливо рекомендується застосувати для умов підвищеної вологості ґрунту, коли пряме комбайнування неможливе [14, 19].

Враховуючи конкретні ґрунтово-кліматичні умови господарства (тип і вологість ґрунту під час збирання, розмір та рельєф поля, урожайність картоплі та інші), засоби механізації для збирання урожаю картоплі поділяють на два основні типи: картоплекопачі та картоплезбиральні комбайни.

На перший погляд застосування картоплезбиральних комбайнів значно підвищує продуктивність роботи та зменшує затрати ручної праці, проте їх доцільно використовувати на полях із довгими загінками при високій урожайності картоплі та на легких ґрунтах. На полях із суглинковими чорноземами, де підвищена вологість ґрунту та поширена засміченість бур'янами та кам'яними рештками, а також на малих площах для збирання використовують картоплекопачі.

Поряд із перерахованими типами машин для збирання картоплі існують їх численні модифікації та варіанти, у відповідності з якими змінюються їх конструкції та технологічні схеми роботи (рис. 3.1, 3.2, 3.3).

Найбільш поширеними машинами для викопування бульб є картоплекопачі розкидального типу (рис. 3.1,а). Основним робочим органом є ротор, встановлений безпосередньо в зоні підкопування грядки. Як правило, такі машини випускають однорядними. Технологічний процес здійснюється наступним чином. При переміщенні машини леміш підкопує бульбоносний пласт, який в момент сходу із леміша руйнується та розкидається на поверхні поля гребінками ротора. Після проходу картоплекопача отримують смугу розкидання шириною 1,5...3,0 м, на якій розміщена основна маса бульб для подальшого ручного підбору.

Основним робочим органом картоплекопачів просіювального типу (КТН-2В, КВН-2М, КГ-2, КСТ-1,4) є пруткові елеватори та коливальні грохоти.

В деяких конструкціях картоплекопачів для сепарації ґрунту використовують кулачкові та валкові грохоти. Для роботи картоплекопача на важкосуглинкових ґрунтах встановлюють декілька пруткових елеваторів (наприклад в КСТ-1,4), а також обладнують їх бітерами та сепаруючими рештками.

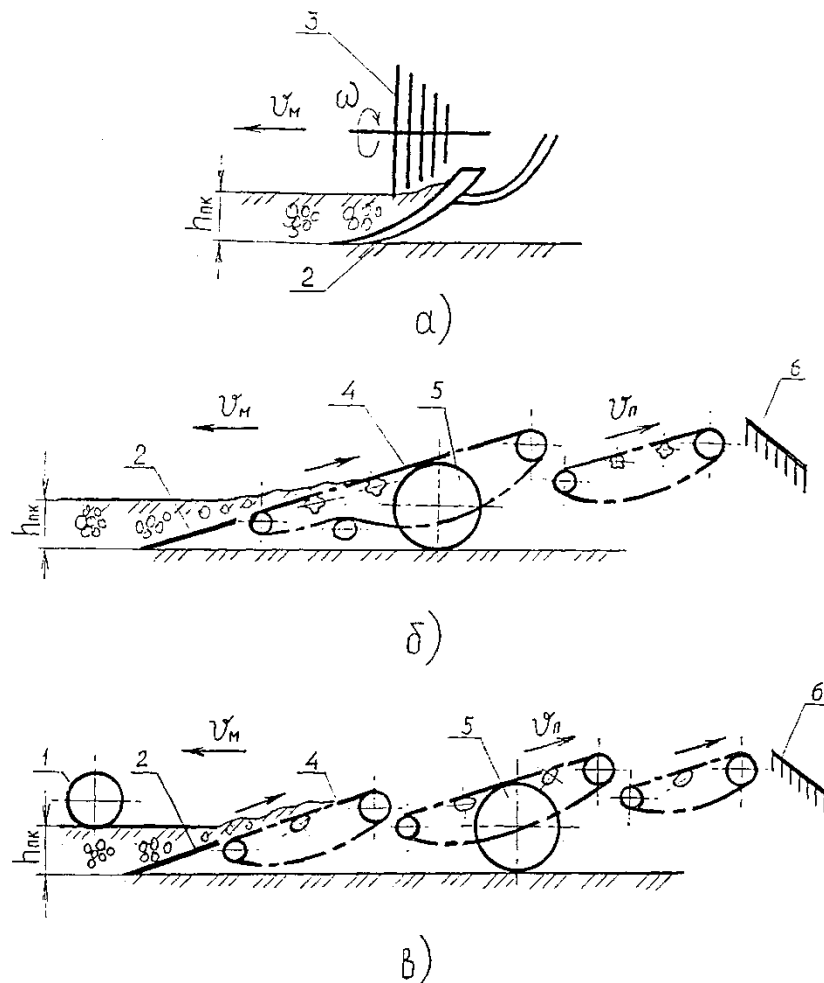


Рисунок 3.1 - Конструктивно-технологічні схеми картоплекопачів розкидального та просіювального типу: а) КТН-1А; б) КТН-2В; в) КСТ-1,4: 1 – копіювальний коток; 2 - леміш; 3 - ротор; 4 - прутковий елеватор; 5 - опорне колесо; 6 - звужувальна решітка
Умовні позначення: V_M - поступальна швидкість машини; V_n – швидкість полотна елеватора; ω - кутова швидкість ротора

Існуючі конструкції машин, які призначені для збирання картоплі можна розділити на такі групи. Копачі кидального типу, копачі просіваючого типу та картоплезбиральні комбайни. Кожна з цих груп машин призначена для виконання однієї чи декількох операцій.

Картоплекопачі підкопують один-два рядки картоплі на глибині залягання бульб, розмелюють бульбоносний шар ґрунту струшуванням, розтягом, ударом

або стиском, відсіюють мілкі фракції ґрунту і укладаючи бульби на поверхні поля [3, 13, 14, 16, 17].

Копачі кидального типу підрізають лемешем бульбоносний пласт, який при сході з леміша руйнується гребінками швирылки роторного типу, які мають 6 – 8 гребінок, складених з 5 круглих прутків діаметром 14 – 15мм. Швирылка здійснює обертовий рух в вертикальній площині, перпендикулярні напрямку рядків. Пласт що відкидається розміщується тонким шаром на поверхні зібраного поля смугою 1,5 – 2,5 м, при цьому до 95% бульб виявляються на виду, що полегшує їх збирання [16, 17].

Для зменшення ширини відкидання і зменшення пошкоджень бульб ротором прутки гребінки відігнуті в напрямку обертання, а колова швидкість їх кінців не перевищує 6 м/с. Найбільш часто застосовують копачі кидального типу на ґрунтах підвищеної вологості та засмічених дрібними камінцями.

Роторний картоплекопач КТН-1А (рис. 3.1, б) використовують для збирання картоплі, посаженої з міжряддями 60... 90см. Копач підкопує лемішем 2 один рядок і подає бульбоносний пласт до ротора 1, що обертається. Лопаті подрібнюють пласт і кидають ґрунт з бульбами на поверхню поля. Копач агрегується з трактором класу 0,6.

Технологічний процес копача просіваючого (рис. 3.1,в) полягає в наступному. Бульбомістний шар ґрунту підкопується лемішами і поступає на сепаруючий робочий орган, на яких руйнується. Ґрунт просіюється через зазори сепаруючої поверхні, а бульби, гичка і не просіяні грудки викидаються позаду машини. Збирають клубні з поверхні ґрунту вручну. При цьому затрати праці на підбір бульб на 20 – 25% нижчі чим при збиранні копачами кидального типу.

Елеваторний напівнавісний картоплекопач КСТ-1,4 (рис. 3.1, в) призначений для збирання двох рядів картоплі, посаженої з міжряддями 70 см.

Він наділений активними лемішами 5, швидкісним 6, основним 8 і каскадним 10 елеваторами, ходовими 9 і опорними 3 колесами. Леміша 4 закріплені на підвісках, шарнірно приєднаних до рами, і коливаються шатунами 3 з амплітудою 14 мм і частотою 8,3; 9,4 і 10,5 с⁻¹. Частоту коливань лемішів

регулюють зміною зірочок на валу редуктора.

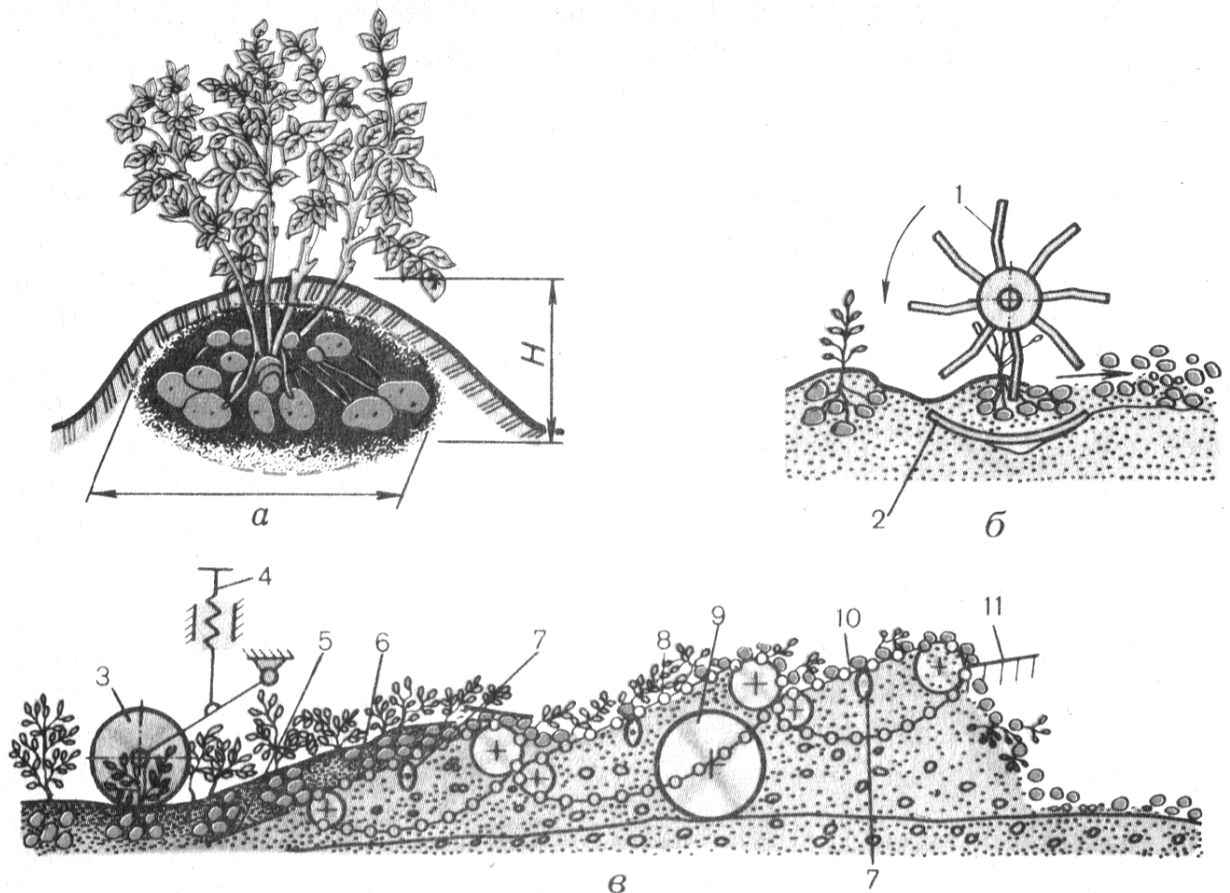


Рисунок 3.2 - Технологічний процес работ картоплекопачів:

а – параметри куща картоплі; б – схема робочого процесу картоплекопача КТН-1А; в – схема робочого процесу картоплекопача КСТ-1,4; а – ширина гнізда; Н – глибина залягання; 1 – ротор; 2 – криволінійний леміш; 3 – опорне колесо; 4 – гвинтовий механізм; 5 – плоский леміш; 6 – швидкісний елеватор; 7 – еліптичні струшувачі; 8 – основний елеватор; 9 – ходове колесо; 10 – каскадний елеватор; 11 – щиток

Лемеші (рис. 3.2, а) що коливаються добре кришать пласт, менше залипають ґрунтом, виключають вивантажування ґрунту і рослинної маси перед елеватором, знижують тяговий опір копача. Тому КСТ-1,4 можна використовувати для збирання картоплі на важких ґрунтах вогкістю до 27%.

Відкидні пальці 5, встановлені на лемішах, утворюють грати для просівання ґрунту і попереджають заклинювання каміння між лемішем і елеватором. Камінь 11, захоплений з поля прутками елеватора, піднімає пальці і

закидається на полотно елеватора. Глибину ходу лемішів до 25 см регулюють гвинтовим механізмом 4.

Елеватори 6, 8 і 10, призначені для переміщення і роздрібнення бульбоносного пласта, відділення ґрунту від бульб і відсіву її, розташовані один за іншим з перепадом по висоті. Вони є ґратчастими полотнами із замкнутим контуром, верхні гілки яких рухаються від лемішів до виходу. Верхня гілка при русі струшується еліптичними зірочками 7.

Полотно елеватора утворено прутками 9 (рис. 2.2б), кінці яких закладені в ланки ланцюга 6. Швидкісний елеватор має три ланцюги, основний і каскадний – два ланцюги, якими полотно спирається на зірочки провідного валу і опорні ролики 7. Суміжні прутки сполучені планками і зігнуті в протилежні сторони, утворюючи кишені, що запобігають укочуванню бульб. Прутки каскадного елеватора покриті гумою, що оберігає бульби від пошкодження.

Полотно першого елеватора рухається з більшою швидкістю, ніж копач. Тому пласт, що поступає на нього, розтягується і інтенсивно подрібнюється, що полегшує виділення бульб. Пласт, переходячи з одного елеватора на інший, падає і додатково подрібнюється. М'який ґрунт просіюється між прутками, нерозбиті грудки і бадилля сходять з каскадного елеватора. Ширину смуги розстилання бульб регулюють поворотом щитків 11 (рис. 3.2 в).

Ширина захвату копача 1,4 м. Його агрегують з тракторами МТЗ-80 [9, 13, 16, 17].

Елеваторний картоплекопач КТН-2В, забезпечений пасивними лемішами і двома елеваторами, застосовують для збирання бульб на легких і середніх ґрунтах. Технологічний процес протікає аналогічно процесу КСТ-1,4. Ширина захвату копача 1,4 м.

Самохідний картоплекомбайн-навантажувач КСК-4-1 призначений для збирання картоплі з чотирьох рядів прямим комбайнуванням на легких, середніх і важких ґрунтах. Він складається (рис. 3.3) з чотирьох пасивних лемешів 3, основного 5, другого 6 і третього 10 пруткових елеваторів, двох пар

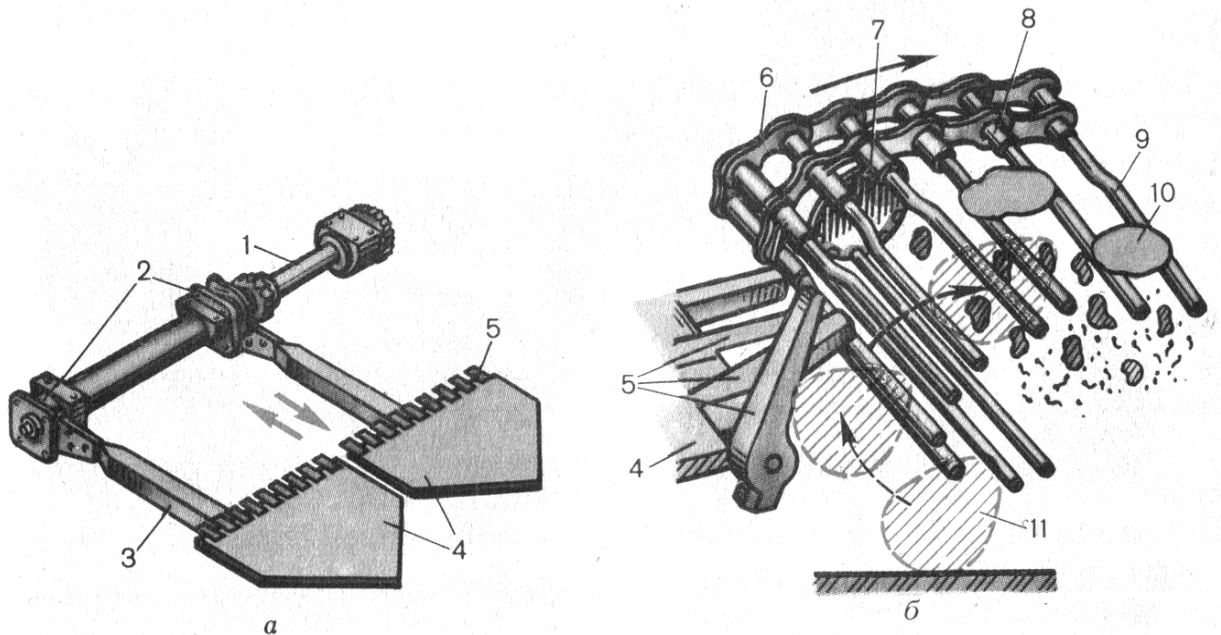


Рисунок 3.3 - Робочі органи копача КСТ-1,4:

а – активні лемеші; б – елеватор; 1 – вал; 2 – ексцентрики; 3 – шатун; 4 – лемеші; 5 – відкидні пальці; 6 – ланцюг; 7 – ролик; 8 – втулки; 9 – пруток; 10 – бульба; 11 – камінь

грудкоподрібнювачів 8, двох поперечних 9, виносного 11, проміжного 12, вивантажного 16 транспортерів і рідкопруткового транспортера 13, пальчикової гірки 14 і притискного транспортера 15.

Лемеші копача підкопують картоплю одночасно з чотирьох рядів і подають ґрунт з бульбами на основний елеватор 5. В результаті коливань ґрунт руйнується і частково просівається. З першого елеватора оброблювана маса поступає на другий елеватор 6.

При сході з елеватора 6 бульби і домішки прямують до пневматичних балонів-грудкоподрібнювачів 8, далі поступають на два поперечні транспортери 9 і скидаються ними на елеватор 10. Просіяний ґрунт транспортером 11 скидається на поле. З третього елеватора бульби і ґрунт поступують на рідкопрутковий транспортер 13, бульби і ґрунтові грудки прокидаються на транспортер 12 і скидаються їм на вивантажний транспортер 16, бадилля з не відірваними бульбами зависає на прутках транспортера 13 і

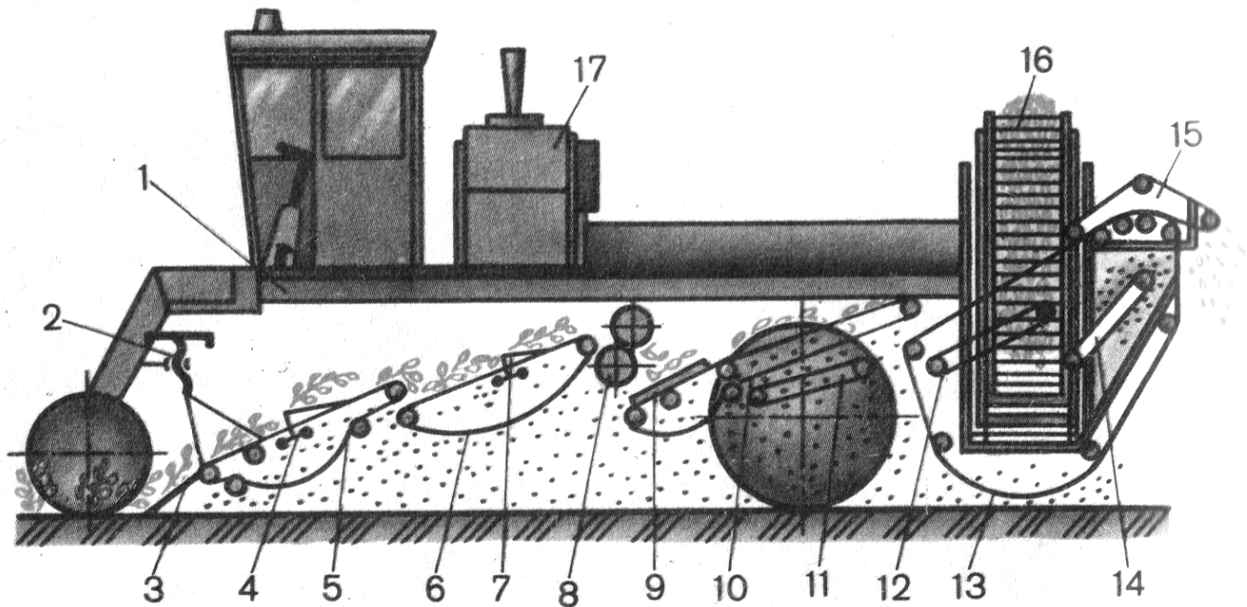


Рисунок 3.4 - Схема робочого процесу самохідного картоплекомбайна-навантажувача КСК-4-1:

1 – шасі; 2 – механізм регулювання глибини лемішів; 3 – леміш; 4 і 7 – механізми струшування; 5, 6 і 10 – елеватори; 8 – грудкоподрібнювач; 9, 11, 12, 13 і 16 – транспортери відповідно поперечний, виносний, проміжний, рідкопрутковий, вивантажувальний; 14 – гірка для видалення бадилля; 15 – притискний транспортер; 17 – двигун

поступає до притискного транспортера 15. Бульби, що відірвалися, падають на гірку 14, потім на транспортер 16 і завантажуються в транспорт, що поряд рухається. Глибину ходу лемішів регулюють, обертаючи гвинт механізму 2.

Амплітуду струшування робочої вітки основного 5 і другого 6 елеваторів змінюють від 0 до 65мм поворотом корпусу кривошипа механізму струшувачів 4 і 7. Продуктивність комбайна 0,8 га/год.

Дворядний напівнавісний комбайн ККУ-2А (рис. 3.4) – базова модель картоплезбиральних комбайнів. Його випускають в декількох модифікаціях.

Активні леміші 2 комбайна подібні лемішам копача КСТ-1,4. Частоту коливань лемішів в межах $7,5 \dots 9,2 \text{ с}^{-1}$ регулюють варіатором: на легких ґрунтах знижують, на важких підвищують.

Для інтенсивного кришіння пласта і сепарації ґрунту елеватор забезпечений механізмом примусового струшування 23, що складається з поворотної планки з двома роликами 24 і кривошипно-шатунного приводу 22. Амплітуду струшування полотна елеватора змінюють від 0 до 65 мм поворотом

корпусу кривошипа 20 щодо диска 19. Амплітуду струшування підбирають такою, щоб з основного елеватора сходила невелика частина ґрунту, оскільки відсутність ґрунтового прошарку на ньому приводить до підвищеного пошкодження бульб [9, 13, 14, 16, 17].

Грудкоподрібнювач складається з двох пневматичних балонів, що обертаються назустріч, між якими проходять бульби, ґрунт і бадилля, що сходять з елеватора. В камери балонів накачане повітря під тиском 10...30 кПа. Колова швидкість верхнього балона більша, ніж нижнього. Тому балони не тільки стискають, але і розтирають грудки ґрунту, що сприяє інтенсивному їх руйнуванню і відриву бульб від стolonів. Ступінь руйнування ґрунтових грудок залежить від тиску в балонах, зазору між ними і міцності грудок. Із збільшенням змісту міцних грудок в ґрунті тиск збільшують до 130 кПа, а зазор зменшують до 0,5...2 мм. При меншій міцності грудок тиск знижують до 10 кПа, а зазор збільшують до 4...6 мм, щоб виключити пошкодження бульб.

Гірка 13 призначена для розділення бульб і домішок. Складається вона з нескінченного пальчикового полотна, встановленого похило. Верхня гілка полотна рухається в напрямку обертання барабана. Бульби і грудки овальної форми скачуються на нижню половину перебирального столу. Залишки бадилля, грудки плоскої форми переміщуються стрічкою на верхню частину столу. Якість розділення регулюють зміною кута нахилу гори від 12 до 35°.

Перебиральний стіл 9 використовують для відділення вручну бульб від домішок: каміння, грудок ґрунту, рослинних залишків. Поверхня столу – прогумована стрічка, яка рухається від місця завантаження у бік бункера 4. Вздовж полотна, над його серединою, встановлені дільник 8, з одної сторони котрого рухається потік бульб, з другої – суміші. По сторонах розташовані площадки для робітників – перебирачів.

Прутковий транспортер 6 має лопаті, якими переміщає бульби в бункер 4. Транспортер обладнаний екраном – гасником 5 з прогумованого полотна для зниження швидкості бульб при скиданні їх в бункер 4.

Лемеші 2 комбайни ККУ-2А (рис. 3.4) підкопують пласт разом з бульбами

з двох рядів картоплі і подають його на основний елеватор 3. Елеватор спушує пласт, сепарує частину ґрунту і подає масу, що залишилася, до грудкоподрібнювача. Балони 18 руйнують великі грудки і скидають масу на другий елеватор 16, який відсіває дрібний ґрунт і подає ворох до барабанного транспортера 10. Бадилля зависає на прутках рідкопруткового транспортера 15 і при подальшому русі бульби, що залишилися, відриваються від стolonів. Бадиллєвидаляч скидає бадилля на поле.

Бульби із залишками ґрунту і домішок підіймаються барабаним транспортером 10 і викидаються на полотно гірки 13 де відбувається їх відділення від домішок. Робітники-перебирачі коректують роботу гірки – відбирають домішки з потоку бульб. Бульби транспортером 6 завантажуються в бункер, а домішки транспортером 7 скидаються на полі. Заповнений бункер розвантажують на ходу або із зупинкою агрегату.

Комбайн ККУ-2А-1 з пасивним лемішем застосовують для збирання картоплі прямим комбайнуванням на гребенястих і гладких посадках.

Комбайн ККУ-2А-3, забезпечений здвоєними ходовими колесами і призначений для збирання картоплі, вирощеної на торф'яно-болотистих ґрунтах, прямим комбайнуванням, роздільним і комбінованими способами.

4 ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА

4.1 Обґрунтування схеми копача

Картопля є цінним харчовим продуктом і джерелом сировини для деяких галузей переробної промисловості. Територія України за своїми ґрунтово-кліматичними умовами підходить для вирощування цієї культури. У агротехніці вирощування картоплі важливим технологічним процесом є збирання бульб. Це дуже трудомісткий процес, який включає такі операції, як зріз кущів картоплі разом з ґрунтовою скибою, відділення бульб від ґрунту та інших домішок.

Одними із основних машин в умовах невеликих (фермерських) господарств для збирання картоплі є картоплекопачі, які призначені для механізації процесу збирання картоплі.

Оскільки не випускається однорядний картоплекопач–валкоукладач, тому в даній роботі ставиться завдання оснастити однорядковий картоплекопач поперечним транспортером і таким чином переобладнати його в картоплекопач-валкоукладач. Крім того, необхідно зменшити енергоємність його робочих органів.

При цьому необхідно вирішити такі завдання:

- обґрунтувати технологічну схему картоплекопача і основні технологічні характеристики;
- провести розрахунок конструктивних параметрів;
- розрахувати параметри робочих органів картоплекопача;
- провести необхідні економічні розрахунки;
- розробити комплекс заходів з безпеки життєдіяльності;
- розробити технічну документацію на прийняття конструкторського рішення.

Технологічний процес удосконаленого копача включає такі операції:

- підкопування шару ґрунту з кущами картоплі з наступною подачею його на сепарацію;

- сепарацію підкопаної маси, тобто відокремлення бульб від ґрунту та картоплиння;
- укладання бульб картоплі у рядок по правій стороні ходу машини, що скорочує процес збирання врожаю після викопування.

Удосконалений картоплекопач призначений для роботи на суглинистих ґрунтах. Він повинен задовільно виконувати технологічний процес при поступальній швидкості до 6 км/год. Активні боковини копача приводяться в рух через ексцентрик, який регулює амплітуду та частоту коливань вібруючих частин леміша. Частота коливань вібруючих боковин повинна становити до 9,4 герц, а амплітуда 14 мм.

Картоплекопач має складається з таких основних вузлів: рама, причіпна балка, вал карданний, ходові колеса, вал приводу, проміжна опора, запобіжна муфта, редуктори, ланцюгова передача, коток-копір, підрізні диски, ніж, струшувач, транспортер - сепаратор, поперечний транспортер.

Маса картоплекопача не повинна перевищувати 700 кг. Привід машини здійснюється від ВВП трактора через карданний вал, який передає крутільний момент до кінцевого редуктора, який в свою чергу через ланцюгові передачі приводить в рух всі робочі органи картоплекопача.

Сепарувальні робочі органи повинні відділяти бульби від ґрунту з їх мінімальним травмуванням.

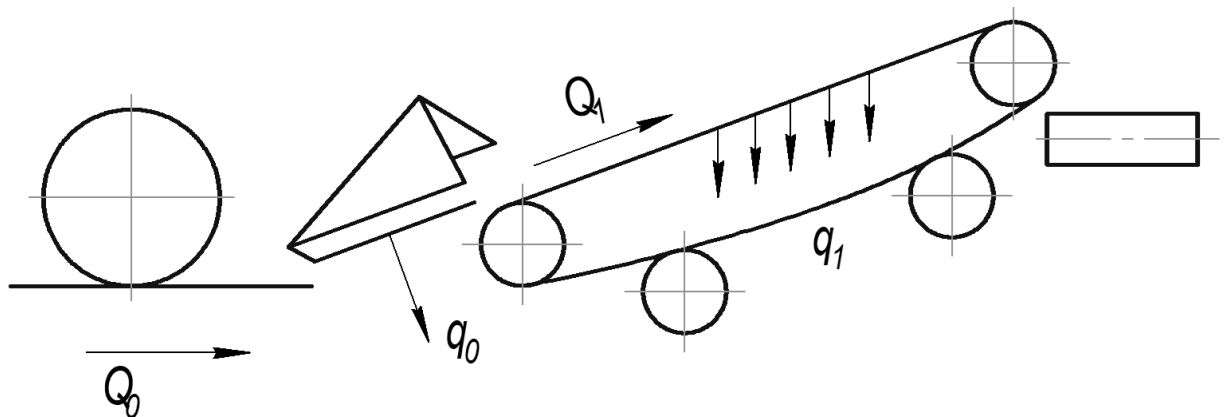


Рисунок 4.1 - Схема технологічного процесу картоплекопача

Найбільш раціональним засобом агрегування картоплекопалки з трактором є напівначіпний.

Схема технологічного процесу картоплекопалки показана на рис. 4.1.

4.2 Технологічні властивості бульб і ґрунтових грудок

В процесі механізованого збирання картоплі найважливішою задачею є відділення бульб від ґрунту. Робочі органи картоплезбиральних машин розділяють картопляний ворох по відмінності в геометричних розмірів і фрикційних властивостей бульб і грудок ґрунту.

Фізико – механічні властивості бульб залежать від сорту картоплі, умов вирощування і ґрунтово-кліматичної зони.

Маса і розмір бульб знаходяться в прямій залежності від врожайності. Чим вона вище, тим крупніші бульби.

Об'єм і розміри бульб картоплі зв'язані наступною залежністю, встановленою В. П. Горячкіним [17]

$$V_{\sigma} = \varepsilon_{\kappa} abc \quad (4.1)$$

де V_{σ} – об'єм бульби;

a, b, c – відповідно довжина, ширина і товщина бульби;

ε_0 – коефіцієнт (для еліпсоїда $\varepsilon_0 = 4/3\pi$).

Маса бульби

$$Q = \varepsilon_{\kappa} abc \quad (4.2)$$

де ε_{κ} – коефіцієнт, рівний 0,56...0,65.

Види тертя, що виникають при переміщенні бульб картоплі, – це тертя ковзання, тертя кочення і тертя перекидання. Тертя перекидання відрізняється від тертя кочення тим, що переміщення бульби під дією сили відбувається уздовж великої осі (довжини) бульби. Значення коефіцієнтів відповідних видів тертя дані в таблиці 4.1.

Коефіцієнт тертя кочення бульби по бульбах коливається в межах 0,5...0,6, тертя ковзання – 0,8.

Таблиця 4.1 - Коефіцієнт тертя бульб картоплі.

Матеріал поверхні	Коефіцієнт тертя		
	кочення	перекидання	ковзання
Гума	0,35...0,37	0,43...0,53	0,70...0,75
Стальний лист	0,32...0,36	0,37...0,45	0,58...0,60
Прогумована стрічка	0,37...0,40	0,50...0,54	0,60...0,78
Поліетилен	–	–	0,40...0,42
Ґрунт	–	–	0,98...1,03

Коефіцієнт тертя кочення бульби по бульбах коливається в межах 0,5...0,6, тертя ковзання – 0,8.

Руйнування бульб під дією стискаючого статичного навантаження залежить від сорту картоплі і напрямку сили (уздовж ширини, довжини або товщини). Середнє зусилля роздавлювання коливається в межах 511...987 Н.

При динамічному навантаженні пошкодження бульб залежить від матеріалу поверхні і швидкості удару. Граничні швидкості при ударі є такими: об металеві ґрати – 1,4...1,7м/с; об супіщаний ґрунт – 6,2м/с [16, 17].

Стан ґрунту у великій мірі впливає на працездатність сепаруючих пристроїв. Процес сепарації залежить від механічного складу і вогкості ґрунту, які, в свою чергу, визначаються такими показниками, як пластичність, клейкість, міцність грудок ґрунту і т.д.

Ґрунти різних кліматичних зон характеризуються надзвичайним різноманіттям. В межах однієї зони, області і району можуть зустрітися типи ґрунтів, різко відмінні за властивостями.

Збільшення вогкості вище за певну межу веде до зростання пластичності і клейкості ґрунту, внаслідок чого сепаруючі робочі органи залипають і їх працездатність різко погіршується.

При малій вогкості підвищується міцність грудок ґрунту, що ускладнює їх руйнування і подальшу сепарацію.

Міцність ґрунтових грудок знаходиться в прямій залежності від їх розміру.

Руйнування при стисканні дрібних грудок (21...30 мм) відбувається при дії сили 40...50 Н, крупних (71...80 мм) при 120...200 Н.

Середня міцність бульб перевершує міцність грудок суглинних ґрунтів, але мінімальна міцність бульб і максимальна міцність грудок ґрунту перекриваються.

Опір грудок ґрунту деформації вигину значно менше ніж опір деформації стиснення. Це необхідно враховувати при проектуванні сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин.

Коефіцієнт тертя кочення одинарних грудок по гумі в середньому рівний 0,51, при груповому скочуванні 0,4...0,62. Коефіцієнт тертя кочення ґрунтових грудок по сталі в середньому рівний 0,5 [16, 21].

4.3 Розрахунок продуктивності картоплекопача

Розрахункова продуктивність картоплекопалки за годину чистої роботи визначається за формулою [16]

$$F_0 = 0,1 \cdot i \cdot m \cdot \delta_m \quad (4.3)$$

де i – кількість збираємих рядків;

m – ширина міжрядь, м.;

δ_m – швидкість агрегату, км/год.

Розраховуючи швидкість агрегату δ_m вибирають на основі характеристик поступової швидкості тракторів, які агрегуються з картоплекопалкою і для суглинистих ґрунтів оптимальної вологості 5,5 км/год.

$$F_0 = 0,1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 5,5 = 0,335 \text{ га/год.}$$

При роботі картоплекопача на його робочі органи надходять ґрунт, бульба, залишки бадилля та іноді каміння.

Загальна кількість маси, яка надходить в картоплекопалку складається з наступних компонентів [16]:

$$Q = Q_n + Q_{кл} + Q_б, \quad (4.4)$$

де Q_n – кількість ґрунту, що підкопується;

$Q_{кл}$ – кількість бульб;

$Q_{б}$ – кількість бадилля.

Середня секундна подача ґрунту в картоплекопач без урахування ваги бульб складає [13]:

$$Q_{кл} = Q + Q_{кл} = S \cdot \delta_m \cdot q \quad (4.5)$$

де S – площа січення пласта, що підкопується, $S = 0,09 \text{ м}^2$;

q – об'ємна вага ґрунту, $q = 1400 \text{ кг/м}^3$.

$$Q_{кл} = 0,09 \cdot 1,52 \cdot 1400 = 191,5 \text{ кг/сек.}$$

Кількість бульб, що надходять у картоплекопач, може бути визначена за формулою [13]:

$$Q_{кл} = 0,1 \cdot i \cdot m \cdot G_{кл} \cdot \delta_m, \quad (4.6)$$

де i – кількість рядків;

m – ширина міжряддя, $m = 0,7 \text{ м}$;

$G_{кл}$ – врожайність бульб, $G_{кл} = 25 \text{ т/га}$.

$$Q_{кл} = 0,1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 25 \cdot 1,5 = 2,6 \text{ кг/сек.}$$

Пласт, що підкопується містить всього 1 – 2% бульб по масі. Крім того в машину надходить гичка, секундна маса, якої $Q_{б}$ може бути знайдена за формулою:

$$Q_{б} = 0,1 \cdot i \cdot m \cdot G_{б} \cdot \delta_m, \quad (4.7)$$

де $G_{б}$ – врожай гички, $G_{б} = 10 \text{ т/га}$.

$$Q_{б} = 0,1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 10 \cdot 1,5 = 1,05 \text{ кг/сек.}$$

Таким чином, загальна кількість маси, яка надходить в картоплекопач складає $Q = 195,15 \text{ кг/сек}$.

Процентне відношення компонентів в загальній масі ґрунту [16]

$$P_n = \frac{Q_n}{Q} \cdot 100\% \quad (4.8)$$

Процентне відношення ґрунту в загальній масі вороху

$$P_n = \frac{191,5}{195,15} \cdot 100\% = 98,1\%$$

Процентне відношення бульб в загальній масі вороху

$$P_k = \frac{2,6}{195,15} \cdot 100\% = 1,3\%$$

Процентне відношення бадилля в загальній масі вороху

$$P_o = \frac{1,05}{195,15} \cdot 100\% = 0,6\%$$

4.4 Розрахунок параметрів робочих органів картоплекопача

Призначення лемішів картоплекопачів – підкопати бульбоносний шар, частково або повністю зруйнувати шар і передати на наступні робочі органи.

Конструкція леміша повинна забезпечувати мінімальне захоплення ґрунту за відсутності непідкопаних або пошкоджених бульб. Лемеші сучасних картоплезбиральних машин являють собою двогранний клин.

За характером руху їх поділяють на пасивні та активні. Використовують також комбіновані леміші, які складаються з пасивних та активних елементів.

Основними параметрами пасивного леміша, крім кута скосу α , який приймають в межах $40 - 50^\circ$, є:

- кут нахилу робочої грані до горизонту α_n ;
- довжина леміша L ;
- ширина леміша B ;
- висота розміщення заднього обрізу леміша H .

Основні ти параметри зв'язані з залежністю

$$L = \frac{H}{\sin \alpha_n}. \quad (4.9)$$

Дослідним шляхом встановлено, що чим більше α_n , тим краще самоочищення леза від картоплиння та робочої поверхні від землі, що налипла, але тим більший тяговий опір, оскільки відбувається нагромадження ґрунту перед лемішем [16, 21].

У конструкціях лемішів α_n приймають 15 – 20 °. Висоту H вибирають такою, щоб забезпечити плавний перехід шару ґрунту з леміша на сусідній робочий орган решітки елеватора ($H = 80 - 90$ мм.).

Ширину плоского леміша визначають за формулою [13]:

$$B = v + 2b + 2(h - h_k) \operatorname{ctg} \varphi_0, \quad (4.10)$$

де v – ширина залягання бульб у гнізді (240 – 300мм.);

b – зміщення осі рядка відносно осі леміша через відхилення центра гнізда кущів від середньої лінії рядка та неточності водіння збирального агрегату по рядках (30 – 50мм.);

h – глибина підкопування (170 – 220мм. при збиранні підгорнутих рядків та 130 – 170мм. при не підгорнутих рядках);

h_k – глибина залягання крайніх по ширині гнізда бульб (60 – 100мм.);

φ_0 – кут природного укосу ґрунту (46 – 50 °).

Отже, користуючись формулою (3.11), будемо мати

$$L = \frac{0,085}{\sin 17^\circ} = 0,29 \text{ м.}$$

Ширину плоского леміша визначаємо за формулою (4.10)

$$B = 0,25 + 2 \cdot 0,04 + 2(0,2 - 0,07) \cdot \operatorname{ctg} 48^\circ = 0,56 \text{ м.}$$

Леміш під час руху вперед переборює зусилля опору різання ґрунту P_p , та опір руху леміша від маси P_m , яка знаходиться на робочому органі (тертя, деформації).

Повний тяговий опір [16]

$$P = P_p + P_m. \quad (4.11)$$

Леміш, який коливається, являє собою площину леза, жорстко закріплену на рамі. Остання зафіксована на підвісках і приводиться в рух кривошипно–шатунним механізмом. Підкопування шару ґрунту лемішем – це складний процес, який складається з двох періодично повторювальних простих рухів: різання ґрунту (напрямок руху машини збігається з напрямком руху леміша), його підкидання (напрямки рухів протилежні один одному).

Тяговий опір леміша залежить від параметрів його коливань. Теоретичне обґрунтування роботи цього органу ґрунтується на тому, що рух вперед і різання ґрунту відбувається тоді коли шар ґрунту, який знаходиться на леміші, будучи підкинутим уверх знаходиться у повітрі і не тисне на нього. Тоді, $P_m = 0$, а тяговий опір дорівнює $P = P_p$.

Якщо ж параметри коливання робочого органу не задовольняють вказану умову, то тяговий опір зростає замість зменшення. У цьому випадку [16]:

$$P = P_p + P_m + P_{y\delta}, \quad (4.12)$$

де $P_{y\delta}$ – опір від удару шару об леміш.

Слід мати на увазі, що зниження тягового опору лемішів порівняно з пасивними буде виконуватись тільки за умови [16]:

$$\varepsilon \leq \alpha_l, \quad (4.13)$$

де ε – передній кут нахилу швидкості δ_a переміщення леза (точка А) до горизонту;

α_l – кут нахилу леза до горизонту.

Швидкість переміщення лез леміша являє собою векторну величину:

$$\overline{V}_a = \overline{V}_m + V, \quad (4.14)$$

де \overline{V}_k – швидкість коливань леміша (спрямований під кутом $\beta + \alpha_l$;

β – кут відхилення підвісок леміша).

Швидкість коливань визначається за формулою:

$$V_{\kappa} = \omega_r \cdot \sin \omega t, \quad (4.15)$$

де ω – кутова швидкість кривошипа;

r – радіус кривошипа;

ωt – поточний кут повороту кривошипа (кутом називають кут повороту кривошипа, який відповідає часу вільного польоту шару ґрунту у момент відриву від леміша до зустрічі з ним).

$$V_{\kappa} = 2 \cdot 0,62 \cdot 0,5 \cdot \sin \pi / 2 = 0,62 \text{ м/с.}$$

При частоті коливань 9,4 амплітудою 14 мм., кутова швидкість буде дорівнювати $0,62 \text{ с}^{-1}$. Радіус кривошипа $r = 0,5 \text{ м}$.

Під час руху кривошипа у I та II квадратах $\omega t = (0 - \pi)$, коли здійснюється переважно різання, швидкість δ_{κ} спрямована вперед за ходом машини та вниз, а при $\omega t = \pi - 2\pi$ назад та ввєрх.

Якщо кут ε більший за кут $\alpha_{\text{л}}$, то леміш буде вдавлюватись у ґрунт. В наслідок цього виникають додаткові сили, які призводять до збільшення тягового опору леміша, тобто виходу леміша з ладу. Цей кут знаходять із виразу:

$$\text{tg} \varepsilon = AC / BC = V_{\kappa.в} / (V_{\text{м}} + V_{\kappa.г}), \quad (4.16)$$

де $V_{\kappa.в}, V_{\kappa.г}$ – відповідно вертикальна та горизонтальна складові швидкості коливань леміша.

$$V_{\kappa.в} = V_{\kappa} \cdot \sin(\alpha_{\text{л}} + \beta) = \omega_r \cdot \sin(\alpha_{\text{л}} + \beta) \cdot \sin \pi / 2 \quad (4.17)$$

$$V_{\kappa.в} = 0,62 \cdot 0,5 \cdot \sin(17 + 65) \cdot 1 = 0,3$$

$$V_{\kappa.г} = V_{\kappa} \cdot \cos(\alpha_{\text{л}} + \beta) = \omega_r \cdot \cos(\alpha_{\text{л}} + \beta) \cdot \sin \pi / 2 \quad (4.18)$$

$$V_{\kappa.г} = V_{\kappa} \cdot \cos 82 = 0,62 \cdot 0,5 \cdot \cos 82 \cdot 1 = 0,043.$$

Порівняємо попередній кут нахилу ε з кутом нахилу леза до горизонту

$\alpha_{\text{л}}$

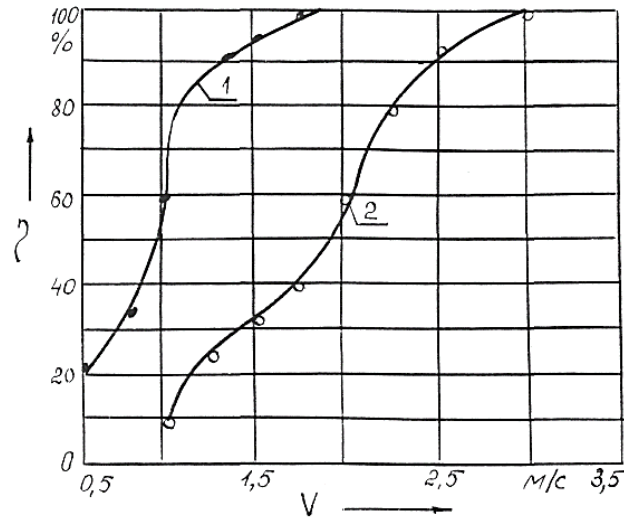


Рисунок 4.2 - Залежність повноти викопування бульб η від швидкості руху V удосконаленого картоплекопача:
 1 - при висоті підйому бульб від поверхні грядки $Y=0,1\text{м}$;
 2 - $Y=0,4\text{м}$

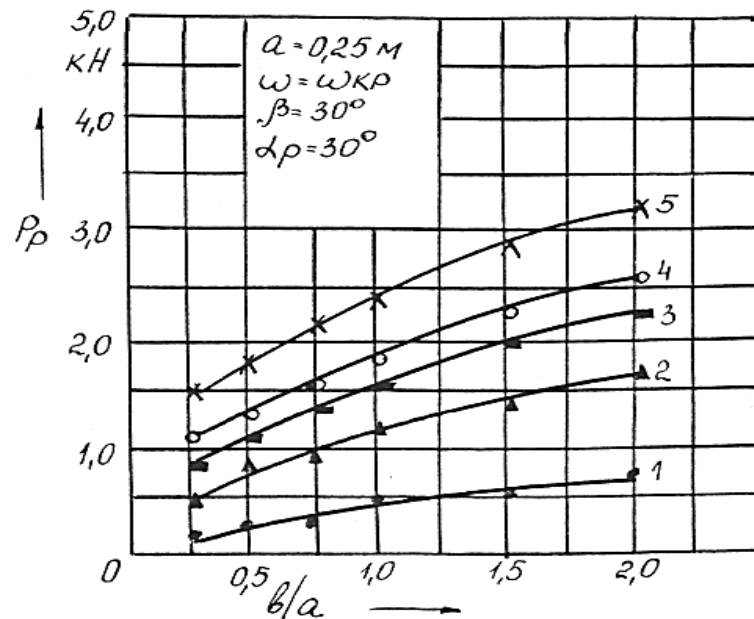


Рисунок 4.3 - Залежність тягового опору розпушуванню ґрунту копачем від співвідношення b/a :

- 1 - для піщаного ґрунту (зразок 1: $d_{50} < 0,01$ мм - 4,4%, $\omega = 7\%$; $K_{\eta c} = 9,0$; $\varphi_2 = 33^\circ$; $C_y = 1$);
- 2 - для супіщаних ґрунтів (зразок 2: $d_{50} < 0,01$ мм - 10,2%; $\omega = 9\%$; $K_{\eta c} = 73,3$; $\varphi_2 = 36^\circ$; $C_y = 5$);
- 3 - для важких супіщаних ґрунтів (зразок 3: $d_{50} < 0,01$ мм - 16,2мм; $\omega = 12\%$; $K_{\eta c} = 26$; $\varphi_2 = 38^\circ$; $C_y = 7$);
- 4 - для суглинку (зразок 4: $d_{50} < 0,01$ мм - 21,3 %; $\omega = 18\%$; $K_{\eta c} = 26,6$; $\varphi_2 = 38^\circ$; $C_y = 8$);
- 5 - для важкого суглинку (зразок 5 $d_{50} < 0,01$ мм - 32,1 %; $\omega = 24\%$; $K_{\eta c} = 20$; $\varphi_2 = 39^\circ$; $C_y = 10$)

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varepsilon &= V_{к.б} / (V_M + V_{к.з}) \leq \alpha_l = 17^\circ \\ 0,3 / (5,5 + 0,043) &\leq 17^\circ \\ 3,1^\circ &\leq 17^\circ \end{aligned}$$

Умова виконується.

4.5 Розрахунок технологічних показників картоплекопача

Рух машинних агрегатів на збиранні картоплі характеризується визначеною циклічністю. В кожен цикл входить робочий хід і поворот для зміни напрямку руху на зворотній.

Для характеристики кінематики машинного агрегату при виконанні технологічних операцій введені деякі умовні поняття та позначення.

Кінематичним центром (Ц_a) називають таку точку агрегату, відносно траєкторії якої розглядають кінематику всіх інших його точок. Для нашого агрегату, який складається з колісного трактора класу 0,6 з колісною формулою 4К2 і начіпного картоплекопача, кінематичним центром агрегату є проекція на площину руху точки середини ведучої осі.

Кінематична довжина l_a – це проекція відстані між Ц_a та лінією розміщення найвіддаленішого робочого органа при прямолінійному русі, вона складається із кінематичної довжини трактора l_T і картоплекопача l_K .

Довжина виїзду e – це відстань, на яку необхідно проїхати кінематичним центром агрегату Ц_a від контрольної лінії на поворотній смузі до початку повороту, щоб попередити пошкодження бульб і огріхи при викопуванні.

Центром повороту $\text{Ц}_п$ називається точка, відносно якої в даний момент здійснюється поворот Ц_a .

Радіус повороту R – це відстань між Ц_a та $\text{Ц}_п$. При повороті з постійним радіусом $\text{Ц}_п$ не змінює свого положення.

При розрахунках основних технологічних показників приймаємо наступні вихідні дані: площа поля - $F = 40$ га; довжина поля - $L = 600$ м; ширина міжрядь - $0,70$ м; схил місцевості - $\alpha = 2^\circ$.

При викопуванні картоплі в основному використовується петльовий грушоподібний спосіб повороту агрегату і мінімальну ширину поворотної смуги можна визначити за формулою

$$E_{\text{мін}} = 3R + e \quad (4.19)$$

Для агрегатів з начіпними машинами [28]

$$e = 0,1l_k \quad (4.20)$$

Значення l_a агрегатів визначається так

$$l_a = l_T + l_k = 1,2 + 1,6 = 2,8 \text{ м} \quad (4.21)$$

$$e = 0,1 \times 2,8 = 0,28 \text{ м.}$$

Радіус повороту агрегату визначається за формулою [28]:

$$R = 8B_k, \quad (4.22)$$

де B_k – ширина захвату картоплекопача.

$$R = 8 \times 0,7 = 5,6 \text{ м.}$$

Тоді, ширина поворотної смуги буде дорівнювати

$$E_{\text{мін}} = 3 \times 5,6 + 0,28 = 17 \text{ м.}$$

Довжина робочого ходу картоплекопача на полі буде дорівнювати

$$L_p = L - 2E \quad (4.23)$$

$$L_p = 600 - 2 \times 17 = 532 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу на поворотній смузі при петльовому способі руху визначається рівнянням

$$L_x = 6R + 2e \quad (4.24)$$

$$L_x = 6 \times 5,6 + 2 \times 0,28 = 34 \text{ м.}$$

Коефіцієнтом робочих ходів визначимо за формулою

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} \quad (4.25)$$

$$\varphi = \frac{532}{532 + 34} = 0,94.$$

Коефіцієнт поворотів дорівнює

$$\tau = \frac{1 - \varphi}{\varphi} . \quad (4.26)$$

$$\tau = \frac{1 - 0,94}{0,94} = 0,06.$$

Один із основних показників роботи агрегату є продуктивність – обсяг роботи нормативної якості, що виконується агрегатом за одиницю часу.

Розрізняють продуктивність теоретичну, що обчислюється як потенційно можлива продуктивність агрегату при повному використанні конструктивної ширини захвату, теоретичної швидкості руху і часу, до якого відноситься продуктивність (здебільшого до години); продуктивність агрегату за годину чистої (основної) роботи, яка враховує ступінь технічно можливого (оптимального) використання ширини захвату, швидкості руху і часу; технічний (нормативний) змінний виробіток, що враховує оптимальне використання ширини захвату, швидкості руху та часу зміни роботи агрегату; фактичну продуктивність і фактичний змінний виробіток, які визначають за реально виконаним обсягом роботи, при фактичних (робочих) ширині захвату, швидкості руху і часу корисної (продуктивної) роботи.

Продуктивність картоплекопача за зміну можна визначити за формулою:

$$W = 0,1B_p V_p T_{зм} \tau, \quad (4.27)$$

де B_p – робоча ширина захвату картоплекопача;

V_p – робоча швидкість руху агрегату;

$T_{зм}$ – час зміни (приймається рівним 7 год.);

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}, \quad (4.28)$$

T_p – чистий робочий час за зміну, год.

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_T + T_{ТО} + T_\Phi + T_{ОР})}{1 + \tau}, \quad (4.29)$$

де T_T – підготовчо-заклучний час, год.;

$T_{ТО}$ – час на технічне обслуговування агрегату, год.;

T_Φ – час на відпочинок і фізіологічні потреби обслуговуючого персоналу, год.;

T_{op} – час на організаційні заходи, пов'язані з процесом збирання врожаю, год.

$$T_p = \frac{7 - (0,1 + 0,25 + 0,3 + 0,1)}{1 + 0,06} = 5,61 \text{ год.}$$

Тоді, коефіцієнт використання часу зміни

$$\tau = \frac{5,61}{7} \approx 0,80.$$

Агротехнічна (допустима) швидкість руху при викопуванні бульб картоплі копачами не повинна перевищувати 5 км/год. Якщо врахувати, що запропонований картоплекопач наділений котками для руйнування ґрунтових грудок, активними підкопувальними боковинами та у нього змінена конструкція транспортерів для відділення бульб від ґрунту то можна вважати, що розроблений картоплекопач задовільно буде працювати при швидкості руху 7 км/год.

Враховуючи зазначене змінна продуктивність агрегату на викопуванні картоплі розробленим копачем буде дорівнювати

$$W_{зм} = 0,1 \times 0,7 \times 7,0 \times 7 \times 0,80 = 2,8 \text{ га/зміну.}$$

Витрати палива на одиницю виконаної картоплекопачем роботи визначаються відношенням кількості витраченого за зміну палива до змінної продуктивності агрегату. При цьому необхідно враховувати, що агрегат працює на холостому ході при тимчасових зупинках, а також витрачає паливо під час поворотів і переїздів.

Витрати палива на гектар зібраної картоплі можуть бути визначені по формулі:

$$g_{за} = \frac{G_T \cdot K_T}{W_T}, \quad (4.30)$$

де G_T – витрати палива за годину при номінальній ефективній потужності двигуна, $G_T = 4,5$ кг/год [21];

K_T – поправочний коефіцієнт, який враховує неповне завантаження двигуна при холостому ході на поворотах, переїздах і зупинці трактора з працюючим двигуном $K_T = 0,84$ [21].

$$\text{Тоді, } g_{\text{га}} = \frac{4,5 \cdot 0,84}{0,33} = 9,98 \text{ кг/га.}$$

По проведених розрахунках проводимо конструювання окремих вузлів і агрегатів картоплекопача і складаємо технологічну карту на збирання картоплі.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

При організації охорони праці слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542). В підприємствах необхідно дотримуватися засобів техніки безпеки, які дозволяють звести до мінімуму виробничий травматизм і професійні захворювання.

5.1 Загальні вимоги охорони праці при вирощуванні картоплі

Безпеку в процесі садіння картоплі забезпечує виконання заходів, передбачених ДНАОП 2.1 10-2.06.-81.

Машини при підготовці до роботи МТА повинні бути повністю укомплектовані та відрегульовані, обладнані необхідними пристроями та захисним огороженням.

Технічний стан машини перевіряють відповідно до вимог нормативно-технічних документів. Агрегатувати сільськогосподарські машини необхідно з тими тракторами, які рекомендовані заводом-виробником.

Для виконання робіт машинно-тракторними агрегатами поле необхідно завчасно підготувати: видалити велике каміння, засипати рови і ями, позначити віхами не видалені і не ліквідовані перешкоди. До того ж поле повинно бути розміщене відповідно до вимог технологічних карт на виконання відповідних робіт.

При садильних роботах рух начіпного агрегату можна починати після подачі сигналу трактористом і одержання сигналу-відповіді від старшого на садильному агрегаті.

Періодично протягом робочого дня слід очищати бункери саджалок, живильні ковші, ложечки, сошники, тукопроводи та борознозакривачі від ґрунту рослинних решток та інших сторонніх предметів і усувати виявлені несправності після повної зупинки агрегату. Якщо кількість травм, що протягом року сталися

при застосуванні певних марок машин в Україні прийняти за 100%, то причини, за яких виникли аварії і травми мають такий вигляд:

- падіння з підніжок (посадка в кабінку, заправка, пуск двигуна) - 15,8 %;
- падіння при вході чи виході з кабіни - 12,7 %;
- опіки від передчасного відкриття кришки радіатора - 7,6 %;
- придушення людей трактором, що сталося при неправильному встановленні домкратів - 7,0 %;
- удар обірваним тросом при буксировці - 5,5 %;
- перекидання трактора - 4,8 %;
- при інших ситуаціях - 20 %.

Травми, отримані при обслуговуванні машин для механізованого обробітку ґрунту мають таке відсоткове вираження :

- травмування відлітаючими осколками чи інструментом - 30,8 %;
- при очищенні робочих органів від каміння - 26,9 %;
- падіння на агреговані знаряддя — 15,4 %;
- придавлювання агрегованими знаряддями - 26,9 %.

Травмування при роботі на саджалках в відсотковому відношенні має такий вигляд :

- травми від падаючої саджалки - 35,3 %;
- падіння при заправці саджалок насінням - 26,5 %;
- захват одягу рухомими деталями—4,6 %;
- в інших ситуаціях - 23,5 %.

Серед ситуацій, що спостерігаються, можна виявити найбільш типові:

- перекидання самохідних сільськогосподарських машин;
- удушення людей випарами шкідливих матеріалів, що застосовуються при садінні картоплі (добрива; отрутохімікати, які застосовуються для обробітку бульб картоплі при зберіганні);
- опіки;
- ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції та ін.

Для запобігання високого травматизму при проведенні сільськогосподарських робіт взагалі, а в даному випадку при садінні картоплі потрібно вживати певних засобів та дотримуватися правил техніки безпеки. Вище були перераховані найтипівіші види травм та зазначене їх відсоткове вираження.

Далі в роботі буде зазначено як запобігти вказаних ушкоджень та які правила техніки безпеки застосовуються при садінні картоплі.

При внесенні органічних добрив роторними розкидачами перед початком роботи, насамперед, перевіряють затягування запобіжної муфти. Вона повинна забезпечити передачу потужності не більше, ніж 9,25 кВт. під час роботи розкидача забороняється знаходитись в площині обертання роторів на відстані менше, ніж 50 м від агрегату. При вивезенні добрив в поле слід стежити, щоб в добривах не було каміння, кусків металу, дерева, які можуть призвести до пошкодження роторів.

Перед початком роботи з ґрунтообробним знаряддям перевіряють справність і укомплектованість агрегату. На робочому місці обслуговуючого персоналу повинно бути сидіння з запобіжним поясом, підножна дошка, або упор для ніг.

Важелі керування начіпною машиною повинні мати справні і надійні фіксатори. Керування причіпним плугом повинно здійснюватись з кабіни трактора.

Робочі органи фрез і ротаційних культиваторів обмежують захисними кожухами.

Робітників, які обслуговують ґрунтообробні машини забезпечують засобами індивідуального захисту, чистиками та лопатками для очищення робочих органів.

Очищення робочих органів повинно відбуватись тільки при повній зупинці агрегатів.

Перед поворотом агрегату сошники саджалки піднімають, а поворот виконують на малих швидкостях.

Згідно правил техніки безпеки завантаження саджалок повинно проводитись в борозні, маса ящиків із садильним матеріалом не повинна перевищувати 25 кг. Не допускається транспортування повністю завантажених садильних апаратів, Забороняється здавати назад при неповністю заглиблених робочих органах, а також транспортування саджалок в темну пору доби.

Кожне господарство повинно мати санітарний паспорт па право одержання і зберігання пестицидів; довідку, яка підтверджує, що у господарства є підготовлений персонал для виконання відповідних робіт; спецодяг та інші необхідні засоби захисту, спеціальна техніка і транспортні засоби; інструкції і план заходів щодо створення і забезпечення здорових умов праці при всіх технологічних процесах застосування пестицидів.

Санітарні правила зберігання і застосування пестицидів здійснюється під суровим наглядом місцевої санітарно-епідеміологічної станції.

Мінеральні добрива потрібно вивозити до місця застосування на транспорті з добре ущільненим кузовом, який вкритий брезентом.

Забороняється сумісне перевезення мінеральних добрив із аміачною селітрою.

Санітарні правила зберігання, транспортування та застосування мінеральних добрив у сільському господарстві - № 1049-73. ДНАОП 0.03-1.08-73

Забороняється перевезення людей в транспортних засобах одночасно з садильними матеріалами та мінеральними добривами. При завантаженні навалом потрібно дотримуватись технологічного процесу, згідно якого картопля не повинна вивалюватись за борти кузова, що часто відбувається і призводить до травмування.

При протрушенні насінного матеріалу, посадці та догляду за посівами, потрібно досягати максимальної безпеки для обслуговуючого персоналу та проживаючого навколо місця проведення робіт з отрутохімікатами населення.

Відповідальні за техніку безпеки не повинні допускати обслуговуючий персонал до робіт з пестицидами та мінеральними добривами без засобів індивідуального захисту.

Технічний стан машин, порядок їх експлуатації повинні відповідати вимогам інструкцій до конкретних машин і відповідати вимогам існуючих стандартів.

До початку сільськогосподарських робіт всі механізатори і обслуговуючий персонал повинні пройти інструктаж. В період виконання робіт їх повинні забезпечити спецодягом, спецвзуттям і необхідними засобами індивідуального захисту.

Особи, допущені до роботи на машинах, повинні мати відповідні посвідчення на право керування ними. До механізованих робіт, особи, молодші 17 років, допускаються лише з наставниками. Поле для роботи машинно-транспортних агрегатів завчасно підготовляють: прибирають каміння, засипають ями, а біля зліквідованих встановлюють добре розпізнавані знаки безпеки. Таким же чином позначають небезпечні ділянки, вішки також встановлюють на відстані, яка дорівнює ширині поворотної смуги агрегату від краю великих каменів, небезпечних розмитих ділянок, урвищ, та інших неліквідованих перешкод. Проводять контрольні борозни, відбивають поворотні смуги, позначають місця відпочинку.

5.2 Заходи безпеки при збиранні картоплі удосконаленим копачем

Представлені нижче заходи безпеки можуть бути використані при проведенні інструктажу на робочому місці для всіх робітників, які приймають участь у збиранні картоплі. Основні заходи полягають в наступному:

- до управління збиральним агрегатом допускаються тільки механізатори, які пройшли спеціальну підготовку і мають документ на право управління машиною. Підсобними працівниками можуть працювати особи не молодші 18 років;

- перед початком збирання картоплі механізатори і робітники, задіяні в процесі збирання, проходять інструктаж з безпечних методів роботи, розписуються в журналі реєстрації інструктажів і отримують на руки пам'ятки з техніки безпеки;

- всім учасникам збиральних робіт необхідно виконувати тільки ту роботу, яка доручена адміністрацією.

- одяг у механізаторів і обслуговуючого персоналу не повинна мати довгих частин і кінців, які звисають. Дозволяється працювати тільки в застібнутій і ретельно заправленому одязі і головному уборі. Працювати в фартухах забороняється;

- до роботи на збиральному агрегаті можна приступати тільки при його повній справності і відповідності вимогам експлуатації машинно-тракторного парку і "Правил техніки безпеки";

- категорично забороняється працювати в стані навіть легкого алкогольного чи іншого сп'яніння;

- забороняється розташовуватись на відпочинок, в тому числі і короткочасний, на ділянках, де працюють агрегати, а також біля них під час їх зупинки. Відпочивати треба на спеціально відведеному місці;

- при підготовці агрегату до роботи слід перевіряти наявність і справність запобіжних кожухів і огорожень карданної і ланцюгової передач. При відсутності або несправності їх робота не дозволяється;

- карданний вал повинен бути міцно з'єднаним з валом відбору потужності трактора і закритий захисним кожухом. Огородження не повинно обертатися разом з валом, а має бути зафіксованим з нерухомими частинами машини;

- перед початком роботи необхідно перевіряти наявність справного інструменту і аптечки;

- трактор повинен мати дзеркало заднього виду, справне рульове керування, добре відрегульовані гальма, муфту зчеплення, коробку передач. Бак і паливопроводи не повинні мати течії палива;

- слід постійно слідкувати за станом гнучких шлангів гідросистеми, щільністю затягування з'єднувальних штуцерів маслопроводів. При несправності гідросистеми працювати на агрегаті не дозволяється;

- механізм регулювання глибини підкопування бульб повинен вільно переміщатися і надійно фіксуватися в установленому положенні;

- під час обслуговування і регулювань слід користуватися тільки справним інструментом і пристроями;

- забороняється очищати руками підкопуючи леміші, роторні сепаратори, елеватори, транспортери і інші робочі органи. Очистку проводити тільки за допомогою призначених для цього крючків і чистиків, які додаються до машини. Очистку і всі роботи по проведенні технічного обслуговування слід проводити тільки при виключеному валу відбору потужності і заглушеному двигуну трактора;

- під час роботи під картоплекопачем, у випадку необхідності його підняття домкратом, слід користуватися підставками, які забезпечують стійке і безпечне положення. Забороняється для підставок використовувати ящики, каміння, цеглу, деталі машин і т. Ін;

- при роботі лежачи під машиною на землю слід покласти дошки, листи фанери, мати або користуватися дерев'яними лежаками з підголовником;

- під час приєднання картоплекопача до трактора забороняється робочим знаходитися між трактором і машиною і в безпосередній близькості від них.

- під'їжджати до копача слід обережно (без ривків), при малих обертах двигуна. Тракторист повинен дивитися в напрямку руху і слідкувати за процесом, ногу при цьому тримати на педалі муфти зчеплення;

- перед виїздом в поле необхідно випробувати роботу картоплекопача на холостому ході;

- перед початком руху агрегату механізатор повинен впевнитися в відсутності людей в безпосередній близькості від агрегату і дати сигнал про початок руху;

- під час роботи забороняється знаходження в кабіні сторонніх людей;

- забороняється під час руху агрегату перевіряти і регулювати робочі органи і механізми, надівати і натягувати ланцюги, усувати несправності, змащувати вузли, очищати підкопуючі леміші, транспортери, сепаратори і інші робочі органи;

- в кінці гону тракторист повертає агрегат тільки тоді, коли робочі органи повністю вийшли з ґрунту;

- перед початком повороту на поворотній смузі і при короткочасній зупинці вал відбору потужності треба відключати;

- в місцях повороту агрегату не повинні знаходитися люди і різні транспортні засоби;

- після виконання яких-небудь ремонтних робіт в польових умовах не можна залишати на транспортерах копача інструмент і інші сторонні предмети;

- під час грози робота на агрегаті зупиняється, а люди віддаляються від машин на відстань 30-50 м;

- після дощу переїжджати через канави, рухатися вздовж схилів, на поворотах і т. ін. слід тільки на першій передачі;

- на межі полів, які прилягають до ярів або круч, поворотні смуги слід позначити контрольною борозною;

- забороняється стоянка і короткочасна зупинка поблизу крутих схилів і ярів. В випадку вимушеної зупинки слід заглушити двигун трактора і загальмувати його. Під колеса слід покласти упори;

- по закінченні роботи поставити агрегат на місце стоянки, оглянути, очистити від пилу і бруду, привести в порядок робоче місце. Зняти і привести в порядок спецодяг, помитися;

- перед транспортним переїздом шосейних доріг необхідно зупинитися і впевнитися в тому, що шлях безпечний і немає транспорту, який наближається;

- під час руху по шосе в нічний час картоплекопач повинен бути означений (габаритні розміри) світловими знаками або лампочками.

- при зустрічному роз'їзді слід триматися правого боку на відстані не менше 2 м від зустрічного транспорту;

- на спуску з гори і підйманні на гору трактор повинен рухатися повільно (на першій передачі і на малих обертах двигуна), а тракторист повинен бути готовим користуватися гальмами. Максимально допустимий схил не повинен перевищувати 12°;

- забороняється перевозити людей і вантажі на картоплекопачеві.

- при зупинці агрегату ставити його тільки на узбіччі дороги і при умові достатньої ширини дороги для проїзду, а в нічний час обладнати світловими знаками;

- під час руху заднім ходом, а також при розворотах і поворотах слід подавати сигнали і впевнитися в відсутності людей на шляху руху. Рухатися необхідно на малому газі, не знімаючи ноги з муфти зчеплення;

- під час переїзду через мости слід керуватися встановленими знаками вантажопідйомності і ширини між перилами;

- в тумані і під час дощу, коли видимість недостатня (менше 20 м), слід включати світло і періодично подавати звуковий сигнал;

- під час руху по слизькій дорозі слід дотримуватись особливої уваги. Не можна різко гальмувати і змінювати напрямок руху;

- при переїзді через залізницю слід керуватися попереджувальними знаками, показаннями світлофорів, звуковими сигналами, положенням шлагбаума. Переїжджати через переїзд слід зі швидкістю 3-4 км/год, при цьому перемикаєти передачу не дозволяється. Особливо треба бути уважним при переїздах в нічний час.

5.3 Вимоги безпеки при зберіганні картоплекопача

При зберіганні машини виконують вимоги ГОСТ 7751-85 “Техніка, яка використовується у сільському господарстві. Правила зберігання”.

Машину ставлять на зберігання: міжзмінне – перерва у використанні машини до 18 днів; довгострокове – перерва більше двох місяців.

Машини на міжзмінне зберігання повинні бути поставлені безпосередньо після закінчення робіт, а на довгострокове збереження – не пізніше 10 днів з

моменту закінчення робіт.

Машини повинні зберігатися у закритих приміщеннях або під навісом. Допускається зберігати на відкритих пристосованих майданах при обов'язковому виконанні робіт з консервації, герметизації і зняття складових частин, що потребують складського зберігання (пасів, бичів, коліс).

Для проведення профілактичних оглядів машини повинні бути розташовані із збереженням відстані між ними (не менше 0,7 м). Машини підготовлені до збереження повинні бути віддані механізаторами і прийняті відповідальною особою. Місце збереження машини забезпечують протипожежними засобами.

Машини повинні встановлюватися на підставки (або підкладки) у горизонтальному положенні для уникнення перекосу і згину рам, для розвантаження коліс між шинами і опорними поверхнями повин бути просвіт 8-10 см. Стан машин повинен перевірятися у період збереження у закритих приміщеннях не рідше 1 разу у 2 місяці, а на відкритих майданчиках і під навісом – щомісячно.

Допускається збереження машини на майданчиках і пунктах міжзмінного збереження або безпосередньо на місці проведення робіт. Машини повинні бути встановлені комплектно без зняття з них складових частин.

Консервацію машин проводять відповідно до вимог ГОСТ 9.014-78. Машина підлягає частковій консервації. Консервація включає підготовку поверхні, застосування (нанесення) засобів тимчасового захисту і пакування. Консервація повинна проводитися у спеціальних приміщеннях або дільницях, які дозволяють зберігати встановлений технологічний процес і вимоги безпеки. Ділянки консервації повинні розташовуватись з врахуванням обмеження або виключення проникнення агресивних газів і пилу.

Гвинтові і різьбові поверхні, як відкриті, так і закриті кожухами повинні бути змащені змазкою (антикорозійне покриття).

Карданні передачі, ланцюги, різьбові поверхні деталей і складальних одиниць, а також зовнішні спряжені і механічно відпрацьовані поверхні

повинні бути законсервовані.

Привідні паси повинні бути помиті теплою мильною водою або знежирені нестилованим бензином, просушені, припудрені тальком і зв'язані у комплекти.

Допускається відкрито зберігати пневматичні шини у розвантаженому стані на машинах, встановлених на підставках. Поверхні шин повинні бути покриті воском або захисним матеріалом. Тиск у шинах при закритому і відкритому збереженні повинен бути знижений до 70% від нормального.

При технічному обслуговуванні машин у період збереження повинна бути перевірена: правильність встановлення машин на підставки або прокладки (відсутність перекосів, прогинів, стійкість); комплектність (з врахуванням знятих складових частин, які зберігаються на складі); тиск повітря у шинах; стан антикорозійних покриттів (наявність захисного змащення, цілісність фарбованих покриттів, відсутність корозії). Технічне обслуговування машин при знятті із збереження включає: зняття машин з підставок (прокладок); зняття герметизуючих пристроїв (розконсервація); встановлення знятих складових частин.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБОК

Картоплярство на сьогодні є однією з найбільш енергоємних галузей сільського господарства. Найбільші затрати при виробництві картоплі приходяться на паливо, добрива і насіння. В цілому енергетичні витрати на вирощування картоплі на 49 % більші, ніж на вирощуванні озимої пшениці і на 41 % більші, ніж на вирощуванні цукрових буряків.

Удосконалений в дипломній роботі картоплекопач дозволяє підвищити якісні показники збирання картоплі та продуктивність збиральних робіт. Розрахунки проводимо в порівнянні з серійним картоплекопачем КТН-1,0. Балансова вартість серійного копача становить 11000 грн.

При визначенні ціни модернізованого копача приймемо до уваги той факт, що модернізація копача призводить до зростання на 20 % складності його виготовлення в порівнянні з серійною машиною. Тоді, ціна удосконаленого копача становить $C_n = 11000 \cdot 1,2 = 13200$ грн. Базовий картоплекопач і удосконалений агрегуються з трактором Т-25. Його нормативне річне завантаження – 1000 год. Відрахування на: реновацію – 10%, капітальний ремонт – 5 %, поточний ремонт і технічне обслуговування – 12,7 %.

Вихідні дані для проведення розрахунків економічної ефективності проекту зводимо до таблиці 6.1.

Затрати праці при роботі картоплекопача визначаються за формулою [25]:

$$H = \frac{M}{W_{год}}, \quad (6.1)$$

де M – кількість обслуговуючого агрегат персоналу;

$W_{год}$ – продуктивність машини, га/год.

При викопуванні картоплі серійним копачем затрати праці дорівнюють

$$H_c = \frac{1}{0,35} = 2,85 \text{ люд.год./га.}$$

При викопуванні картоплі удосконаленим копачем затрати праці

$$H_m = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ люд.год./га}$$

Таблиця 6.1 - Вихідні дані до розрахунків економічної ефективності проекту

Показники	Картоплекопач	
	Серійний КТН-1,0	Удосконалений
1. Продуктивність, га/год.	0,35	0,4
3. Питомі витрати палива, кг/га	11,2	9,98
4. Балансова ціна машини, грн.	11000	13200
5. Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Прямі експлуатаційні витрати при викопуванні картоплі визначаються за рівнянням:

$$C = C_o + C_p + C_{то} + C_{пмм}, \quad (6.2)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн.;

C_p – відрахування на реновацію машин в агрегаті, грн.;

$C_{то}$ – витрати на ремонт і технічне обслуговування машин, грн.;

$C_{пмм}$ – витрати на паливо-мастильні матеріали, грн.

Проводимо розрахунки по кожній із складових. Оплата праці проводиться за виконану норму роботи по тарифній сітці. Викопування картоплі відноситься до складних механізованих сільськогосподарських робіт і оплата праці механізатору здійснюють по шостому розряду - вона становить 348,0 грн. за зміну (з врахуванням підвищення мінімальної зарплати до 8000 грн.) [25]. Витрати на оплату праці можна визначити за формулою:

$$C'_o = \frac{C^T \alpha}{H}, \quad (6.3)$$

де C^T - оплата праці за тарифною сіткою, грн.;

H – норма виробітку, га;

α - нарахування на заробітну плату.

Тоді, витрати пов'язані з оплатою праці на викопуванні картоплі серійним копачем будуть становити

$$C_{oc} = \frac{348,0 \cdot 1,375}{2,45} = 195,3 \text{ грн./га.}$$

Затрати на оплату праці удосконаленим копачем будуть становити

$$C_{ом} = \frac{348,0 \cdot 1,375}{2,8} = 170,9 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на реновацію машини в агрегаті C_{pa} грн./га визначається так:

$$C_p = \frac{\alpha_{pt} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{\alpha_{pm} \cdot B_M}{100 \cdot W \cdot t_M}, \quad (6.4)$$

де α_{pt} і α_{pm} – норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості відповідно трактора і машини %;

B_T і B_M – балансова вартість відповідно трактора і машини, грн.;

W – продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

t_T і t_M – нормативне річне завантаження відповідно трактора і машини, год.

Тоді, відрахування на реновацію для агрегату з серійним копачем будуть становити

$$C_{pc} = \frac{10 \cdot 32500}{100 \cdot 0,35 \cdot 1000} + \frac{14,2 \cdot 11000}{100 \cdot 0,35 \cdot 120} = 46,48 \text{ грн./га,}$$

для агрегату з удосконаленим копачем

$$C_{pm} = \frac{10 \cdot 32500}{100 \cdot 0,4 \cdot 1000} + \frac{14,2 \cdot 13200}{100 \cdot 0,4 \cdot 120} = 47,18 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на капітальний і поточний ремонт і технічне обслуговування, $C_{кто}$ грн./га обчислюється за формулою:

$$C_{то} = \frac{\alpha_{кт} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{1}{100 \cdot W} \cdot \left(\frac{\alpha_T \cdot B_T}{t_{нт}} + \frac{\alpha_M \cdot B_M}{t_M} \right), \quad (6.5)$$

де $\alpha_{кт}$ – норма річних відрахувань на капітальний ремонт трактора, %;

α_T і α_M – норма річних відрахувань на поточний ремонт від балансової вартості відповідно трактора і робочої машини, %;

Відрахування на капітальний і поточний ремонт і технічне обслуговування по базовій технології становить:

$$(C_{\text{ТО}})^{\text{б}} = \frac{5 \cdot 32500}{100 \cdot 0.35 \cdot 1000} + \frac{1}{100 \cdot 0.35} \cdot \left(\frac{12,7 \cdot 32500}{1000} + \frac{12 \cdot 11000}{120} \right) = 36,43 \text{ грн./га,}$$

$$(C_{\text{ТО}})^{\text{н}} = \frac{5 \cdot 32500}{100 \cdot 0.4 \cdot 1000} + \frac{1}{100 \cdot 0.4} \cdot \left(\frac{12,7 \cdot 32500}{1000} + \frac{12 \cdot 13200}{120} \right) = 38,43 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо-мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{\text{ПММ}} = C_{\text{к}} g_{\text{га}}, \quad (6.6)$$

де $C_{\text{к}}$ – комплексна ціна палива і мастильних матеріалів, грн./л;

$g_{\text{га}}$ – витрати палива на 1 га зібраної площі, л/га.

Комплексна ціна 1 кг палива розраховується виходячи з нормативів витрат мастил в % до основного палива: моторне масло – 3,8 %; індустриальне масло – 0,4 %; трансмісійне масло – 0,6 %; пластичні мастила – 0,04 %; пусковий бензин – 1,0 %. Розрахувати постійні значення комплексної ціни на сьогодні неможливо, так як ціни на ринку коливаються в залежності від економічної ситуації в країні, постачальника. Прийmemo $C_{\text{к}} = 56,8$ грн./л. Затрати на паливо-мастильні матеріали на викопування картоплі базовим агрегатом будуть становити

$$C_{\text{ПММ б}} = 56,8 \times 11,2 = 636,2 \text{ грн./га.}$$

Затрати на паливо-мастильні матеріали на викопування картоплі удосконаленим агрегатом будуть становити

$$C_{\text{ПММ м}} = 56,8 \times 9,98 = 566,9 \text{ грн/га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при викопуванні картоплі агрегатом всклад якого входить серійний картоплекопач будуть становити

$$C_{\text{с}} = 195,3 + 46,48 + 36,43 + 636,2 = 914,4 \text{ грн./га.}$$

При викопуванні картоплі модернізованим копачем

$$C_{\text{м}} = 170,9 + 47,18 + 38,43 + 566,9 = 823,4 \text{ грн./га.}$$

Таким чином, запровадження у виробництво модернізованого копача призведе до зниження прямих експлуатаційних затрат на

$$E = C_{\text{с}} - C_{\text{м}} = 914,4 - 823,4 = 91,0 \text{ грн./га.}$$

Крім того, використання його дасть змогу зменшити травмування бульб, а відтак зменшити відходи їх при зберіганні на 5 %, що рівнозначно підвищенню урожайності. Отже, використання модернізованого копача на збиранні бульб дасть змогу, за рахунок зменшення втрат при зберіганні одержати додаткову продукцію, питома величина якої при урожайності 250 ц/га і закупівельній ціні 2,0 грн./кг буде становити

$$E_d = 1250 \cdot 20,0 = 25000 \text{ грн./га.}$$

При використанні удосконаленої технології і розробленого картоплекопача в умовах господарства на площі 40 га річний економічний ефект буде становити

$$E_p = (91,0 + 25000,0) \cdot 40 = 1003640,0 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

ПОКАЗНИКИ	Значення показників		
	Серійна технологія і картоплекопач	Удосконалена технологія і картоплекопач	Відхилення (+,-)
1. Продуктивність, га/год.	0,35	0,40	0,05
2. Питомі витрати палива, л/га	11,2	9,98	-1,22
3. Затрати праці, люд.-год./га	2,85	2,5	-0,35
4.Прямі експлуатаційні затрати, грн./га: в тому числі:	914,4	823,4	-91,0
- оплата праці з нарахуваннями	195,3	170,9	-24,4
- відрахування на реновацію	46,48	47,18	0,7
- затрати на ремонти і ТО	36,43	38,43	2,00
- затрати на паливо і мастила	636,2	560,9	-75,3
6. Затрати на модернізацію, грн.	-	2200	-
7. Річний економічний ефект, грн.	-	1003640,0	-
8. Строк окупності затрат, років	-	0,002	-

Строк окупності затрат на розробку нового картоплекопача визначається за формулою:

$$T_o = \frac{S_n - S_0}{E_p}, \quad (6.7)$$

де E_p – річний економічний ефект.

$$T_o = \frac{13200 - 11000}{1003640,0} \approx 0,002 \text{ роки.}$$

Визначені в процесі розрахунків в дипломному проекті основні економічні показники зводимо в таблицю 6.2.

Розрахунки показують, що розроблений картоплекопач може принести економічний ефект і всі затрати на модернізацію машини окупаються на протязі року експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу сучасних технологій розроблена удосконалена технологія вирощування картоплі для умов господарства, визначено набір машин і основні технологічні показники.

2. Основним напрямком поліпшення роботи машин для збирання картоплі є введення в конструкцію активних робочих органів, які більш інтенсивніше розпушують підкопаний шар ґрунту з бульбами і відділяють домішки від бульб.

3. Удосконалена конструкція картоплекопача дозволяє більш інтенсивніше проводити сепарацію підкопаного вороху і менше травмувати бульби. Визначені основні параметри розробленої конструкції і основні режими його роботи.

4. Визначені основні технологічні показники процесу збирання картоплі розробленою машиною і кінематичні показники агрегату. Розроблена операційно-технологічна карта збирання картоплі удосконаленим копачем. Розроблені заходи по безпечній експлуатації розробленого картоплекопача.

5. Економічна ефективність розробленого проекту становить 91,0 грн./га, а річний економічний ефект при впровадженні розробки в господарстві на площі 40 га становить 1003640,0 грн. Затрати на модернізацію окупаються на протязі першого року впровадження удосконаленої технології і картоплекопача.

1. В Україні вирощування картоплі за роки війни скоротилося на 36% // <https://bizagro.com.ua/v-ukrayini-vyroshhuvannya-kartopli-za-roky-vijny-skorotylosya-na-36/>.
2. Врожайність картоплі цього року зменшилась на третину. 10.04.2024 р // <https://zemliak.com/news/sad-gorod/7813-vrozhaynist-kartopli-cogo-roku-zmenshilas-na-tretinu>.
3. Руженкова О. Ситуація із захмарними цінами на картоплю у 2024-2025 МР не вирівняється - віце-президент УАВК // <https://interfax.com.ua/news/interview/972814.html>.
4. Технологія вирощування картоплі. 07.10. 2024 р // <https://agrorancho.com.ua/tekhnolohiia-vyroshchuvannia-kartopli/>.
5. Орлов О. СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ // <https://cib.net.ua/ua/articles/sovremennaja-tekhnologija-vyrashhivanija-kartofelja/?srsltid=AfmBOoqGgwwSxIo7g5sziw01xWAjTpNkrLS8aa1PnDDoV9IyaFsETYYh>
6. Кернасюк Ю. Ринок картоплі: основні тренди // Агробізнес сьогодні. - 14 травня 2018.
7. Каленська С.М. Картопля: біологія та технологія вирощування. Монографія/С.М.Каленська,Н.В.Кнап,І.О.Федосій. https://agromage.com/stat_id.php?id=876.
8. Кононученко В. Картоплярство України: стан та проблеми виробництва// Пропозиція. - № 1, 2000. – с. 36 – 37.
9. Залужний В., Думич В. Техніка для збирання картоплі// Пропозиція. - № 10, 2011. – с. 72 – 77.
10. Бондарчук А.А. Перспективи розвитку картоплярства в Україні// Агроном, №1 (лютий), 2010. – с.76 – 77.
11. Буняк М.Н. Економічна ефективність виробництва та реалізації картоплі// Вісник аграрної науки. – Лютий 2002. – с. 73 – 75.
12. Шувар І. Особливості технології вирощування картоплі// Агробізнес сьогодні. – 2011, №12 (17 червня).

13. Войтюк В.С., Гапоненко Д.Г. Сільськогосподарські машини.- К.: Урожай, 1988.- 384с.
14. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, А.П. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
15. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю.Ільченко, П.І.Карасьов, А.С.Лімот та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.
16. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: навчальний посібник / Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.
17. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
18. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
19. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.
20. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. - Харків, Око. – 2003. – с. 375.
21. Практикум з використання машин у рослинництві/ В.Ю.Ільченко та ін.; Дніпропетр. держ. агр. ун-т.- 2002.
22. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. - 384с.

23. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.

24. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

25. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.