

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Механіко-технологічний факультет

УДК 631.352:634

ПОГОДЖЕНО
Декан механіко-технологічного
факультету
_____ Братішко В.В.
«__» _____ 2022 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад.
П. М. Василенка
_____ Гуменюк Ю.О.
«__» _____ 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: "ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ

ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПКИ З ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
ПРОСАПНОГО КУЛЬТИВАТОРА"

Спеціальність: 208 Агроінженерія

Освітня програма: Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, с.н.с _____ В.В. Братішко

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент _____

Мартишко В.М.

Виконав _____

Десяк О.О.

КИЇВ – 2022

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад.
П. М. Василенка, к.т.н., доцент
_____ Гуменюк Ю.О.
«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
Десяку Олексію Олександровичу

Спеціальність: 208 Агроінженерія
Освітня програма: Агроінженерія
Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: "Дослідження механізованого процесу
вирощування картоплі з обґрунтування параметрів просапного
культиватора"

Затверджена наказом ректора НУБіП України від 21 грудня 2021 року

№ 2218 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру – 24.10.2022 року.

Вихідні дані до магістерської роботи –

- Способи вирощування картоплі
- Агротехнічні вимоги до процесу вирощування ізбирання картоплі
- Конструкції машин і робочих органів

НУБІП України

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Обґрунтування теми магістерської роботи.
2. Механіко-технологічні передумови удосконалення просапного культиватора
3. Теоретичні обґрунтування технологічних та конструктивних параметрів культиватора для міжрядного обробітку ґрунту
4. Експериментальні дослідження процесу обробітку ґрунту при вирощуванні картоплі
5. Аналіз економічної ефективності

НУБІП України

НУБІП України

Дата видачі завдання “ 15 ” січня 2022 р.

НУБІП України

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Мартишко В.М.

НУБІП України

Завдання прийняв до виконання

Десяк О.О.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота містить розрахунково-пояснювальну записку на 81 сторінках машинописного тексту, таблиць - 19, рисунків - 27 і 46 назв використаних літературних джерел.

Ключові слова: *виращування картоплі, технології, машини, механізований процес, робочі органи, дослідження, удосконалення, якість обробітку, твердість, вологість, економічна ефективність.*

Проаналізовано стан та перспективи виращування картоплі в Україні, обґрунтовано тему магістерської роботи

Дана характеристика виробничих умов виращування картоплі і виконано аналіз механізованих процесів догляду за насадженнями картоплі. Проведено обґрунтування механізованого процесу виращування картоплі в умовах недостатньої вологості ґрунту.

Виконано аналіз існуючих методик і конструктивних схем і робочих органів просапних культиваторів.

Проведено дослідження впливу способів обробітку насаджень картоплі на фізичні параметри ґрунтового стану в кореневому шарі рослин

Обґрунтовано технологічні параметри робочих органів культиватора для міжрядного обробітку картоплі та ефективність його використання.

Виконані теоретичні і експериментальні дослідження технологічної схеми просапного культиватора с робочими органами комбінованого типу.

Проведені попередні економічні розрахунки виращування і догляду за насадженнями картоплі. Економічний ефект від застосування удосконаленого комбінованого культиватора може складати не менше як 888,5 грн/га.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ	
1.1. Народногосподарське значення вирощування картоплі	9
1.2. Стан та перспективи вирощування картоплі в Україні. Обґрунтування теми магістерської роботи.....	11
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОГЛЯДУ ЗА НАСАДЖЕННЯМИ КАРТОПЛІ.....	14
2.1. Способи утримання ґрунту, схеми садіння, агротехнічні вимоги	15
2.2. Аналіз конструкцій і робочих органів просапних культиваторів.....	18
2.3. Вибір і обґрунтування розробки	27
3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА	
3.1. Вплив способів обробітку насаджень картоплі на фізичні параметри ґрунтового стану в кореневому шарі рослин.....	28
3.2. Обґрунтування технологічної схеми просапного культиватора з робочими органами комбінованого типу	32
3.3. Схема встановлення розпушувальних лап.....	37
3.4. Дослідження параметрів котка комбінованого культиватора	40
3.5. Розрахунок тягового опору котків	46
4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	50
4.1. Досліджень способів обробітку насаджень картоплі.....	50
4.2. Дослідження ефективності глибокого розпушування.....	53
4.3. Результати досліджень параметрів ротаційної бороши	60
5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	64
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЯ.....	70
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

ВСТУП

Актуальність теми. Просапні культури займають близько третини посівних площ України, що складає майже 40 мільйонів гектарів. Вони характеризуються найбільш високою трудомісткістю вирощування у рослинництві, а тому потребують розробки і застосування високопродуктивних й екологічно безпечних засобів механізації, зокрема для виконання технологічних процесів з догляду за рослинами. Одним з найбільш ефективних методів боротьби з бур'янами в посівах просапних культур є агротехнічний, який базується на механічному обробітку ґрунту, й здійснюється у початковий період їх росту за допомогою просапних культиваторів.

Якість роботи просапних культиваторів, залежить, в першу чергу, від ширини захисної зони рядка. Під час виконання міжрядного обробітку ґрунту існуючі просапні культиватори УСМК-5,4; КФ-5,4; КРН-4,2 та інші забезпечують виконання механізованої технологічної операції при ширині захисної зони, що співмірна з шириною міжрядь. З 45 см ширини міжряддя до 25 см, тобто більше половини поверхні поля, не вдається обробити в процесі догляду за такими культурами, як цукровий буряк, румекс, шавнат і т.п. При ширині міжрядь 70 см (кукурудза, соняшник і т.п.) захисна зона рядка сягає до 30 см. Отже, неякісний механічний обробіток проводять на площі близько 5 млн. га або відмовляються від нього на користь застосування гербіцидів.

Спроби використання ротаційних борінок для обробітку ґрунту в захисних зонах (культиватори „Плай-М”, КРН-5,6Р тощо) засвідчили перспективність розвитку даного напрямку, проте у випадках складного рельєфу призводили до періодичного пошкодження посівів. Тема роботи є актуальною, бо спрямована на підвищення якості механізованого обробітку ґрунту у захисних зонах просапних культур й екологізацію рослинництва в сучасних умовах господарювання.

Одним із головних шляхів підвищення урожайності картоплі є комплексна механізація галузі, яка базується на впровадженні сучасних комплексів машин по відповідних технологічних лініях: підготовки і внесення добрив, основного обробітку ґрунту, підготовки насінного матеріалу, передпосівного обробітку ґрунту і садіння бульб, догляду за посівами, збирання врожаю і закладання його на зберігання.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності роботи просапного комбінованого культиватора шляхом забезпечення обробітку захисних зон нахиленими ротаційними робочими органами.

Для досягнення даної мети визначені такі завдання досліджень:

– проаналізувати технології та технічні засоби обробітку ґрунту та розробити концепцію механізованого обробітку ґрунту в захисних зонах просапних культур;

– визначити вплив основних конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи робочого органу ротаційного типу комбінованого культиватора на показники агротехнічної якості виконання технологічної операції догляду за просапними культурами;

– обґрунтувати раціональні конструктивно-технологічні параметри комбінованого культиватора з робочими органами ротаційного типу;

– провести порівняльну оцінку роботи комбінованого культиватора обладнаного робочими органами ротаційного типу з серійними аналогами та визначити їх техніко-економічну ефективність.

Об'єкт досліджень – робочий процес механізованого обробітку ґрунту в захисних зонах просапних культур та параметри робочих органів ротаційного типу комбінованого культиватора.

Предмет досліджень – залежності показників якості виконання робочого процесу механізованого обробітку ґрунту у захисних зонах

просапних сільськогосподарських культур від конструктивно-технологічних параметрів, швидкості руху МТА та робочої глибини.

НУБІП України

Методи досліджень – теоретичні дослідження проведені із застосуванням методів механіко-математичного і фізичного моделювання, землеробської механіки, чисельного розв’язку задач з використанням ПЕОМ.

НУБІП України

Аналіз математичних моделей здійснено за допомогою прикладних програм на ПЕОМ. Лабораторно-польові дослідження проведено з використанням методики планування експерименту, за загальними й окремими методиками з використанням оригінального лабораторного обладнання та лабораторно-

НУБІП України

польової установки для досліджень комбінованого культиватора з нахиленими ротором.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1.1. Народнотеподарське значення вирощування картоплі.

Картопля походить з Південної Америки. Індійські племена у Перу, Еквадорі, Болівії, Чилі вирощували її за 1-2 тис. років до н.е. У Європу (Іспанію) завезена в 1565 р., звідки поступово 483 поширилася в інші європейські країни.

Нині у світовому виробництві продукції рослинництва картопля посідає одне з перших місць після зернових (пшениці, рису, кукурудзи, ячменю). Її вирощують більш ніж у 130 країнах світу на площі 19 млн. га. Валовий збір картоплі у світі близько 330 млн. т, середня врожайність 170 ц/га (дані FAO).

У Росії, Україні, Китаї та Індії зосереджено понад 40% світового виробництва картоплі. Урожайність бульб картоплі в передових картопловиробничих країнах США, Німеччині, Франції - близько 400 ц/га.

За виробництвом картоплі на душу населення (800-900 кг) Україна посідає десяте місце у світі. Ставиться завдання стабілізувати посівні площі під картоплею на рівні 65 тис. га з отриманням врожайності у великотоварних господарствах насіннєвої картоплі 250-300 ц/га, продовольчої - 350-400 ц/га і технічної - 400-450 ц/га за зниження собівартості продукції на 30-40%.

На душу населення щорічно виробляється 30 кг бульб картоплі.

Різноманітне використання картоплі (рис. 1) зумовлене її цінними властивостями. Бульби картоплі містять 15-35% сухих речовин, зокрема крохмаль 17-29%, сирого протеїну 1-2%, 0,1-0,2% жиру і приблизно 1% мінеральних солей. Крім того, в бульбах є каротин (провітамін А), вітаміни С, В1, В2, В6, Д, РР, К та ін. Вживання середньої норми вареної картоплі (300 г на день) на 10-12% забезпечує добову потребу людини у вуглеводах, фосфорі, вітаміні В2, на 30-40% - в амінокислотах, на 55-60% - у калії, на 25-30% - у кальції та залізі, на 1-2% - у каротині.

З цієї причини картопля є найважливішим продуктом харчування для людини і її часто називають "другим хлібом". З неї готують не менше 700 різноманітних страв. Картоплю нині переробляють на напівфабрикати і картоплепродукти: картопляне борошно і порошок, пюре, чіпси і крекери, пластівці і гранули, картоплю сушену, заморожену і сублимовану (зневоднену) тощо.

Велике значення має картопля і як кормова культура. За кількістю кормових одиниць, одержуваних з гектара, за середньої врожайності картопля перевершує основні зернові культури, але дещо поступається цукровим бурякам.

Для кормових цілей широко використовують бульби в сирому і приготованому вигляді, бадилля у вигляді силосу, відходи технічної переробки бульб: барду (отримують під час спиртокуріння) і мезгу (під час крохмале-паточного виробництва). За поживною цінністю 1 кг сирих бульб прирівнюється до 0,3 к.од., 1 кг силосу із зеленого бадилля - 0,08 к.од., 1 кг сушеної барди - 0,05 к.од.

Бульби картоплі є цінною сировиною для низки галузей промисловості: крохмалепаточної, спиртової, глюкозної, декстринової тощо. Зі 100 кг бульб картоплі можна отримати 17 кг крохмалю або 11 л спирту, або 8 кг глюкози тощо.

Картопляний крохмаль і крохмалопродукти використовують у харчовій промисловості (кондитерській, ковбасній тощо), паперовій, хімічній, текстильній тощо. Картопляний спирт використовують при виробництві синтетичного каучуку, пластмаси, кіноплівки, штучного шовку тощо.

Велике значення картоплі і як просяпної культури. Вона є добрим попередником для більшості культур (грунт стає пухкішим, сприяє очищенню полів від бур'янів, збагачує грунт поживними речовинами, тому що під неї вносяться органічні добрива).

Картопля є вимогливою рослиною до якісної підготовки ґрунту. Обробіток ґрунту має створювати оптимальні водно-повітряний і харчовий

режими для формування врожаю картоплі; забезпечувати в зоні бульбоутворення рекомендовані густоту й грудкуватість, об'єм гребеня, рівномірно розподіляти й забезпечувати зародження органічних і мінеральних добрив, знищувати бур'янисті рослини.

1.2. Стан та перспективи вирощування картоплі в Україні. Обґрунтування теми магістерської роботи

В Україні картоплю почали вирощувати близько 1700 р., але інтенсивно вона почала поширюватись тільки з 1765 р. Сучасна світова площа під картоплею становить близько 18 млн. га. Вирощують її у 130 країнах світу. Найбільші посівні площі – до 13 млн. га зосереджені в європейських країнах.

В Україні площі під картоплею становлять 1,5 млн. га, найбільші вони на Поліссі (близько 60%) та в Лісостепу (до 30%).

Посівні площі основних сільськогосподарських культур та їх структура в Україні за 2020 р. [21]

Таблиця 1-1.

Культура	Загальна площа, тис. га	Структура площ, %
Посівна площа	27258	100
Зернові та зернобобові	14946	54,8
у т.ч. пшениця	6144	22,5
кукурудза	4714	17,3
Технічні культури	8339	30,6
у т.ч. цукрові буряки	333	1,2
соняшник на зерно	5149	18,9
Кормові культури	2077	7,6
Картопля і овочі	1995	7,0
у т.ч. овочі	541	2,0
картопля	1348	5,0

Загальні посівні площі під картоплею в Україні становлять 1342,8 тис. га. Основне виробництво сконцентроване у 10 регіонах – Вінницькій (105,5 тис. га), Львівській (95,2), Київській (95,2), Чернігівській (79,3), Рівненській (69,9),

Хмельницькій (67,7), Волинській (69,2), Тернопільській (63,5), Харківській (63,3) та Івано-Франківській областях (59,7 тис. га). Найвища врожайність – у Хмельницькій (22,3 т/га), Сумській (22,2), Житомирській (21,8), Полтавській (20,9), Тернопільській областях (20,2 т/га). Виробництво картоплі на 97% зосереджено в господарствах населення, як наслідок – натуральне господарство не дозволяє застосовувати інноваційні технології виробництва. До того ж, відсутність системної обробки посівів картоплі, якісного насінневого матеріалу та недотримання сівозмін сприяє розвитку хвороб та розповсюдженню шкідників. Відтак, якість та середня врожайність картоплі по Україні у всіх категоріях господарств є на низькому рівні – 17,6 т/га, що значно нижче рівня країн Європи. Крім того, галузь має надскладний технологічний ланцюг надскладження до споживача, на долю якого припадає тільки 26,8% загального фонду виробництва картоплі (рис. 1.2).

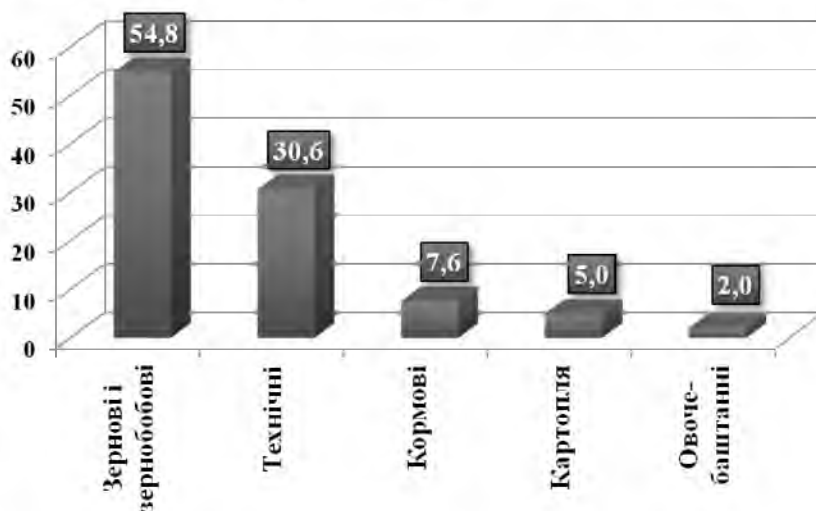


Рис. 1.1. Структура посівів основних сільськогосподарських культур в Україні за 2020 р. [21]

Для отримання високого врожаю необхідні сучасні технології, нові технічні засоби, які часто не задовільняють виробництво. З урахуванням негативних факторів та необхідність якнайшвидшого їх усунення і зумовили необхідність розробки Концепції розвитку картоплярства до 2020 року. Профільним Інститутом картоплярства НААН було розроблено галузеву програму «Картопля України – 2020», відповідно до якої передбачено: донести

площу під культурою до 3 млн. га, що складає близько 12% у структурі посівних площ, довести обсяг виробництва картоплі до 35 млн. т на рік та експорт продукції до 1,5 млн. т. Крім того, у галузевій Програмі відзначено, що інноваційно-інвестиційна привабливість галузі картоплярства полягає в забезпеченні рентабельності на рівні 30-35%.

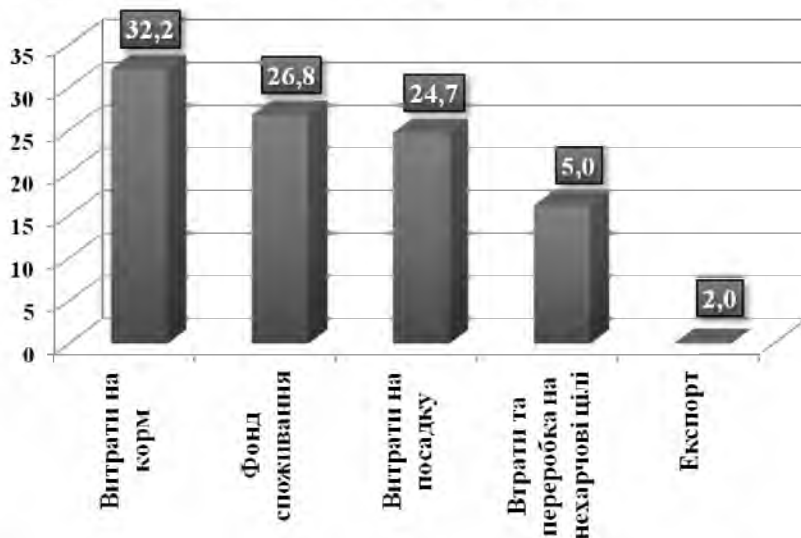


Рис. 1.2. Баланс виробництва картоплі в Україні, 2020 р. % [21]

На перспективу виробництво картоплі слід проводити на базі інноваційного розвитку галузі, не тільки шляхом прямого збільшення капіталовкладень на одиницю посівної площі, а із застосуванням науково обґрунтованих систем сівозмін. [9, 21].

Обґрунтування теми магістерської роботи. Аналіз останніх закордонних та вітчизняних досліджень і публікацій свідчить про те, що при вирощуванні картоплі зменшують число механічних обробок і використовують гербіциди [1–5]. Це знижує забур'яненість насаджень та їх ураження хворобами, що підвищує врожайність картоплі.

Але, для щорічного отримання високих врожаїв картоплі потрібні, щоб умови зовнішнього середовища відповідали біологічним вимогам. Таким чином, пошук прийомів і робочих органів, направлених на знищення бур'янів і створення сучасних робочих органів – має перспективу

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОГЛЯДУ ЗА НАСАДЖЕННЯМИ КАРТОПЛІ

Прогресивні технології спрямовані на досягнення запрограмованих кінцевих результатів з ефективним використанням природних та інших непоновлюваних ресурсів.

Під час виробництва картоплі сучасні технології мають ознаки інтенсивних, ресурсощадних, енергоощадних і ґрунтозахисних технологій.

Вибір варіанта технології залежить від природно-кліматичних умов, середовища та наявного комплексу машин та обладнання, взаємодії агрономічного, інженерного та кадрового забезпечення вибраної технології.

У більшості господарств України під час виробництва картоплі за інтенсивною технологією під час виконання певних операцій використовують елементи ресурсощадних чи енергоощадних технологій та технологій No-till.

Інтенсивна технологія виробництва картоплі передбачає: спільне застосування передової агротехніки, інтенсивних сортів, які відповідають вимогам зони, прогресивних технологічних прийомів виконання основних і допоміжних операцій, сучасних машин і робочих органів, прогресивної організації і системи оплати праці, що стимулює одержання високих урожаїв.

Завданням упровадження інтенсивної технології вирощування і збирання картоплі є одержання високих і стійких врожаїв з мінімальними затратами праці і засобів у ранні, найбільш сприятливі для збиральних робіт зональні строки, створення умов, які забезпечують застосування під час збирання в різних ґрунтово-кліматичних умовах комбайнів.

Картопля потребує ретельного догляду і дотримання агротехніки.

Метою проведення догляду за посівами картоплі є забезпечення їхньої чистоти від бур'янів, хвороб та шкідників з одночасним підтриманням оптимального водно-повітряного режиму ґрунту. Він полягає в суцільному розпушуванні ґрунту до і після появи сходів, розпушуванні в міжряддях з

присипанням бур'янів ґрунтом в рядках, обприскуванні для захисту від шкідливих організмів та зрошення.

Крапельне зрошення — найбільш прогресивний і вигідний метод поливу та живлення картоплі. Він зберігає родючість ґрунту, економить 70% води, економить ресурси і час, може бути повністю автоматизованим поливом!

Догляд за плантацією картоплі передбачає початок формування гребенів через 5-7 днів після посадки. Подальший догляд за посівами полягає у застосуванні післясходових хімічних засобів захисту рослин та препаратів та міжрядного обробітку.

Для знищення у посівах картоплі однорічних та багаторічних злакових бур'янів доцільно використовувати гербіциди Фюзілад Форте 150 ЕС к.е. (1,0-2,0 л / га), Ачіба к.е. (4 л / га), Арамо 45 к.е. (2,3 л / га).

2.1. Способи утримання ґрунту міжряддях насаджень картоплі, схеми насаджень, агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку

Своєчасний і якісний догляд за насадженнями картоплі підвищує врожайність бульб не менше ніж на 20%. Головна мета при догляді картоплі протягом вегетаційного періоду — забезпечення оптимальних умов для росту і отримання врожаю.

У систему догляду входять: механізовані досяхові та післясходові обробітки міжрядь. Механізований догляд передбачає розпушення ґрунту в гребенях і міжряддях, знищення бур'янів, створення на період збирання заданих параметрів гребенів, які забезпечують нормальні умови для комбайнового збирання.

Заходи з догляду за насадженнями залежать від багатьох факторів. У зв'язку з цим система догляду за насадженнями має бути гнучкою. Одна з основних причин, що спричиняє різке зниження врожайності картоплі, — забур'яненість насаджень. Крім того, бур'яни зумовлюють поширення хвороб, насамперед вірусних, а також ускладнюють механізоване збирання,

збільшуючи втрати бульб. Гребневий спосіб садіння дає змогу ефективно доглядати насадження, не ущільнюючи ґрунту в рядках.

У систему догляду входять: механізовані досходові та післясходові обробітки міжрядь. Механізований догляд передбачає розпушення ґрунту в гребенях і міжряддях, знищення бур'янів, створення на період збирання заданих параметрів гребенів, які забезпечують нормальні умови для комбайнового збирання.

Заходи з догляду за насадженнями залежать від багатьох факторів. У зв'язку з цим система догляду за насадженнями має бути гнучкою. Одна з основних причин, що спричиняє різке зниження врожайності картоплі, — забур'яненість насаджень. Крім того, бур'яни зумовлюють поширення хвороб, насамперед вірусних, а також ускладнюють механізоване збирання, збільшуючи втрати бульб. Гребневий спосіб садіння дає змогу ефективно доглядати насадження, не ущільнюючи ґрунту в рядках.

Міжрядний обробіток просапних культур (Рис. 2.1) проводять для знищення бур'янами та розпушування ґрунту. При допомозі міжрядного обробітку мульчують шар на поверхні ґрунту, що не допускає утворенню ґрунтових тріщин, і не допускає інтенсивного випаровування вологи.

Механічний обробіток міжрядь картоплі допомагає підвищенню водопроникності та покращує повітряний режим ґрунту.

Міжрядний обробіток дає змогу підтримувати верхній шар ґрунту у дрібно-грудочковому стані, що дозволяє утворенню в ґрунті кращого водно-повітряного режиму і поліпшенню біологічних процесів.

Використовують два види просапних культиваторів. Одні з них передбачають тільки обробіток ґрунту в міжряддях (Рис. 2.1), а другий, крім робочих органів для обробітку ґрунту, обладнаний ще й висівними апаратами та системою подачі гранульованих добрив під лапу і дозволяють обробляти міжряддя та вносити мінеральні добрива.



Рис. 2.1 Міжрядний обробіток міжрядд



Рис. 2.2 Міжрядний обробіток картоплі з одночасним підживленням

Якщо обробляти ґрунт без підживлення мінеральними добривами робочі органи культиваторів ають 100 % знищувати бур'яни в міжряддях, не виносити вологу з ґрунту на поверхню поля, не травмувати рослини більше 1-2%, не змінювати задану глибину (для м'якого обробітку - 1 см, а для глибокого - 2 см). При підготанні рослин, робочі органи мають формувати рівний гребінь необхідної висоти, прикриваючи дно і стінки борозни розпушеним шаром ґрунтом

При роботі культиваторів з одночасним підживленням рослин, крім вищевказаних вимог, вони повинні забезпечувати наступне:

відхилення дози внесення добрив не повинно перевищувати 15%, а нерівномірність висіву добрив між висівними апаратами - менше 5%.
допустиме відхилення глибини загортання добрив - до 3%, а травмування рослин менше як 5%.

Частота виконання міжрядних обробок залежать від структури і стану верхнього шару ґрунту, засміченості посівів, особливостей культур, протяжності вегетації рослин. За умови ущільнених ґрунтів, великій забур'яненості і тривалому періоді вегетації кількість обробок зростає.

Кожний черговий обробіток виконують орієнтовно через 15...20 днів після останнього. Ефективність обробітку покращується, коли його проводять через короткий час після дощу.

Глибина обробітку ґрунту у міжрядях картоплі залежить від строків його виконання, фази росту картоплі і вологості ґрунту. Якщо недостатньо вологи перший міжрядний обробіток проводять на глибину 10-12 см, другий - на 8-10 см, а третій (у разі необхідності) - на 6-8 см. Якщо достатньо вологи така послідовність не обов'язкова.

Сучасні технології вирощування картоплі дозволяють зменшити кількість операцій при догляді за посадками, але не виключає їх зовсім у разі необхідності. Якщо в міжрядях картоплі з'являються бур'яни, їх знищують, комбінуючи механічні способи та хімічні.

В залежності від завдань міжрядного обробітку, погодних умов, способу садіння та періоду вегетації на культиваторах застосовують різноманітні робочі органи.

2.2. Аналіз конструктивних схем і робочих органів просапних культиваторів

Просапні культиватори.

В Україні налагоджено виробництво культиваторів для міжрядного обробітку просапних культур. Вони призначені для виконання технологічного процесу на посівах просапних культур з шириною міжрядь 45 і 70 см. Ширина

захисної зони просапних культиваторів вітчизняного виробництва перебуває в межах від 12 до 18 см. Згідно з результатами випробувань вони забезпечують задовільне знищення бур'янів у зоні обробітку [1-2].

Найбільш поширеним вітчизняним культиватором для обробітку насаджень картоплі і овочевих культур є КОН – 2,8.



Рис. 2.3. Культиватор-рослинопідживлювач просапний КОН-2,8

Провідні машинобудівні фірми виготовляють просапні культиватори з різною шириною міжрядь. Зазвичай, культиватори комплектуються різними типами змінних робочих органів [3-12].

Вітчизняна промисловість пропонує досить широкий вибір машин для міжрядного обробітку ґрунту. Серед них ПАТ «Уманьферммаш» виготовляє просапні культиватори УСМК-5,4 та КІР-5,6. Культиватор УСМК-5,4 є універсальним знаряддям. Він призначений для міжрядного обробітку ґрунту, руйнування ґрунтової кірки ротатійними робочими органами, проріджування сходів та підживлення мінеральними добривами посівів буряків.

Культиватор-рослинопідживлювач просапний КІР-5,6 призначений для міжрядного обробітку із шириною міжрядь 70 см, руйнування ґрунтової кірки, глибокого розпушення ґрунту в міжряддях, підгортання та одночасного внесення гранульованих мінеральних добрив.

Культиватор-рослинопідживлювач просапний КІР-5,6 (Рис. призначений для міжрядного обробітку із шириною міжрядь 70 см, руйнування ґрунтової кірки, глибокого розпушення ґрунту в міжряддях, підкошення та одночасного внесення гранульованих мінеральних добрив.



Рис. 2.4. Культиватор-рослинопідживлювач просапний КІР-5,6

Провідними виробниками просапних культиваторів для овочівництва в Європі є фірми SFOGGIA, Gaspardo, Hatzebichler, Garford, EINEЦСК, BADALINI, Mater Maco, Kongskilde, Monosem та інші.

Деякі моделі культиваторів обладнані системами ручного або автоматичного керування машиною. Система автоматичного рульового керування направляє машину точно по траєкторії руху трактора навіть на поворотах, що дозволяє здійснювати обробіток на високих швидкостях без завдання шкоди сільськогосподарським культурам. Ручним керуванням оператор (у зручному положенні ззаду) може створювати робочу траєкторію.

Культиватори ТНЕМА можуть працювати на обробітку різних просапних і овочевих культур в ширині міжрядь від 25 до 80 см (рис. 1).



Рис. 2.5. Моделі культиваторів ТНМА: а – культиватор з системою ручного керування для обробітку картоплі; б – обробіток овочевих культур

Дво- та чогирирядні культиватори обладнані механічними туковисівними апаратами з бункерами для мінеральних добрив місткістю 220 та 440 л. Моделі культиваторів для міжрядного обробітку кукурудзи (6-16 рядків) і буряка (4-24 рядків) оснащені пневматичним туковисівним апаратом і мають центральний бункер для добрив місткістю 880 або 1320 л.

Для обробітку овочів секція має два захисні диски і три стрілочасті культиваторні лапи на жорстких стійках (рис. 2 б).



Рис. 2.6. Секції культиваторів для обробітку міжрядь кукурудзи (а), овочевих культур (б), буряка (в) та картоплі (г)

Робочі органи просапних культиваторів.

На просапних культиваторах застосовують різні робочі органи у вигляді лап, підголівельних ножів, підгорбальних корпусів тощо. (рис. 1). Полосльні

лапи-бритви призначені для підрізання коренів бур'янів і розпушування ґрунту в міжряддях на глибину до 6 см. Попольні лапи-бритви застосовують, як правило, для першого міжрядного обробітку. Попольна лапа-бритва складається зі стійки 1 і плоскоріжучого леза 3 з вертикальною щогою 2, що оберігає рослини від присипання ґрунтом. Розрізняють лівосторонні та правосторонні попольні лапи-бритви. Лівосторонні встановлюють з лівого, а правосторонні з правого боку від осі рядка. Попольні лапи-бритви випускають із різною шириною захвату - 85, 120, 165 і 250 мм.

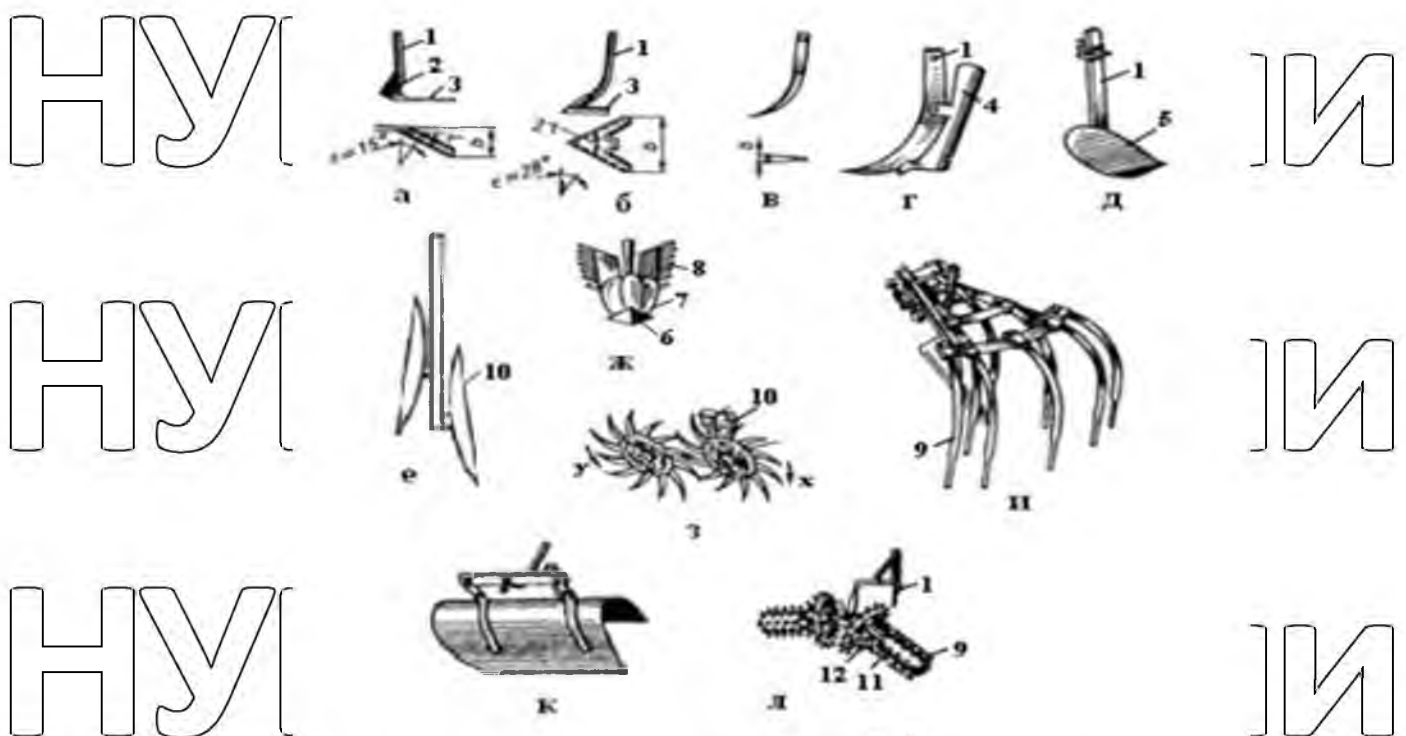


Рис. 1. Робочі органи просапних культиваторів: а - одностороння плоскоріжуча лапа-бритва; б - універсальна стрілчаста лапа; в - долотоподібна розпушувальна лапа; г - підгодівельний ніж; д - лапа-відвальчик; е - підсапувальні диски; ж - підсапувальний корпус; з - голчасті диски; и - просапні боронки; к - щиток-будиночок; л - універсальні ротаційні боронки; 1 - стійка; 2 - щока; 3 - лезо; 4 - лійка; 5 - відвальник; 6 - норальник; 7 - відвал; 8 - крило відвалу; 9 - зуби; 10 - диски; 11 - циліндричний барабан; 12 - конічний барабан.

Універсальні стрілчасті лапи призначені для розпушування ґрунту на глибину до 12 см. Вони можуть застосовуватися як для суцільної культивуації, так і для міжрядної. Універсальна стрілчаста лапа складається зі стійки 1 і двостороннього леза 3. Ширина захвату універсальних стрілчастих лап 220-

385 мм. Долотоподібні лапи призначені для розпушування ґрунту в міжряддях на глибину до 16 см. Долотоподібна лапа являє собою стійку з відігнутим вперед загостреним носком у вигляді долота шириною 20 мм.

Підживлювальні ножі призначені для розпушування ґрунту в міжряддях і закладення в ґрунт туків на глибину до 16 см. Підживлювальний ніж

складається з долотоподібної лапи з прикріпленою до неї шийкою, якою добрива від тукопроводу потрапляють у борозенку. Лапи-відвальчики призначені для міжрядного обробітку картоплі. Вони встановлюються на відстані 25...27 см з обох боків від осі рядка. Лапи-відвальчики підрізають бур'яни і розпушують ґрунт на глибину до 6 см.

Корпуси-підгортальники призначені для підгортання картоплі, знищення бур'янів на дні борозни та засипання ґрунтом бур'янів у захисних зонах.

Корпус-підгортальник складається зі стійки, нарального та двостороннього відвалу з розсувними крилами. Глибина обробітку корпусом-підгортальником до 16 см, висота гребеня до 25 см.

Ротаційні голчасті диски призначені для руйнування ґрунтової кірки та знищення бур'янів у міжряддях і захисних зонах під час обробітку просапних культур. Глибина обробітку до 9 см. Ефективність обробки залежить від напрямку обертання голчастих дисків, якщо голки вигнуті. Просапні боронки призначені для розпушування ґрунту та знищення бур'янів у захисних зонах і міжряддях. Складаються з рамки та пружинних зубів.

Щитки-будиночки призначені для захисту рослин від присипання ґрунтом. Щиток-будиночок складається з вигнутого листа і кронштейна для кріплення на грядилі секції. Універсальні ротаційні боронки призначені для досходового розпушування ґрунту та знищення бур'янів на гребнистих посадках картоплі або інших культур. Універсальна ротаційна боронка

складається з двох барабанів із конічною та циліндричною поверхнями, на яких закріплені зуби завдовжки 55 мм, і стійки.

Для досхедового обробітку овочевих культур, висаджених на гребнях, можуть застосовуватися ротаційні боронки, виженані у вигляді барабанів із пружно-еластичними елементами, поверхня яких копіює форму гребеня [1; 2; 3; 4].

Догляд за картоплею, яку посаджено гребневим чи напівгребневим способом

Посіви картоплі на сьомий-восьмий день після садіння обробляють культиваторами: за чотирирядкової схеми – КОН-2,8; шестирядкової схеми – КОР-4,2; восьмирядкової схеми – КРН-5,6.

На кожну секцію встановлюють по одній стрілочатій лапі посередині міжрядь на глибину $h=14\dots 16$ см і по дві широкозахватні плоскорізальні лапи (бритви), які підрізають вершину гребеня на глибину 3...5 см. Одночасно поверхню гребня обробляють спеціальною профільною борінкою.

Вдруге картоплю обробляють приблизно на 12...16-й день після садіння, коли ростки бульб сягнуть 3...4 см. Обробіток проводять так само, як і перший з обов'язковим підрізанням плоскорізальними лапами вершин гребенів або напівгребенів. При цьому стрілочаті лапи встановлюють на глибину $h=16\dots 18$ см (рис. 2.7, III). Третій обробіток картоплі проводять за умови, коли за сім-вісім днів після другого обробітку були опади і ґрунт ущільнився.

Для цього на кожну секцію культиватора встановлюють по одній стрілочатій лапі і залишають профільовані борінки (рис. 2.7, IV).

Четвертий міжрядний обробіток картоплі проводять, коли рослини піднялися на поверхню ґрунту на 10...12 см.

Це перше глибоке розпушування міжрядь на глибину 18...20 см з одночасним боронуванням прямими борінками (рис. 2.7, V).

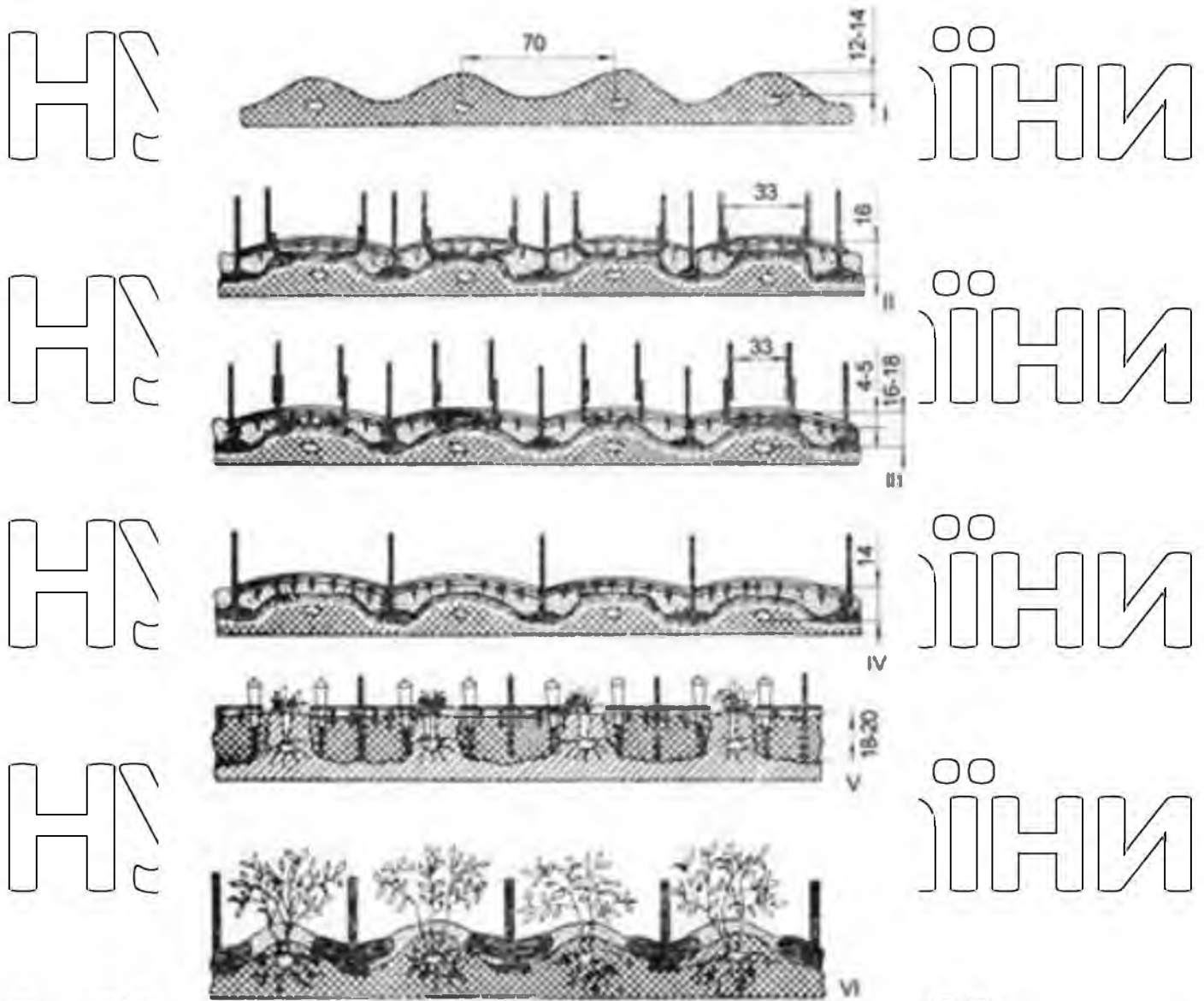


Рис. 2.7. Послідовність операції садіння та догляду за рослинами:
 I – садіння картоплі; II – перший обробіток до появи сходів; III – другий обробіток до появи сходів; IV – третій обробіток; V – четвертий обробіток за появи сходів; VI – підгортання картоплі

Догляд за рослинами картоплі складається з таких технологічних операцій як розпушування міжрядь агрегатами з активними (мають привід від ВВП, гідросистеми, пневмосистеми чи електрообладнання трактора) чи пасивними робочими органами, знищення бур'янів, формування гребенів певної форми й дрібногрудочкової структури ґрунту в них, боротьба з бур'янами

При гребневому способі вирощування картоплі поле розпушують на 8-10-й день після садіння культиваторами, обладнаними стрілочастими лапами і лапами-бритвами. Наступного разу ґрунт розпушують універсальними стрілочастими лапами тоді, коли паростки картоплі проростають на довжину 3-4 см. При цьому глибина обробітку повинна бути 10-12 см. Якщо випадають дощі, ущільнюється ґрунт і проростають бур'яни, то проводять третю міжрядну культивування розпушувальними лапами на глибину 7-8 см.



Рис. 2.8 Загальний вигляд гребневого способу вирощування картоплі

Підгортання картоплі проводять з метою присипання ґрунтом основи стебел рослин з одночасним розпушуванням верхнього шару ґрунту. При підгортанні картоплі нижня частина стебел з усіх боків присипається ґрунтом, що при наявності достатньої кількості вологи сприяє утворенню стolonів. У посушливі роки багаторазове підгортання рослин картоплі шкідливе, тому що призводить до збільшення випаровування вологи з розпушеного ґрунту.

У регіонах з надмірним зволоженням за допомогою підгортання картоплі можна регулювати водо-повітряний та температурний режими ґрунту. Після підгортання поверхня ґрунту залишається гребенистою, краще обігрівається та випаровує більше вологи. Збільшення площі поверхні після підгортання сприяє усуненню надлишків вологи у ґрунті.

2.3. Вибір і обґрунтування розробки

Сучасний комбінований ґрунтообробний агрегат повинен забезпечувати якісне розпушування розпушування міжрядь картоплі на задану глибину (5-12 см) із знищенням бур'янів і за один прохід виконувати наступні операції: розпушення ґрунту в тому числі сліду трактора; інтенсивне розпушування ґрунту ротаційним робочим органом, регульованої по висоті балки; додаткове подрібнення і кришіння грудок землі, ущільнення поверхневого шаруочі ними катками.

Комбінований просапний культиватор (секція див. рис. 3.5) призначений для міжрядного обробітку насаджень картоплі і виконує за один прохід подрібнення грудок, розпушування ґрунту, підрізування бур'янів, утворення гребенів на поверхні поля і ущільнення ґрунту.

Комбінований ґрунтообробний агрегат складається: з 1 - рама, що включає навісний пристрій; 2; 3 - розпушувальна лапа; 4 - секція ротаційного розпушувача; 5 - розпушувальна лапа; 6 - прутковий діаболічний каток-гребнеутворювач; А - зона розпушування дна борозни; В - зона розпушування стінок гребеня; С - зона розпушування міжрядь; D - зона утворення гребеня.

В процесі експлуатації існуючих просапних культиваторів виявлено ряд недоліків у конструкції його несучих елементів, що негативно впливає на ефективність експлуатації культиватора, якісні показники виконання технологічного процесу. Всі ці фактори разом суттєво зменшують експлуатаційну показники просапного культиватора культиватора.

Поставлено завдання нашої роботи – запропонувати конструктивні рішення з удосконалення технологічної схеми, розтановку робочих органів, культиватора для догляду за насадженнями картоплі, які забезпечать підвищення надійності технологічного процесу.

3. ОБґРУНТУВАННЯ І ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК КОМБІНОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА

3.1 Вплив способів обробітки насаджень картоплі на фізичні параметри ґрунтового шару в кореневому шарі рослин

Одна із умов досягнення планованої врожаю картоплі та якості отриманої продукції є створення сприятливих ґрунтових умов для росту та розвитку рослин, які визначаються оптимальною вологістю та температурою в кореневмісному шарі.

Картопля найбільш чуйна при вирощуванні в умовах помірних температур 17-20°C. Найкращий ріст і розвиток рослин картоплі, що відповідають найбільш повній реалізації потенціалу цієї культури, відзначається в тих випадках, коли вологість ґрунту весь період вегетації підтримується на рівні 70- 80% найбільшої вологоємності [1].

При використанні інтенсивних технологій вирощування картоплі остаточне формування бульбопокровного шару відбувається в результаті проведення технологічної операції гребнеутворення. У цьому випадку формування гребенів проводиться за один прохід культиватора-гребнеутворювача, після чого виключається додаткові операції до збирання. В залежності від ґрунтового-кліматичних умов для гребнеутворення посадок картоплі застосовують просапні культиватори-гребнеутворювачі з активними робочими органами фрезерного типу або культиваторами з пасивними робочими органами – розпушувальними лапами [2].

Мета теоретичних досліджень – оцінка ефективності операції глибокого розпушування міжрядь, здійсненої культиватором із пасивними робочими органами під час формуванні гребенів у порівнянні з традиційною схемою формування гребенів фрезерним культиватором гребнеутворювачем, обладнаним гребнеутворювальною плитою.

Відомо, що вологозабезпеченість кореневого шару багато в чому залежить від наявності всередині ґрунту розвиненої мережі ґрунтових пор і

капілярних каналів, а також від сезонних і добових коливань температури в різних ґрунтових горизонтах [3]. У зв'язку з цим виникає завдання сцінки вологість ґрунту у різних шарах на глибини до 90 см і температури ґрунту в зоні розвитку бульб за результатами використання різних прийомів міжрядного обробітку ґрунту в інтенсивній технології вирощування картоплі.

З цієї метою було проведено дослідження культиватора КФК-2,8 Grimme з активними робочими органами (рис. 3.1) і культиватора-гребнеутворювача GH-4, оснащеним пасивними робочими органами (рис.3.2).



Рис. 3.1 Фрезерний культиватор-гребнеутворювач КФК-2,8 Grimme

Фрезерний культиватор-гребнеутворювач інтенсивно обробляє ґрунт ножами фрези та за допомогою гребнеутворювальної плити з подрібненого ґрунту формує гребені необхідної форми за один прохід. При цьому гребені, що складаються з дрібних ґрунтових елементів досить ущільнені.



Рис. 3.2 Просапний культиватор гребнеутворювач GH-4

Просапний культиватор, має пасивні робочі органи і на кожній секції оборотну лапу -глибокорозпушувач для обробітку центру міжрядь.

Дві оборотні розпушувальні лапи на пружинних стояках встановлені на цій же секції в межах захисної зони, проводять обробітку гребня після його краями. Під час його проходження грунт обробляється з меншою інтенсивністю, але на більшу глибину порівняно з фрезерним культиватором-гребнеутворювачем. Гребінь формується шляхом згрібання ґрунту з міжрядь підгорітальним корпусом, і потім його поверхня зміцнюється за допомогою пруткового прикочувального котка[4,5]

Центральні лапи здійснюють розпушування міжрядь на глибину 20 см нижче дна борозни гребеневої поверхні.

Методика дослідження двох типів просапних культиваторів проводилася на посадках насінневої картоплі, на суглинкових дерновощезолистих ґрунтах. Після проходження цих культиваторів на полі було встановлено пересувна метеостанція iMetos для реєстрації та подальшої передачі даних параметрів ґрунтового стану по модемного зв'язку на сервер зберігання інформації (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Вимірювально-передавальний комплекс для оцінки температури, вологості ґрунту та рівня опадів

Реєстрація досліджуваних параметрів проводилася в цілодобовому режимі з кроком за часом 15 хвилин. Надсилання інформації на сервер модемним зв'язком здійснювалося в стислому вигляді раз на добу. Наявність акумуляторної батареї і сонячної панелі забезпечувала повну автономність роботи вимірювально-передавального комплексу і відсутність необхідності його технічного обслуговування протягом періоду спостереження.

Вимірювально-передавальний комплекс забезпечує:

- безперервну реєстрацію температури навколишнього повітря;
- безперервну реєстрацію температури ґрунту в гребнях на глибині 15 см (зона бульбоутворення);
- безперервну реєстрацію вологості ґрунту в гребнях на глибині 15 см, 45 см, 75 см;
- безперервну реєстрацію запасів продуктивної вологи в шарі 90 см;
- безперервну реєстрацію рівня опадів.

Спостереження проводилися з 28.06.2022 р. по 05.08.2022 р. Цей період спостережень відповідає такій стадії розвитку рослин, за якої відзначається формування і найбільш активний ріст бульб. Статистичний аналіз результатів експерименту проводився з використанням програми MS Excel.

3.2. Обґрунтування технологічної схеми прорізного культиватора є робочими органами комбінованого типу

Під час вирощування картоплі одним із найважливіших чинників отримання гарантованого врожаю із заданими показниками якості продукції є створення найбільш сприятливих умов для росту та розвитку рослин протягом тривалого часу.

Одним із таких чинників є температурний режим ґрунту в зоні залягання основної маси кореневої системи картоплі.

Для даної культури діапазон температур ґрунту у зоні бульбоутворення, за якого забезпечуються найсприятливіші умови, лежить у межах 17-20°C.

Температурний режим ґрунту визначається послідовністю теплообміну у системі: приземний шар повітря - рослина - ґрунт. У свою чергу стан ґрунту впливає на процеси переносу тепла, акумуляції теплоти і теплового розсіювання, тобто на процеси поглинання тепла, здатності утримувати тепло і передавання теплової енергії всередині ґрунтового горизонту [1, 2].

Якість міжрядного обробітку ґрунту - це акумулюючий показник чинників агротехнологічного та агротехнічного характеру.

Прийнято, що серед відомих факторів, які різною мірою впливають на якість міжрядного обробітку ґрунту різною мірою впливають на якість міжрядного обробітку ґрунту, можна виокремити основні, перелічені нижче: фізико-механічний склад і технологічні властивості оброблюваної ділянки поля за глибиною; технічне рішення прорізного культиватора та технологічні регулювання його робочих органів; поступальна швидкість руху машинно-тракторного агрегату, а також показники стабільності ходу всього агрегату [3].

Матеріал і методи дослідження. З огляду на сучасний розвиток агропромислового виробництва та застосування для механічного захисту рослин переважно технічних систем для диференційованого обробітку ґрунту, проведене теоретичне дослідження дало змогу за допомогою сучасних

автоматизованих систем проектування допомогою сучасних автоматизованих систем проектування розробити конструктивно-технологічну схему прорізного культиватора з оптимізованими конструкційними параметрами комбінованих робочих органів, який можна використовувати для обробітку насаджень картоплі, що вирощується на гребнях.

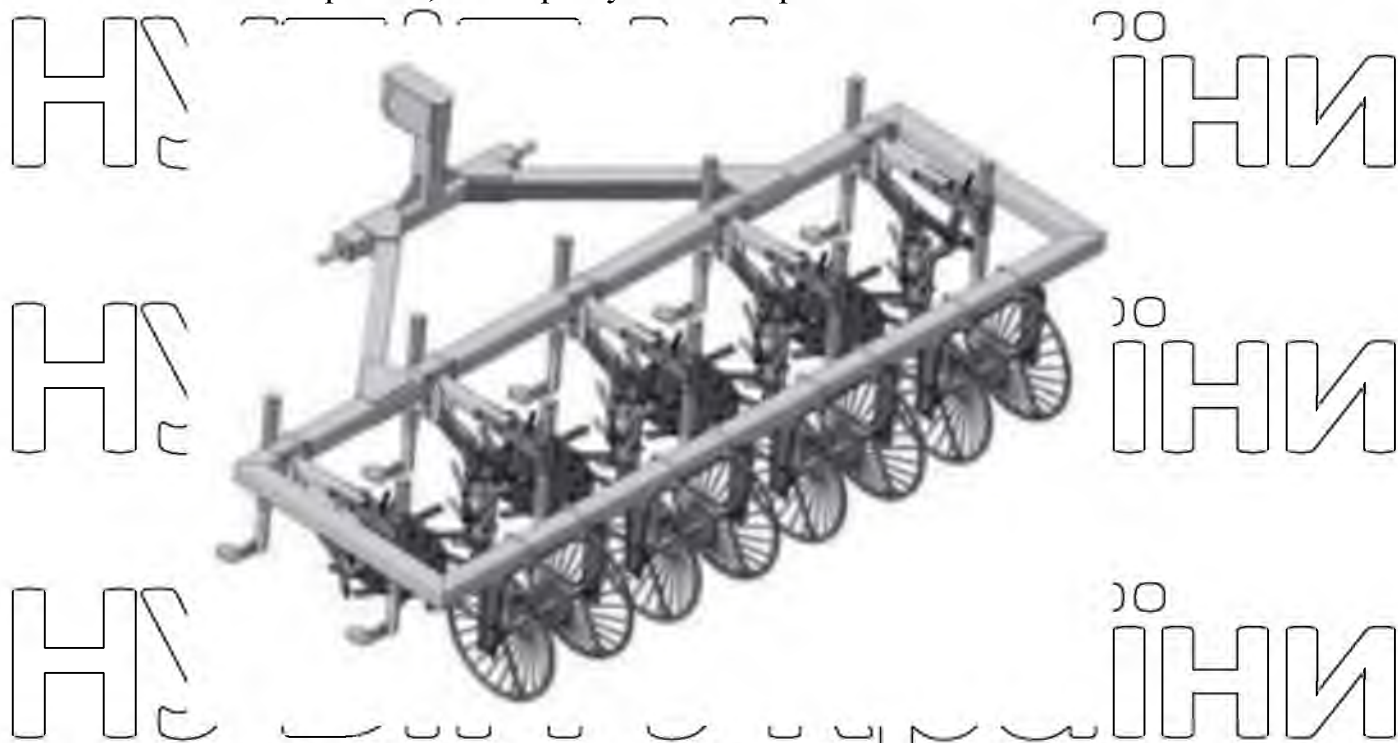


Рис. 3.4. - Загальний вигляд розробленої моделі прорізного культиватора

Результати дослідження. На рамі прорізного культиватора-гребенеутворювача послідовно прикріплені робочі органи, робота яких на рисунку 2 позначена зонами А, В, С, D послідовного виконання технологічних операцій:

- розпушування дна борозни;
- розпушування стінок гребня;
- розпушування міжрядь;
- гребенеутворення.

Розпушувальні долотоподібні лапи 3 складаються зі стояка та ножа. На стояку виконано отвори для простого регулювання глибини обробітку (до 20 см) (рис. 3.5). Нижня частина лапи конструктивно виконана зігнутою вперед у напрямку руху культиватора і має майданчик для кріплення знімного ножа,

виготовленого з твердих сплавів, із нанесеними на нього змінювальними покриттями [6, 7].

Кріплення робочих органів на прямому жорсткому стояку дає змогу усувати ущільнення ґрунту, створене колесами картоплепосадильної машини, за рахунок розпушування дна борозни на глибину до 18 см. Пряма стійка кріплення розпушувальних лап і значна глибина обробітку виключають винесення переущільнених грудок ґрунту на поверхню гребнів. Водночас виконання обробітку ґрунту в період його фізичної стиглості потребує нижчих витрат енергії на кришіння оброблюваного шару оброблюваного шару.

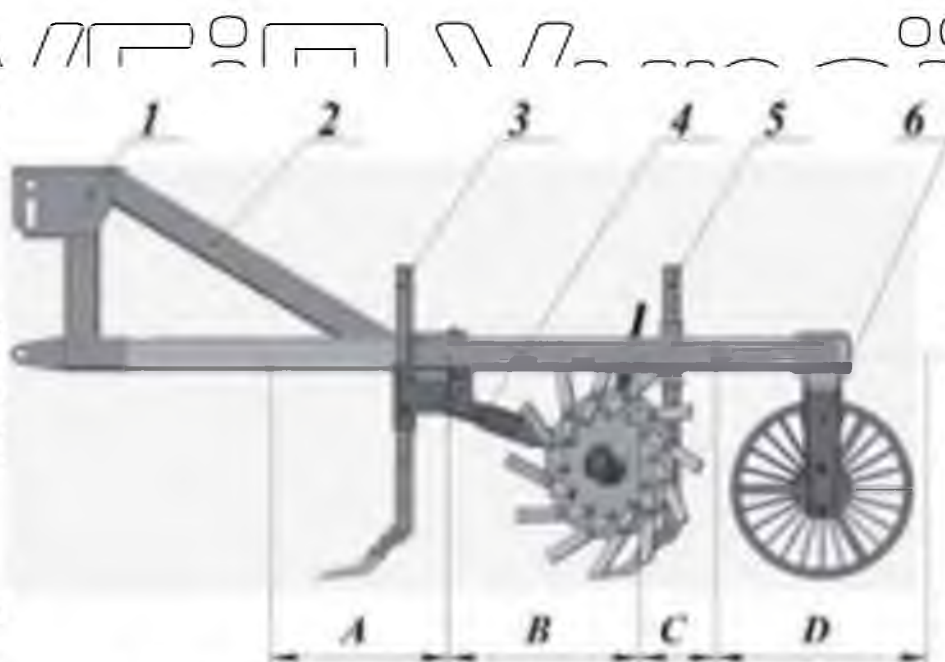


Рис. 3.5 Технологічна схема запропонованого просапного культиватора-гребне утворювача: 1 - рама, що включає навісний пристрій; 2; 3 - розпушувальна лапа; 4 - секція ротаційного розпушувача; 5 - розпушувальна лапа; 6 - прутковий каток гребне утворювач, А - зона розпушування дна борозни; В - зона розпушування стінок гребня, С - зона розпушування міжрядь; D – зона утворення гребня

Конструкція ротаційного розпушувача (Рис. 3,5), складається з правого і лівого дисків, на яких кріпляться по 12 шт. вигнутих ножів на кожному, призначена для кращого розпушування стінок гребня. Ротаційний розпушувач

також має механізм регулювання глибини обробки - за допомогою кронштейна і пружини стиснення. Зона С також призначена для розпушування міжрядь на задану глибину. Глибина обробітку розпушувальних лап 5 визначається залежно від висоти та повноти утворення гребнів.

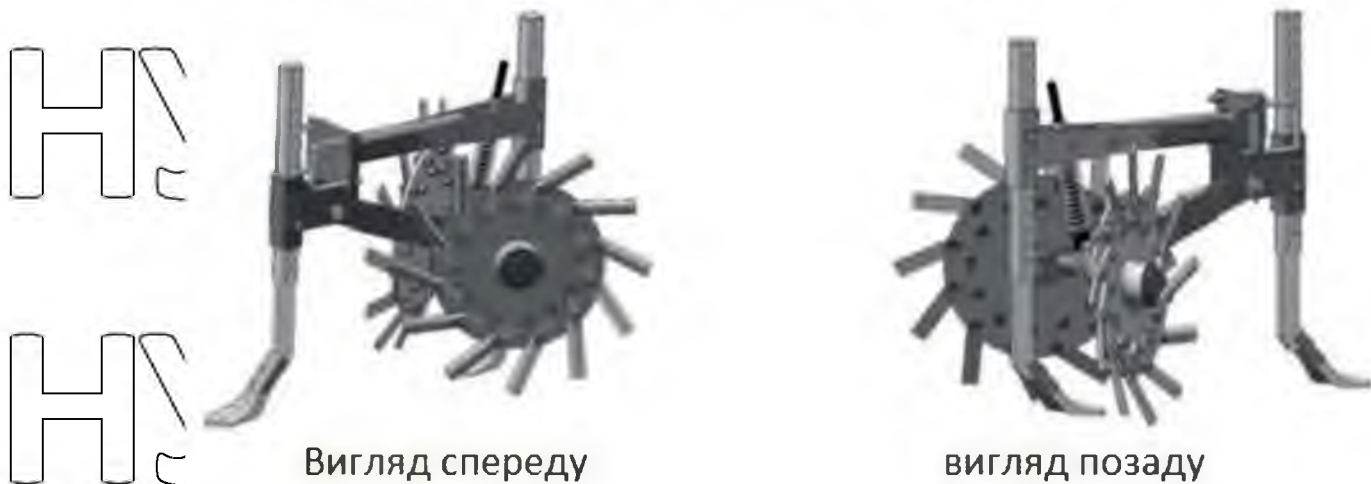


Рис. 3.5. - Розстановка розпушувальних робочих органів розробленого

просапного культиватора

Що більший гребінь необхідний, то необхідно більшим є заглиблення розпушувальної лапи.

Гребенеутворювальний модуль у вигляді пасивного пруткового котка б остаточно формує гребні, а прутки котка, перекочуючись по гребню, зміцнюють його поверхню (рис. 3.6).

Таким чином, під час проведення міжрядного обробітку посадок картоплі відбувається формування гребнів із пухкого ґрунту, структура якого забезпечує створення стабільного температурного режиму якої забезпечує створення стабільного температурного режиму в шарі бульбоутворення, формуючи сприятливі умови для росту та розвитку рослин, а також дає змогу мінімізувати витрати на сепарацію вороху картоплі в період збирання.



Рис. 3.6 - Гребнеутворювальний модуль у вигляді пасивного пруткового катка

Відсутність у розробленій сільськогосподарській машині пристроїв, що приводяться від валу відбору потужності трактора пристроїв, що приводяться від валу відбору потужності трактора, пототно знижує показники енергоємності просапного культиватора і знижує питому витрату паливо-мастильних матеріалів під час виконання технологічної операції. За такого технічного рішення просапного культиватора забезпечується задана глибина ходу його робочих органів. Більше того, кожен робочий орган окремо ефективно виконує не одну, а кілька технологічних функцій: розпушувальні лапи на вертикальному жорсткому стояку, обладнані знімними ножами, що мають зміцнювальне покриття, що розсувають ґрунтовий пласт на заданій регульованій глибині, забезпечують заглиблення наступних робочих органів; ротаційні розпушувачі, що приводяться в дію від контакту з поверхнею поля, завдяки відігнутим від основної площини ножам утворюють тарілчасті ножам утворюють тарілчасту форму на диску, до якого кріпляться болтовим з'єднанням, інтенсивно розпушують ґрунт у міжряддях, перемішуючи та зрушуючи його в бік гребнів, унеможливаючи пошкодження бульб під час підгортання; відмінно вичісують бур'яни. Ґрунт міжрядь готовий для внесення позакореневих добрив.

Прутковий каток, що має шарнірне з'єднання з рамою, перекочуючись уздовж гребня, вирівнює їхню поверхню і здійснює додаткове подрібнення грудок. Прутки пасивного котка під час контакту з ґрунтом роблять із певним кроком локальні ущільнення на поверхні гребня по всьому його периметру, формуючи міцний каркас, що утримує його від руйнування під дією погодних факторів. Такий каток здатний працювати на ґрунтах із різним механічним складом у період їхньої фізичної стиглості. Пухка поверхня гребнів, прикатаних прутковими котками, вбирає вологу по всьому периметру, мінімізуючи стік дощової або поливної води в міжряддя. Це дає змогу рослинам більш повно використовувати водні ресурси, виключаючи пересихання ґрунту в сухі періоди та його перезволоження при випаданні рясних опадів.

Висновки. Отримано технічне рішення заявленої задачі - універсальний просапний культиватор-гребенеутворювач, застосування якого знижує енергоємність під час експлуатації.

Конструкція культиватора-гребенеутворювача проста у виготовленні, складанні і розбиранні.

Використання розробленого просапного культиватора-гребенеутворювача може забезпечити ефективність обробки міжрядь ґрунту, призначеного для формування гребнів, збільшує висоту формованих гребнів, зменшує травмування коренебудьбоплодів у гребнях, покращує водно-повітряний режим ґрунту в шарі бульбоутворення, підвищує надійність виконання технологічного процесу.

3.3. Схема установки розпушувальних лан

При проходженні коліс розпушеному і зволоженому ґрунту відбувається його ущільнення на значну глибину. Ущільненню сприяє пробуксовування і вібрація рушіїв, високий тиск у шинах коліс, малі відстані між опорами ходових систем та ін. Такі несприятливі фактори ущільнення ґрунту негативно

впливають на його властивості: зростає щільність і твердість (до глибини 30–120 см), зменшується швидкість надходження в ґрунт вологи, її доступність та погіршуються умови розвитку кореневих систем рослин.

Встановлено, що зміна об'ємної маси ґрунту від оптимального значення на 0,1–0,3 г/см³ приводить до зменшення врожаю на 20–40%. Дія ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунт залежить від типу рушія трактора і маси агрегату. При роботі тракторів 1,4 класу ущільнення поширюється на глибину до 45 см, 3 класу – на 50–70 см. При цьому значно зростає об'ємна маса орного і підорного шарів, досягаючи 1,35–1,45 г/см³, на 23–25% зменшується пористість ґрунту.

У більшості ґрунтово-кліматичних зон щільність ґрунту не відновлюється повністю. Загальний вигляд розпушувача який встановлений на секції культиватора показано на рис. 3.7,а. Розпушувач складається із стояка 1, на якому кріпиться рухомий кронштейн 2 із скобами 3 для кріплення розпушувача до переднього бруса рами культиватора. В нижній частині стояка на шарнірі кріпиться стояк 4 розпушувальної лапи 5. Стояк 4 врівноважується пружиною 6, яка кріпиться тягою 7 до стояка 1.

Розпушувальні лапи розставляють так, щоб вони не перекривали одна одну, оскільки ширина розпушеного лапою шару більша конструктивної ширини захвату лапи (рис. 3.7, б). Збільшення зони розпушення ґрунту у порівнянні із шириною лапи пояснюється сколюванням ґрунту, яке залежить від кутів тертя ґрунту ϕ та кута сколювання θ у горизонтальній та вертикальній площині відповідно.

Ширина встановлення розпушувальних лап A та відстань L між передніми і задніми лапами визначаються з умови запобігання забивання простору між розпушуючими лапами [17]:

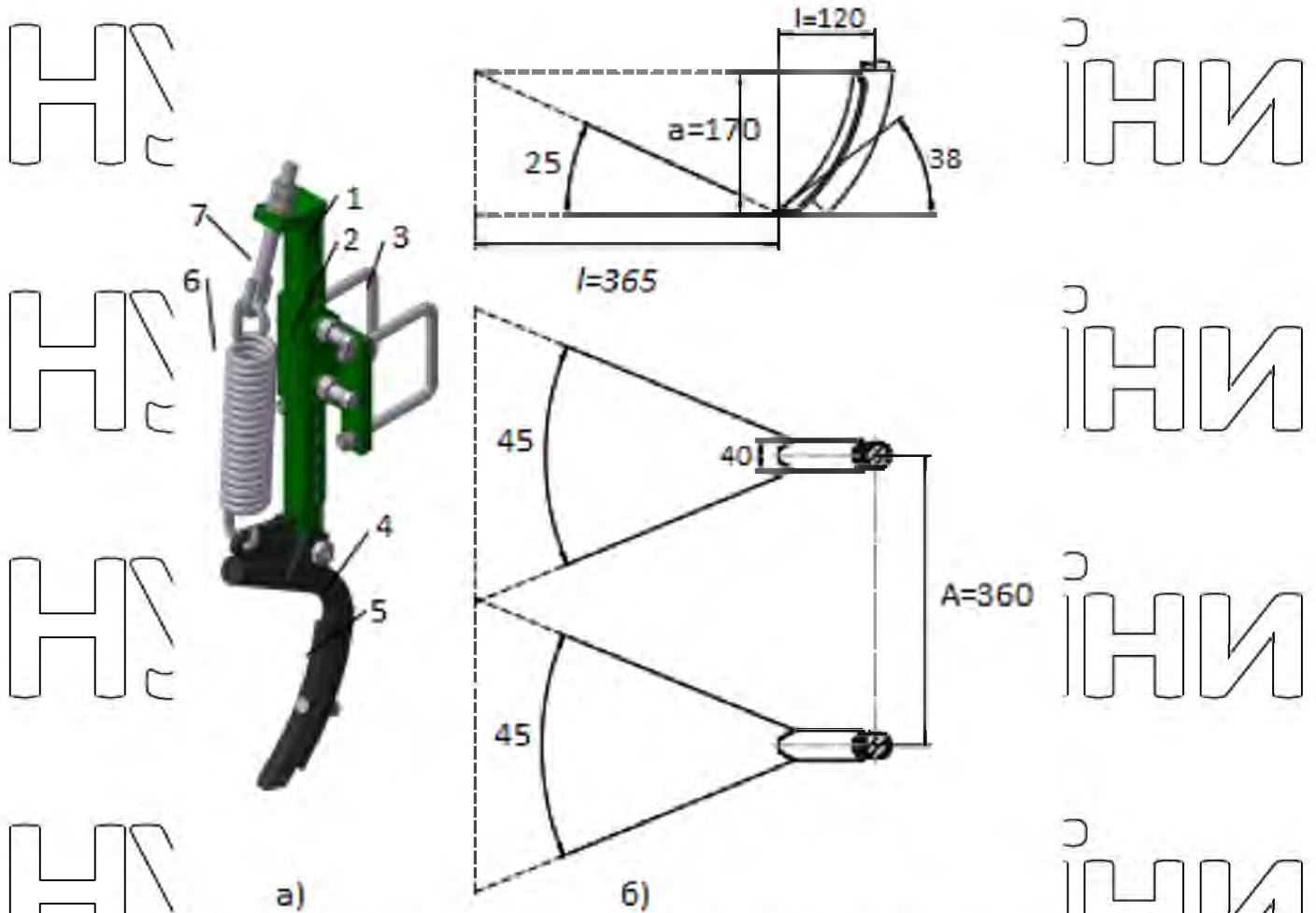


Рисунок 3.7. – Загальний вигляд розпушувача (а) та розрахункова схема встановлення розпушувальних лап (б)

$$A \geq b + \frac{2a \cdot \operatorname{tg}(\theta/2)}{\cos(\alpha + \varphi)},$$

$$L_{з.п.} > a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + l_{л.},$$

де b - ширина захвату лапи, $b=40$ мм [17];

a - глибина обробки, $a=170$ мм [17];

φ - кут тертя ґрунту, $\varphi=25^\circ$

θ - кути сколювання ґрунту, $\theta=45^\circ$;

$l_{л.}$ - довжина лапи, $l_{л.}=120$ мм [17];

α - кут входження лапи в ґрунт, $\alpha=38^\circ$ [17]

Підставивши числові дані, отримаємо

$$A = 40 + \frac{2 \cdot 170 \cdot \operatorname{tg}(45^\circ/2)}{\cos(38^\circ + 25^\circ)} = 350 \text{ мм} = 0,35 \text{ м.}$$

Розпушувачі встановлюємо в один ряд, отже відстань $L = 0$ м. На кожну секцію трактора треба встановити по одній лапі 350 мм. Зусилля, яке діятиме на одну лапу розпушувача, визначаємо з наступних міркувань. Оскільки відомо, що щільність ґрунту після проходження рушія трактора становить близько $\rho \approx 1,5 \text{ т/см}^3 \approx 1500 \text{ кг/м}^3 \approx 15000 \text{ Н/м}^3$, то зусилля, яке діє на лапу розпушувача розраховуємо за формулою

$$P_p = \rho \cdot V \cdot k,$$

V - об'єм ґрунту в зоні деформації, м^3
 k - коефіцієнт динамічності. Для ґрунтообробних машин $k = 2,5$

Об'єм деформованого ґрунту визначаємо як добуток площі деформованого ґрунту на глибину обробітку a (рис. 2.2, б):

$$V = L \cdot L \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot a = \left(\frac{a}{\operatorname{tg}\varphi} \cdot \left(\frac{a}{\operatorname{tg}\varphi} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)\right) \cdot a,$$

$$V = \left(\frac{0,17}{\operatorname{tg}25} \cdot \left(\frac{0,17}{\operatorname{tg}25} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{45}{2}\right)\right)\right) \cdot 0,17 = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

3.4. Дослідження параметрів котка комбінованого культиватора

Пропонований ротаційний робочий орган (рис.1) являє собою складну геометричну фігуру, складену з геометричну фігуру, складену з двох усічених конусів і циліндра. Така фігура утворюється за допомогою двох пар кілець різного діаметра і скребок-планок, взаємопов'язаних між собою таким чином, що в площині боковин барабана утворюються ґрунтозачепа.

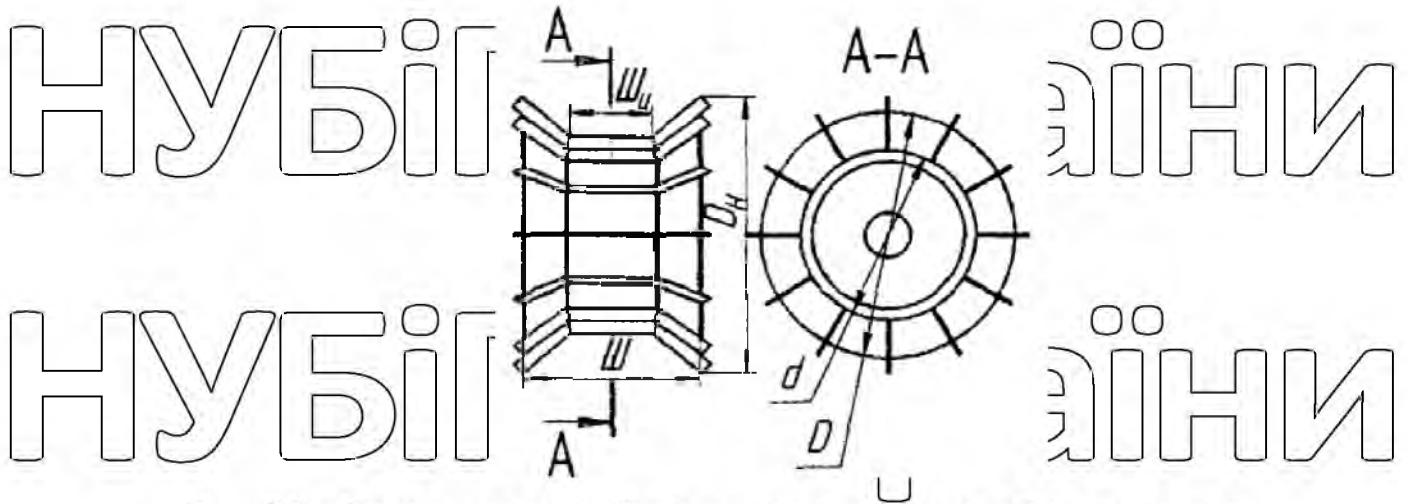


Рис. 3.8 - Схема конструкції експериментального робочого органу

Робота котка. Під час роботи барабан перекочується по трапецієдальній формі поверхні гребня, а на ґрунтозачепи барабана впливають сили реакції ґрунту, які приводять його в обертальний рух. При цьому скребки-планки барабана здійснюють складний рух і розпушують ґрунт по всьому периметру гребня без пропусків. Вони руйнують ґрунтову кірку і зв'язок коренів бур'янів із ґрунтом, протягують бур'яни, що перебувають у стадії "білої ниточки", з виносом їх на поверхню ґрунту, що сприятливо позначається на розвитку культурних.

Унаслідок взаємодії робочого елемента ротатійного барабана з ґрунтом частинки набувають певної абсолютної швидкості, напрямок вектора якої після сходження з барабана може мати три варіанти вектору якої після сходження з барабана може мати три варіанти (рис. 3.9. а, б, в)

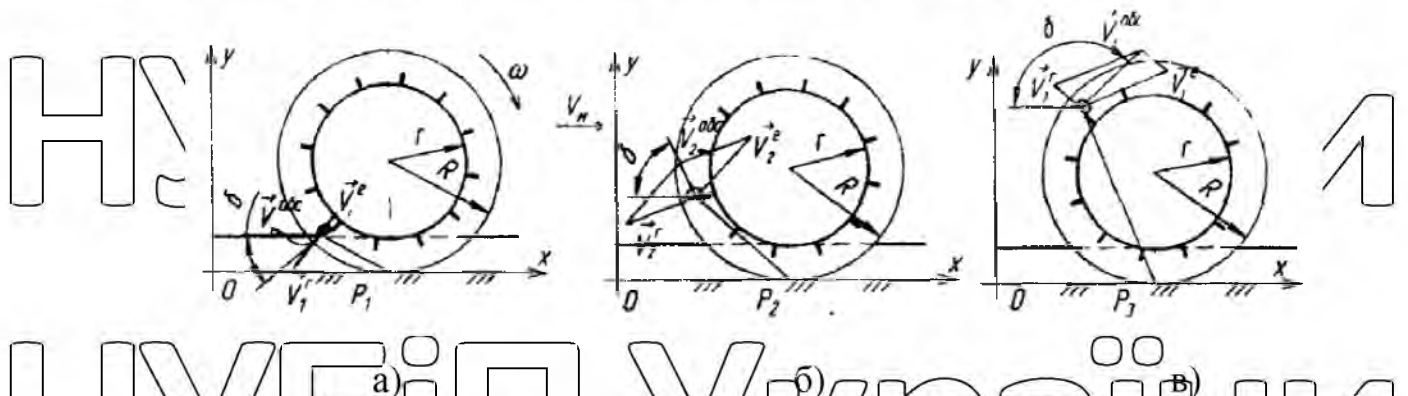


Рис. 3.9. - Варіанти напрямку абсолютної швидкості частинок після їх сходу з робочого елемента барабана:

а) – напрямок V_{abc1} під кутом δ менше 0° до горизонту;
 б) – напрямок V_{abc2} під кутом δ до горизонту від 0 до 90°
 в) – напрямок V_{abc3} під кутом до горизонту більше 90°

Для ефективного знищення бур'янів найбільш сприятливий варіант "б" (за $\delta = 0 \dots 90^\circ$). У цьому разі кореневі шийки бур'янів, втрачаючи зв'язок із ґрунтом, залишаються на поверхні вже обробленої ділянки ґрунту.

Щоб знайти кут δ , під яким спрямований вектор швидкості ґрунтових частинок після сходження з робочого елемента, потрібно знати проєкції абсолютної швидкості на осі нерухомої системи координат:

$$V_x^{abc} = V_x^e + V_x^r$$

$$V_y^{abc} = V_y^e + V_y^r$$

де V_{xy}^e - проєкції переносної швидкості на осі Ox і Oy відповідно,
 V_{xy}^r - проєкції відносної швидкості на осі Ox і Oy відповідно,

отже:

$$tg\delta = \frac{V_y^{abc}}{V_x^{abc}}$$

Для визначення абсолютної швидкості ґрунту після взаємодії з барабаном необхідно дослідити переносний і відносний рух його в процесі взаємодії.

Швидкість і прискорення переносного руху точок барабана в рухомій системі координат $O_1 x_1 y_1$ (рис. 3.10), жорстко пов'язаній з робочим елементом барабана, отримаємо шляхом диференціювання загального рівняння циклоїди, яку описує кожна точка барабана, і перетворення системи координат.

НУБ

НИ

НУБ

НИ

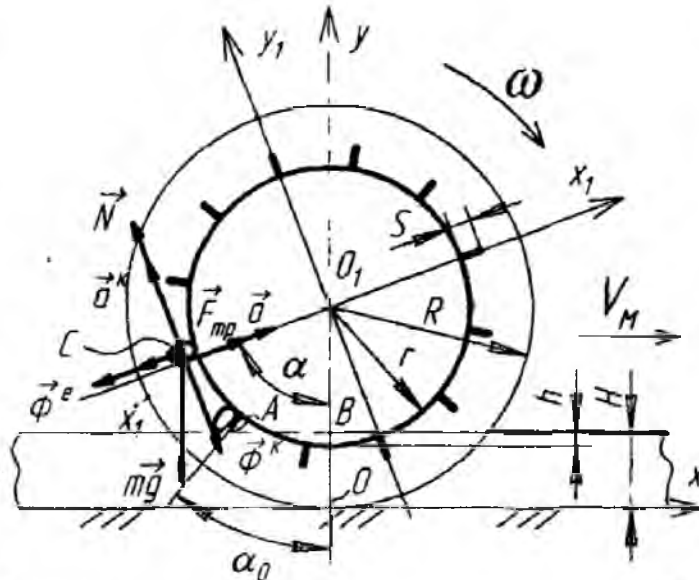


Рис. 3.10. — Схема діючих зовнішніх сил: R - радіус, яким перекочується барабан без буксування; ω - кутова швидкість барабана, α - кут повороту робочого елемента навколо осі барабана, r - відстань від осі до початку робочого елемента барабана; V_m - поступальна швидкість машинно-тракторного агрегату (МТА); S - довжина робочого елемента; h - величина заглиблення робочого елемента в ґрунт, H - висота гребня.

Система рівнянь дає змогу визначити переносні сили інерції які використовуються в диференціальних рівняннях відносного руху частинок ґрунту по робочому елементу.

Отримані математичні залежності дають змогу визначити постійні інтегрування та визначити проміжок часу, за який частинки ґрунту сходять із робочого елемента. У момент сходження частинки визначається напрямок вектора її абсолютної швидкості.

Рациональні значення кута ($5 \dots 90^\circ$) абсолютної швидкості відповідають різним поєднанням параметрів внутрішнього радіусу барабана і швидкості руху МТА. Виникла проблема вибору цих параметрів. Для розв'язання компромісної задачі - пошуку раціональних параметрів вводиться критерій ефективності, що дає змогу обґрунтувати внутрішній радіус барабана r і швидкість V_m руху МТА. Цей критерій уявляє, що для зниження металоемності конструкції необхідно зменшувати радіус барабана і швидкість V_m руху МТА. Цей критерій уявляє, що для зниження

металоемності конструкції необхідно зменшувати радіус, а з метою підвищення продуктивності процесу догляду за рослинами картоплі збільшувати швидкість.

Найбільша ефективність знищення бур'янів у процесі догляду за рослинами картоплі ротаційним барабаном за обраних інтервалів варіювання факторів становить 0, варіювання чинників становить 0,827 і спостерігається за внутрішнього радіусу барабана $r = 0,2 \text{ м}$ і швидкості МТА $V_m = 2,5 \text{ м/с}$.

Практичний інтерес становить процес взаємодії скребка-планки з ґрунтом. Шляхом теоретичних досліджень знайдено довжину ділянки, що обробляється одним робочим елементом ротаційного барабана. Для цього було визначено кут α_0 (рис.3.10), що фіксує положення робочого елемента ротаційного барабана по відношенню до вершини гребня в момент входу і виходу його з ґрунту. Цей кут відомий, оскільки він визначається геометричними розмірами барабана.

Протягування верхнього шару ґрунту скребками-планками, а отже, знищення бур'янів і розпушування ґрунту виконується за умови перекочування барабана без буксування в площині ободу ґрунтозачепів. Для цього проаналізовані сили реакції зв'язку барабана з ґрунтом, які виникають під час перекочування барабана по гребню під дією активної сили Q тяги трактора (рис. 3.11) і сили тяжіння P барабана, прикладених до його осі обертання. Зіткнення барабана з поверхнею ґрунту відбувається по деякому майданчику - дуга ВД (рис. 3.12), де q_k - розподілені сили, що перешкоджають перекочуванню барабана в площині обода ґрунтозачепів, що діють по дузі ВД; q_e - розподілені сили, що діють з боку ґрунту на робочий елемент, що прагнуть повернути барабан із пробуксовкою в площині ободу ґрунтозачепів ґрунтозачепів; q_n - розподілені сили, що діють з боку ґрунту на ґрунтозачепи, що прагнуть утримати барабан від пробуксовки під дією розподілених сил

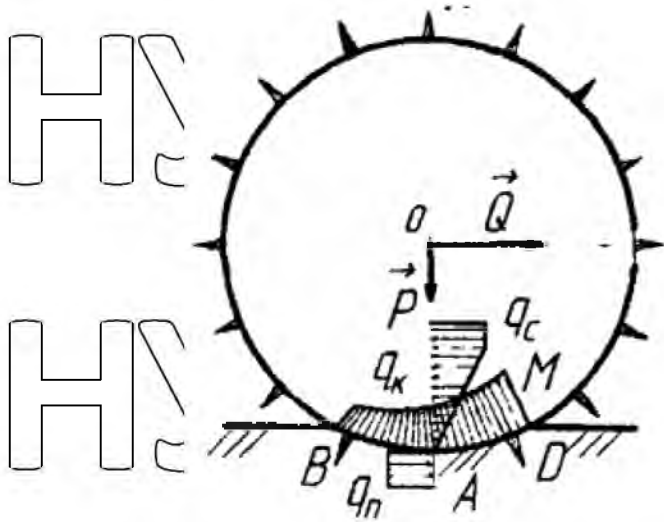


Рис. 3.11

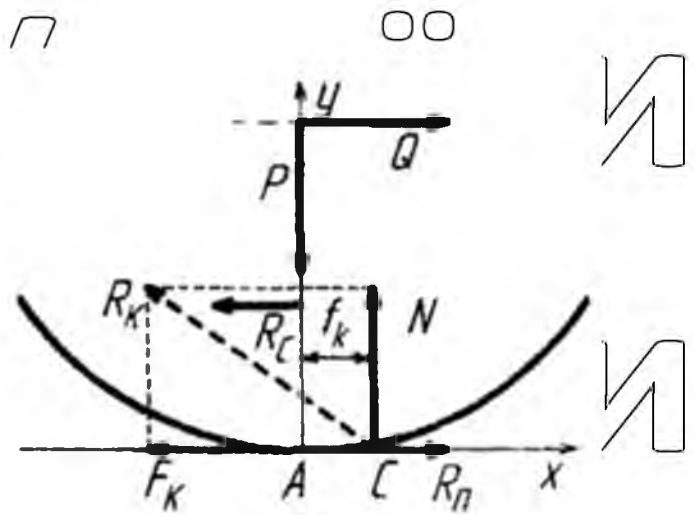


Рис.3.12

На рисунку 3.11 наведена хема дії активних та їхніх врівноважувальних сил реакції зв'язку з боку ґрунту на ротаційний барабан, а на рис.3.12 - схема сил, що діють на барабан у момент початку перекочування

У результаті теоретичних досліджень отримано основні конструкторські параметри ротаційного барабана (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Конструкторські параметри ротаційного барабана

Показники	Позначення	Величини
Ширина барабана, м	Ш	40
Ширина циліндричної частини, мм	Ш _ц	150
Довжина скребків-планок ґрунтозацепів, мм	S	25
Внутрішній діаметр, мм	d	400
Діаметр перекочування, мм	D	560
Зовнішній діаметр, мм	D _н	620
Число робочих елементів, шт	Z	12...16

3.5. Розрахунок тягового опору котків

Останнім у комбінованому культиваторі встановлені котки. Коток розбиває грудки, вирівнює поверхню поля і рівномірно ущільнює ґрунт за глибиною. Пруткові котки призначені для вирівнювання поверхні поля, подрібнення грудок та ущільнення ґрунту. Їх найчастіше розміщують за робочими органами культиваторів і комбінованих ґрунтообробних агрегатів. На котках встановлюють прутки круглого чи з прямокутного перерізу.

Прямокутні пластини бувають з вирізами та зубчасті. Найбільш інтенсивно ґрунт подрібнюють котки з круглими прутками і прутками прямокутного перерізу без вирізів. При русі котка з утворенням колії, до його осі обертання O діє вертикальна сила P , яка залежить від ваги котка, а також горизонтальна сила тяги і штовхаюча сила T (рис. 3.13).

Ці сили утворюють рівнодіючу, яка перетинає дно колії в точці a . Ця сила спричиняє реакцію колії B , прикладену до котка в цій самій точці і спрямовану в протилежному напрямку. Реакція колії B складається із елементарних сил, значення яких, у разі досить невеликої глибини колії, пропорційне мінімальній деформації ґрунту.

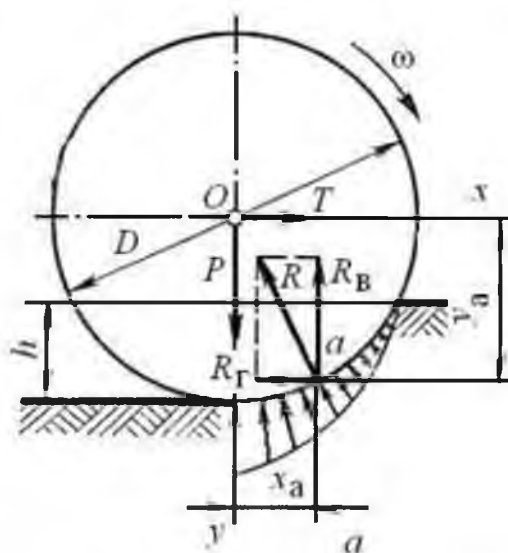


Рисунок 3.13 — Схема взаємодії котка з ґрунтом

Розклавши силу B на горизонтальну B_x і вертикальну B_y складові, визначимо умову рівноваги (рівномірного руху) котка, яка описується рівняннями:

$$\sum P_x = T - P_x = 0$$

$$\sum P_y = P - R_y = 0$$

$$\sum m(P) = T y_a - P x_a = 0$$

З перших двох рівнянь випливає, що $T = P_x$, $P = B_y$.

На коток діють дві пари сил T і P_x , P і B_y . Пара сил T і P_x з плечем y_a утворюють рушійний момент, а пара сил P і B_y з плечем x_a – момент опору.

Із третього рівняння маємо:

$$T = \frac{P x_a}{y_a}$$

З виразу (3.7) і рис. 3.13 бачимо, що чим менша глибина колії h , тим менше плече x_a і момент опору $P x_a$, плече y_a збільшиться. Це приводить до зменшення сили тяги T . Із збільшенням діаметра котка сила T зменшується, оскільки плече y_a зростає майже пропорційно збільшенню діаметра. Плече x_a збільшується значно меншою мірою, оскільки при цьому опорна площа зростає, а глибина колії h зменшується.

Обравши за початок координат т. O , у точці перетину вертикального діаметра з поверхнею поля, виділимо на дузі кола оболда котка, який стикається з ґрунтом, елементарний відрізок dl (рис. 3.14). Коток рухається по полю з утворенням колії.

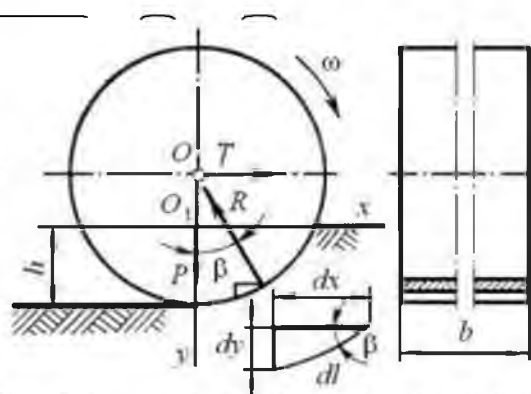


Рисунок 3.14. Схема до визначення тягового опору котка

За умови довжини котка b на його поверхні буде виділена площа $ads = bdl$ (на рис. 3.13 заштрихована). Цю площу з достатньою точністю можна вважати прямокутником. Елементарна сила реакції на цю площу

$$dR = \sigma \cdot b \cdot dl$$

де σ – напруження зминання ґрунту, МПа.

За умови незначної глибини колії

$$\sigma = q \cdot y$$

де q – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, МПа/мм;

y – лінійна деформація ґрунту, мм. Частина сегмента з елементарними

сторонами dl , dy і dx з точністю до малих вищого порядку можна вважати трикутником, в якому кут між dl і dx дорівнює центральному куту β .

Тоді $dl = dy / \sin \beta$. Після підстановки значень σ (3.9) і dl в вираз (3.8)

маємо

$$dR = b \cdot q \cdot y \frac{dy}{\sin \beta}$$

Після інтегрування маємо

$$R = b \frac{q}{\sin \beta} \int_0^h y dy = \frac{b \cdot q \cdot h^2}{2 \sin \beta}$$

За умови рівноваги $T = R \sin \beta$ (див. рис. 3.14), тому

$$T = \frac{bgh^2}{2}$$

Для визначення залежності сили R і T від діаметра котка D і сили P

підставимо у вираз dR замість dl його значення, яке виражається через dx ,

тобто $dl = dx / \cos \beta$. Змінивши межі інтегрування, запишемо

$$R = \frac{bg}{\cos \beta} \int_0^x y dx$$

Підставивши у праву частину рівняння (2.12) значення $x = d \cdot h$ та у $h x d$

$2 \cong -$, отримаємо

$$R = \frac{bg}{\cos \beta} \int_0^{\sqrt{dh}} \left(h - \frac{x^2}{2} \right) dx = \frac{2bgh\sqrt{dh}}{3 \cos \beta}$$

З рис. 3.14 можна записати співвідношення між силами R та P :

$$P = R \cos \beta$$

Отже

$$P = \frac{2}{3(bgh\sqrt{dh})}$$

звідки глибина колії

$$h = 1.31 \sqrt[3]{\frac{P^2}{(b^2 g^2 d)}}$$

Підставивши значення h у формулу (3.11) одержимо

$$T = 0.86 \sqrt[3]{\frac{P^4}{(bgd^2)}}$$

Опір перекочування одного котка визначаємо за формулою (2.13), взявши до уваги, що маса культиватора ($M_{\text{культ}}=3000$ кг) частково припадає на причіпну систему трактора ($1/3 M_{\text{культ}}$), а частково ($2/3 M_{\text{культ}}$) – на шість

ротаційних секцій, кожна з яких складається з двох спарених котків. Тому вага культиватора, яка припадає на один коток, буде

$$P = \frac{2 M_{\text{культ}}}{3 \cdot 6 \cdot 2} g \approx \frac{2 \cdot 30000}{3 \cdot 6 \cdot 2} \approx 1667 \text{ Н}$$

$$T = 0.86 \sqrt[3]{\frac{1667^4}{(1195 \cdot 15000 \cdot 0.3^2)}} = 1415 \text{ Н}$$

Глибина ущільнення ґрунту котком

$$h = 1.31 \sqrt[3]{\frac{1667^2}{(1.2^2 \cdot 15000^2 \cdot 0.3)}} = 0.3 \text{ м}$$

НУБІП України

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Досліджень способів обробітку насаджень картоплі

НУБІП України

у результаті проведення польових експериментальних досліджень отримано значний масив інформації, який пройшов статистичну обробку. На рисунку 4 представлено графіки варіації температури повітря та температури ґрунту всередині гребеня, сформованого фрезерним культиватором-гребнеутворювачем, а на малюнку 5 - у гребені, сформованому культиватором-гребнеутворювачем із пасивними робочими органами.

НУБІП України

Температура ґрунту в обох випадках вимірювалася в зоні

бульбоутворення – на глибині 15 см від вершини гребеня. У таблиці 4.1.

наведено результати статистичного обробки даних, представлених на

НУБІП України

рисунках 4 і 5 - математичні очікування випадкових процесів: температури навколишнього повітря $m(t_v)$, перепаду температури повітря протягом доби $m(\Delta t_v)$, температури ґрунту всередині гребеня на глибині 15 см $m(t_p)$ і

добового перепаду температури ґрунту на цій же глибині $m(\Delta t_p)$.

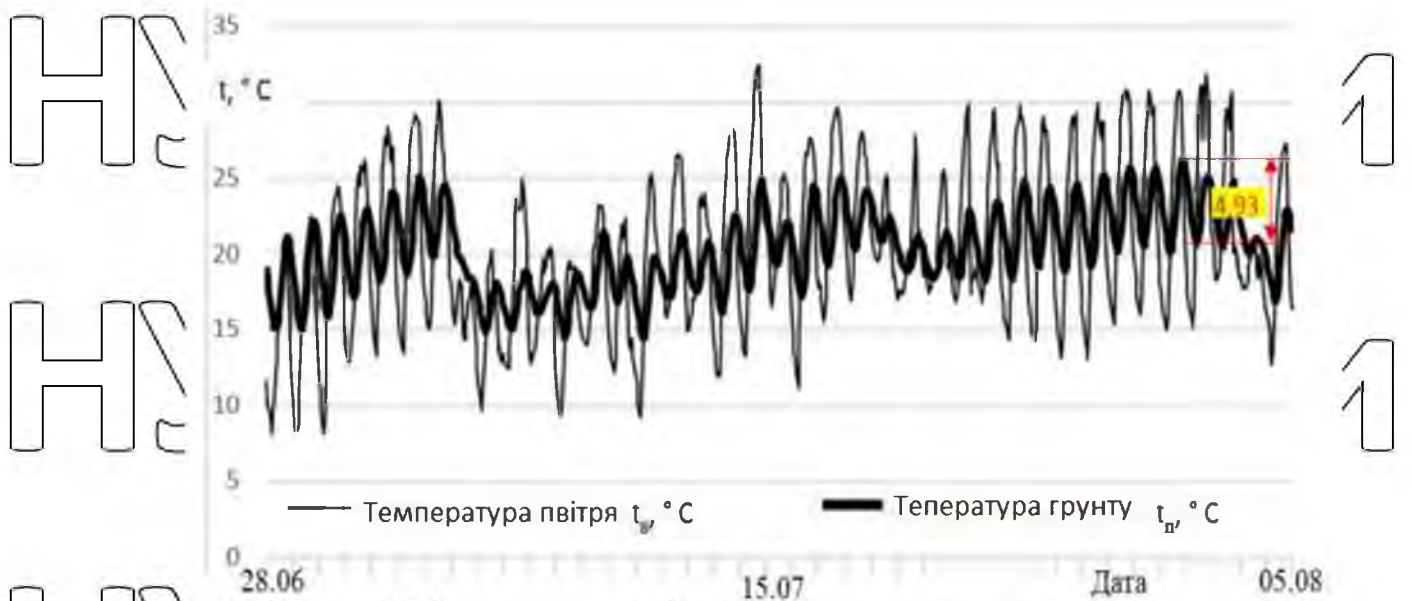


Рис. 4.1. Графіки коливань температури повітря і ґрунту всередині гребеня на глибині 15 см після проходження фрезерного просаного культиватора

НУБІП України

Таблиця 4.1.

Результати статистичної обробки даних про температуру повітря та всередині ґрунту після застосування різних типів просапних культиваторів

Просапний культиватор	$m(t_{в}), ^\circ\text{C}$	$m(\Delta t_{в}), ^\circ\text{C}$	$m(t_{п}), ^\circ\text{C}$	$m(\Delta t_{п}), ^\circ\text{C}$
КФК-2,8 Grimme	20,4	12,84	20,3	4,93
гребнеутворювач ГН-4			19,8	3,68

Аналіз результатів статистичної обробки даних про температуру всередині ґрунту показав, що більш щільний гребінь після застосування фрезерного культиватора гребнеутворювача має середнє значення, що мало відрізняється від середнього значення температури навколишнього повітря ($0,1 ^\circ\text{C}$).

Менш інтенсивний обробіток міжрядь просапним культиватором-гребнеутворювачем із пасивними робочими органами призводить до формування аерованого гребеня, що складається з більш легких ґрунтових елементів. Наявність повітряних прошарків усередині гребеня призводить до зниження впливу температури навколишнього повітря на температуру ґрунту всередині гребеня (різниця $0,4 ^\circ\text{C}$), а також зменшує добовий перепад температур на $1,25 ^\circ\text{C}$ порівняно з більш щільним гребенем, сформованим фрезерним агрегатом. Ця обставина сприяє створенню в зоні формування бульб нового врожаю більш стабільного температурного режиму.

Зміна температурного режиму всередині ґрунту впливає на режим вологозабезпечення кореневої системи рослин. У таблиці 4.2. представлені результати статистичної обробки отриманих даних вимірювання вологості ґрунту в різних ґрунтових горизонтах через кожні 10 см, сумарні запаси вологи на глибині 90 см, а також сума опадів за весь період спостереження.

НУБІП України

Таблиця 4.2.

Середні значення показників вологозабезпечення коренезастосовної зони при формуванні гребенів з використанням різних просапних культиваторів.

Положення датчика вологості за глибиною	Вологість ґрунту, %	
	Культиватор з активними органами	Культиватор с пасивними робочими органами і глибоким рихленням міжрядь
10 см	14,8	22,5
20 см	26,2	33,2
30 см	36,7	35,2
40 см	42,6	40,9
50 см	53,0	43,4
60 см	55,6	51,6
70 см	58,1	58,1
80 см	51,5	58,4
90 см	39,7	56,8
Сума опадів, мм	61,6	62,8
Сума запасу вологи	77,7	90,9

Із таблиці 4.2. видно, що прогріта і щільна структура ґрунту, сформована просапним фрезерним агрегатом, призводить до зменшення загальних запасів вологи в кореневмісному шарі. При цьому спостерігається дефіцит вологи у верхньому шарі (10-20 см).

Відсутність великих пор у міжрядді після проходу фрезерного просапного культиватора стримує проникнення вологи в нижні шари ґрунтового горизонту після випадання опадів.

Про це свідчить підвищений вміст вологи в шарах 30-50 см. При рясному випаданні опадів це може призвести до стікання води на схилах та утворення вимочок на поверхні поля в низьких місцях.

Зниження рівня прогрівання ґрунту та стабільний температурний режим у верхніх шарах ґрунтового горизонту в поєднанні з високою інфільтрацією вологи в нижні шари внаслідок формування гребенів просапним формування гребенів просапним культиватором із пасивними робочими органами, що виконує глибоке розпушування міжрядь, забезпечує збільшення сумарних запасів вологи в шарі 90 см приблизно на 17% порівняно з фрезерним просапним культиватором.

Висновки.

1. Просапний культиватор, оснащений пасивними робочими органами і виконує глибоке розпушування міжрядь, формує гребені з більших ґрунтових фракцій, між якими присутні ізотермічні якими присутні ізотермічні повітряні пори, що сприяє стабілізації температурного режиму в зоні бульбоутворення.

2. Глибоке розпушування міжрядь дає змогу більш повно завоювати опади, що випали опади, що випали, і рівномірно розподіляти вологу в кореневмісному шарі, що в поєднанні зі стабільним температурним режимом у зоні росту і розвитку бульбо забезпечує збільшення сумарних запасів вологи в шарі 90 см на 17% порівняно з фрезерним просапним культиватором.

4.2. Дослідження ефективності глибокого розпушування у міжряддях картоплі

Запропоновано вдосконалену конструкцію просапного культиватора-глибокорозпушувача, що забезпечує виконання комплексу технологічних операцій із догляду за гребневими посадками картоплі в органічному землеробстві, включно з операцією глибокого розпушування посадками картоплі в органічному землеробстві, включно з операцією глибокого розпушування міжрядь.

Розроблено вдосконалену конструкцію та виготовлено експериментальний зразок просапного культиватора-глибкокорозпувача (рисунк 4.2.) для диференційованого обробітку гребневих посадок картоплі в системі органічного землеробства.



Рис. 4.2. Експериментальний зразок просапного культиватора-глибкокорозпувача: 1 - рама; 2 - опорне колесо; 3 - пружинна стійка з розпушувальною лапою; 4 - жорстка стійка з розпушувальною лапою; 5 - підгортальний корпус; 6 - ротаційна боронка.

Просапний культиватор-глибкокорозпувач працює так. Під час функціонування в польових умовах лапи на S-подібних пружинних стійках з здійснюють розпушування ґрунту за межами захисних зон картоплі на глибину до 15 см.

Наступна за ними розпушувальна лапа на жорсткій стійці з пружинним захистом виконує глибоке розпушування ґрунту з метою усунення ущільнених зон у міжряддях, сформованих попередніми проходами коліс трактора і посадкового агрегату, а також формує сприятливі умови для також формує сприятливі умови для розвитку кореневої системи оброблюваних культур, що обробляються. Регулювання глибини ходу розпушувальної лапи досягається зміною місця встановлення стійки за висотою на рамі і може становити до 40

см. Позаду йде підгортальний корпус 5 виконує формування об'ємного пухкого гребеня, направляючи ґрунт із міжряддя до центру рядка пір'яними відвалами [3]. У процесі роботи пласт ґрунту піддається подрібненню, що забезпечує пухку дрібногрудкувату структуру в середині гребеня. Наступна за ним ротаційна боронка 6 виконує додатковий обробку дна борозни і схилів гребенів, здійснюючи проріджування рослин у рядку.

Метою роботи була оцінка впливу операції глибокого розпушування міжрядь під час виконання технологічного процесу догляду за посадками картоплі на основні параметри фізичного стану ґрунту протягом усього періоду вегетації рослин і біологічну врожайність.

Експериментальні дослідження проводили у ФГ «Хлібороб» при вирощуванні картоплі при вирощуванні на гребенях із шириною міжрядь 70 сорт «Слов'янка» районований для умов Лісостепу України.

Глибоке розпушування проводилося одноразово під час виконання технологічного процесу досходового міжрядного обробітку посадок картоплі. При цьому культиватор-глибокорозпушувач одночасно виконував весь комплекс технологічних операцій, передбачених його конструкцією. Глибина розпушування міжрядь під час проведення експериментальних досліджень становила: варіант I – без розпушування (контроль); варіант II – 10 см; варіант III – 20 см; варіант IV – 30 см.

У процесі експериментальних досліджень визначали такі параметри ґрунтового стану як вологість ґрунту W , % і твердість ґрунту T , МПа. Також проводилася оцінка ефективності досліджуваного технологічного процесу за показником біологічної врожайності картоплі. Реєстрацію параметрів ґрунтового стану в міжрядді здійснювалася пошарово з кроком дискретизації $\Delta h = 10$ см на глибину до 40 см.

Вимірювання процесу твердості ґрунту проводилися за допомогою пенетрометра Eijkelkamp, що має конічний наконечник площею $1,0 \text{ см}^2$ і кут плунжера 60° . Статистичний аналіз результатів натурного експерименту проводили з використанням програмних пакетів MS Excel і STATISTICA 12.

Вимірювання параметрів ґрунтового стану виконувалося після посадки картоплі, після міжрядного обробітку до сходів із застосуванням операції глибокого розпушування міжрядь, у період цвітіння картоплі, після видалення бадилля перед збиранням урожаю.

Відомо, що рослини картоплі мають відносно слаборозвинену кореневу систему з низькою проникаючою здатністю, яка багато в чому визначається твердістю ґрунту [5]. Тому під час оцінки механічного опору ґрунту розвитку кореневої системи картоплі приймемо твердість ґрунту як оцінний показник параметрів ґрунтового стану. Виходячи з цього під час виконання основних процесів вирощування картоплі запропоновано умовно розділити ступінь ущільнення ґрунту на чотири зони.

Таблиця 4.3.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Середні значення твердості та вологості ґрунту за глибиною в міжрядді

Технологічний процес або фаза вегетативі	Варіант досліду	Параметри ґрунтового шару	Шар ґрунту			
			h ₁₀	h ₂₀	h ₃₀	h ₃₀
Садіння картоплі	I	T, МПа	1,2	2,4	3,2	2,8
		W, %	26,1	25,7	17,3	16,5
	IV	T, МПа	1,5	2,5	4,2	3,9
		W, %	27,1	22,5	17,7	16,5
Міжрядний обробіток	I	T, МПа	1,4	2,6	3,7	3,0
		W, %	28,3	26,2	16,4	16,0
	IV	T, МПа	0,4	0,7	1,1	3,8
		W, %	25,0	22,2	18,3	16,9
Цвітіння картоплі	I	T, МПа	1,6	3,1	3,9	3,2
		W, %	34,5	30,7	32,4	16,7
	IV	T, МПа	0,6	0,8	1,7	3,7
		W, %	29,5	27,4	22,0	18,4
Збирання врожаю	I	T, МПа	0,6	1,4	2,1	2,4
		W, %	38,8	37,4	29,7	16,2
	IV	T, МПа	0,4	0,5	1,6	2,1
		W, %	35,5	32,3	26,9	21,1

Показники твердості ґрунту в діапазоні 0-1,0 МПа відповідатимуть зоні нормального ущільнення, у діапазоні 1,1-2,5 МПа - зоні середнього ущільнення, у діапазоні 2,6-4,5 МПа - зоні сильного ущільнення, а зони сильного ущільнення, а понад 4,5 МПа - зоні переущільнення [6].

Висновки. Аналіз результатів експериментальних матеріалів показав, що найбільш істотні відмінності в значеннях параметрів ґрунтового стану спостерігалися в варіантах дослідів I (без розпушування) і IV (розпушування

на 30 см). У зв'язку з цим, у таблиці подано середні значення досліджуваних показників тільки для вищевказаних варіантів.

НУБІП УКРАЇНИ

На підставі даних, представлених у таблиці, побудовано графіки розподілу середніх значень твердості та вологості ґрунту за глибиною в міжрядді (рис. 4.2 і 4.3).

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

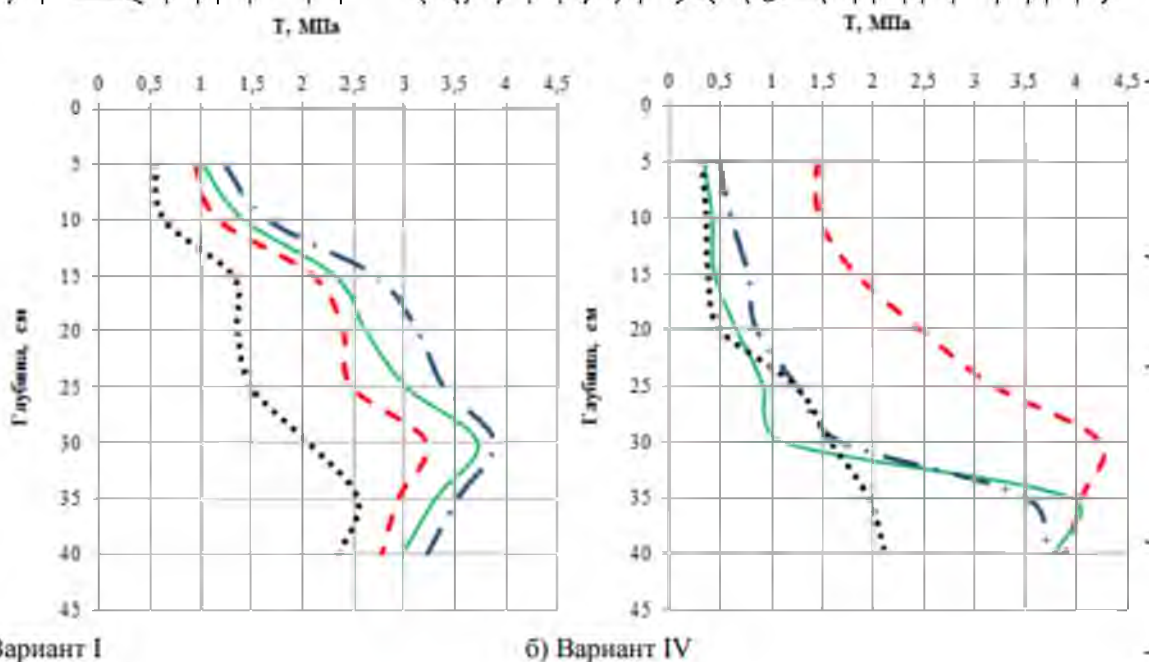


Рис. 4.2. Розподіл середніх значень твердості ґрунту за горизонтами в міжрядді: після посадки; після міжрядного обробітку; у період цвітіння; перед збиранням врожаю

НУБІП УКРАЇНИ

Аналіз рисунка 2а дає змогу зробити висновок, що протягом усього періоду вегетації значення твердості ґрунту у варіанті I (контроль) на глибині $h_1=10$ см перебували в діапазоні 1,2-1,6 МПа і відповідали зоні середнього ущільнення, а на глибині $h_2=20$ см і $h_3=30$ см - у діапазоні 2,4-3,9 МПа, що відповідає зоні високого ущільнення. Такий ґрунтовий стан негативно впливає на розвиток кореневої системи протягом усього періоду вегетації рослин.

НУБІП УКРАЇНИ

Глибоке розпушування міжрядь на глибину 30 см (рис. 2б) за досходового міжрядного обробітку картоплі призвело до значного розущільнення

грунтових шарів h1, h2 і h3. Так значення твердості ґрунту в шарах h1 і h2 знизилися до 0,4-0,8 МПа і перебували в межах зони нормального ущільнення, а в шарі h3 знизилися до 1,1-1,7 МПа і відповідали зоні середнього ущільнення.

Сприятливий ґрунтовий стан за показником твердості, сформований у IV варіанті, зберігся аж до здійснення збирання картоплі.

На підставі рисунків 3а і 3б можна зробити висновок, що після виконання міжрядного обробітку картоплі і аж до збирання врожаю значення вологості ґрунту в горизонтах h=0-10 см і h=10-20 см у варіанті I (контроль) перебували

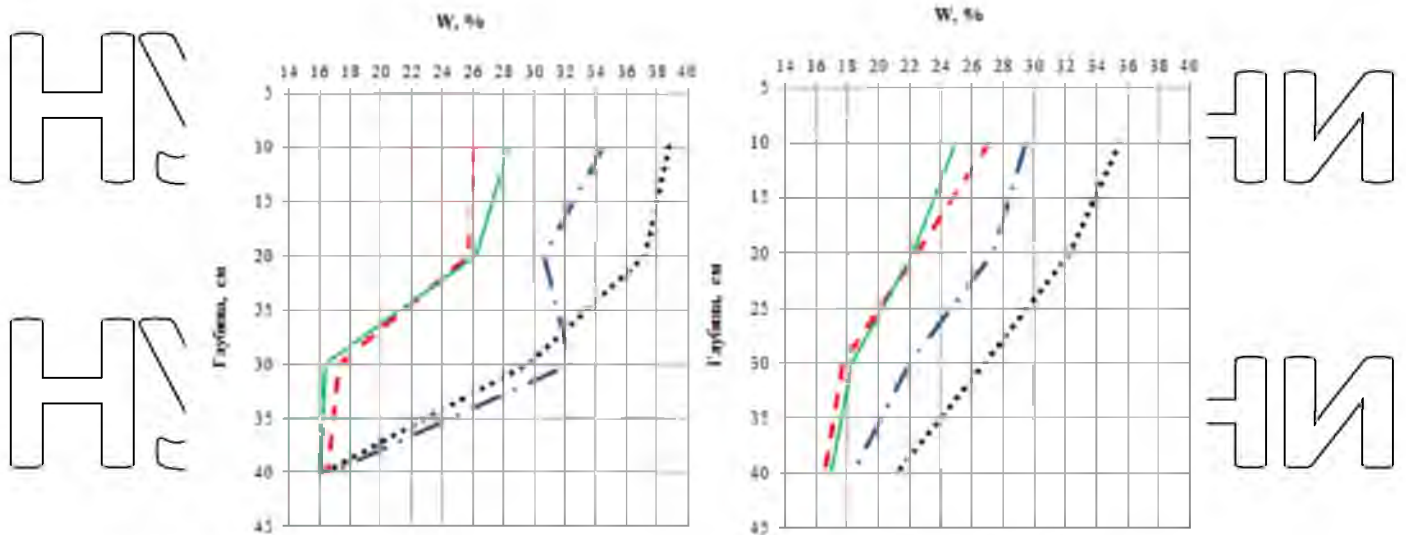
в діапазоні від 26,1% до 38,8% і значно перевищували показники, отримані у варіанті IV (від 22,2% до 35,5%). Унаслідок цього в контрольному варіанті спостерігалось періодичне перезволоження верхніх шарів ґрунту.

У результаті проведених досліджень встановлено, що біологічна врожайність картоплі становила в I варіанті 25,78 т/га; у II варіанті 25,24 т/га;

у III варіанті 27,16 т/га; у IV варіанті 27,88 т/га. На підставі наведених даних

отримано емпіричну математичну модель зміни врожайності картоплі залежно від глибини розпушування міжрядь, яка представлена у вигляді рівняння регресії розпушування міжрядь, яка представлена у вигляді рівняння регресії:

$$Y = 22,120 + 0,372x - 0,0062x^2$$



а) Варіант I

б) Варіант IV

Рис. 4.3. Розподіл середніх значень вологості ґрунту за горизонтами в міжрядді: після посадки; після міжрядного обробки; у період цвітіння; перед збиранням врожаю

Крім того, у IV варіанті значення вологості ґрунту в шарі $h=30-40$ см становили 17,0-21,1% і перевищували показники, отримані в контрольному варіанті (16,0-16,2%), що свідчить про те, що надлишкова волога проникла в нижчі горизонти ґрунтового профілю і більш рівномірно ґрунтового профілю і більш рівномірно розподілялася в шарах $h=20-30$ та $h=30-40$ см.

У результаті проведених досліджень встановлено, що біологічна врожайність картоплі становила в I варіанті 25,78 т/га; у II варіанті 25,24 т/га; у III варіанті 27,16 т/га; у IV варіанті 27,88 т/га. На підставі наведених даних

отримано емпіричну математичну модель зміни врожайності картоплі залежно від глибини розпушування міжрядь, яка представлена у вигляді рівняння регресії розпушування міжрядь, яка представлена у вигляді рівняння регресії

$$Y = 22,120 + 0,372x - 0,0062x^2$$

Висновки. Застосування технологічної операції глибокого розпушування міжрядь на 0 і 30 см забезпечило сприятливий ґрунтовий стан у кореневмісному шарі за показниками твердості та вологості ґрунту впродовж

усього періоду вегетації рослин, що підвищило біологічну врожайність картоплі порівняно з контрольним варіантом на 5,4% і 8,1% відповідно.

4.3. Результати досліджень параметрів ротаційної борони

Основні показники якості роботи ротаційних робочих органів залежать від їхніх геометричних робочих органів залежать від їхніх геометричних і кінематичних параметрів. Геометричні параметри конструкції ротаційної борони визначаються розмірами профілю гребня, міжряддям рослин, глибиною залягання бульб. Кінематичні параметри встановлюються залежно від агротехнічних вимог до виконуваної технологічної операції, гранулометричних властивостей ґрунту, фізико-механічних властивостей рослинних матеріалів.

Вивчення кінематики ротора зручніше почати з розгляду руху точки, розташованої на відстані від осі обертання радіусом r і обертається з постійною кутовою швидкістю $\omega = 2\pi n/60$ навколо осі в нерухомій системі координат $OXYZ$ (рис. 4.4.) за поступальної швидкості машини v_p уздовж осі OX .

У відносному русі за час t будь-яка точка повертається навколо своєї осі на кут $\phi = \omega t$, а в переносному русі переміщується вздовж осі абсцис на відстань $v_p t$ або $v_p \phi / \omega$.

Тому координати точок абсолютної траєкторії руху робочого органа складаються з їхніх координат у переносному і відносному русі.

За початок відліку прийнято точку A робочого органу у прямокутній системі координат $OXYZ$.

Система рівнянь, що описують абсолютну траєкторію руху робочого органу, має вигляд

$$\text{НУБІГ} \begin{cases} x(\varphi) = v_n \varphi / \omega + r \sin \varphi \sin \alpha; \\ y(\varphi) = -r \sin \varphi \cos \alpha; \\ z(\varphi) = r \cos \alpha. \end{cases} \text{аїни}$$

Використовуючи математичний пакет програм MathCAD та рівняння абсолютної траєкторії руху матеріальної точки в параметричній формі, можна оперативно і швидко отримати абсолютні траєкторії руху роторів кожного класу і проаналізувати виконуваний ними технологічний процес.

Проаналізуємо рівняння, результати розрахунків (табл. 4.4) і абсолютні траєкторії руху роторів класу Γ на прикладі ротаційного розпушувача (рис. 4.4., 2) з віссю обертання, розташованою у площині XOY з такими параметрами (вихідними даними): t розташування осі обертання ротаційної борони відносно осей координат OX, OY, OZ характеризується відповідно

кутами:

- $\alpha = 4\pi/9 = 80^\circ, \beta = \pi/18 = 10^\circ; \gamma = \pi/2 = 90^\circ;$
- t поступальна швидкість машини $v_n = 2,14 \text{ м/с};$
- t частота обертання ротаційного розпушувача
- $n = 120 \text{ хв}^{-1};$
- t число обертів $k = 1;$
- t інтервал кута повороту ротора для координат
- $\varphi = 0, \pi/12 \dots 2\pi k;$
- t радіуси відстані від центру обертання розглянутих точок робочого органу $r = 0,065; 0,170; 0,020 \text{ м}.$

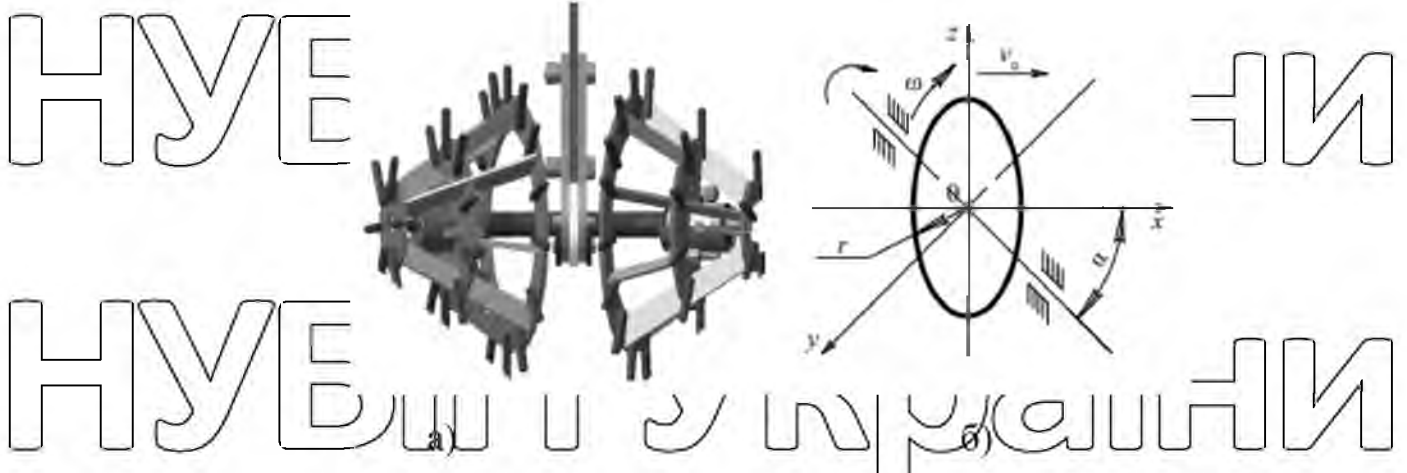
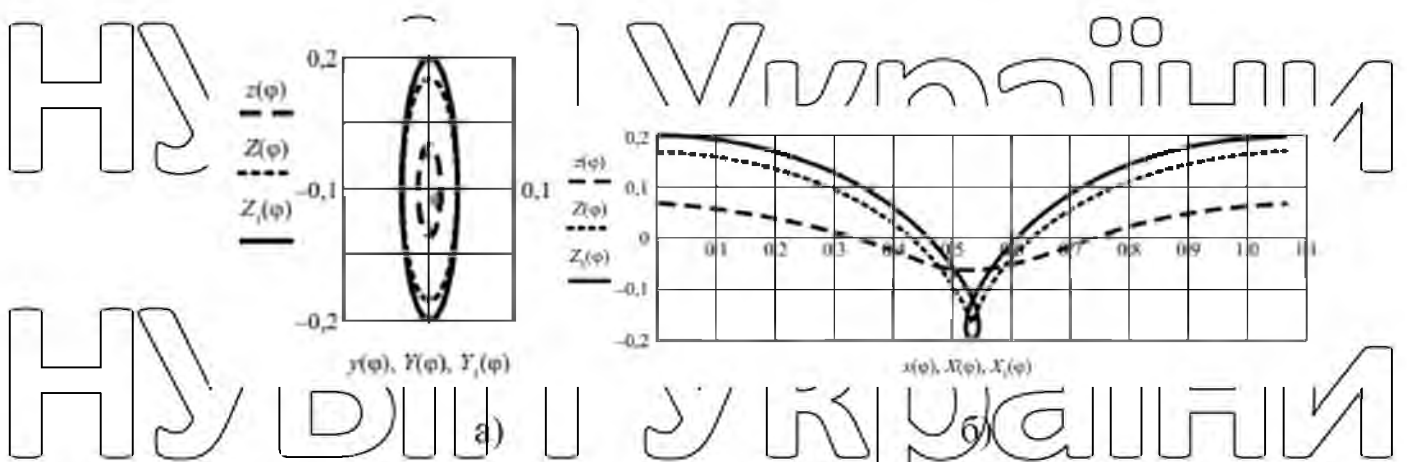


Рис. 4.4. Ротаційний розпушувач класу Г: а - загальний вигляд (модель); б - кінематична схема

Таблиця 4.4
 Результати розрахунку в програмі Mathcad 11 координат траєкторії руху точки, розташованої на відстані $r = 0,065$ м від осі обертання

φ	0	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/2$	$7\pi/12$	$2\pi/3$	$3\pi/4$	$5\pi/6$	$11\pi/12$	π	
$x(\varphi)$	0	0,06	0,12	0,17	0,23	0,28	0,33	0,37	0,41	0,44	0,47	0,50	0,53
$y(\varphi)$	0	-0,03	-	-	-	-0,11	-	-0,11	-0,01	0,08	-0,06	-0,03	0
$z(\varphi)$	0,065	0,063	0,06	0,08	0,01	0,01	-0,017	-0,02	-0,46	-0,56	-0,63	-0,5	



НУБІП України

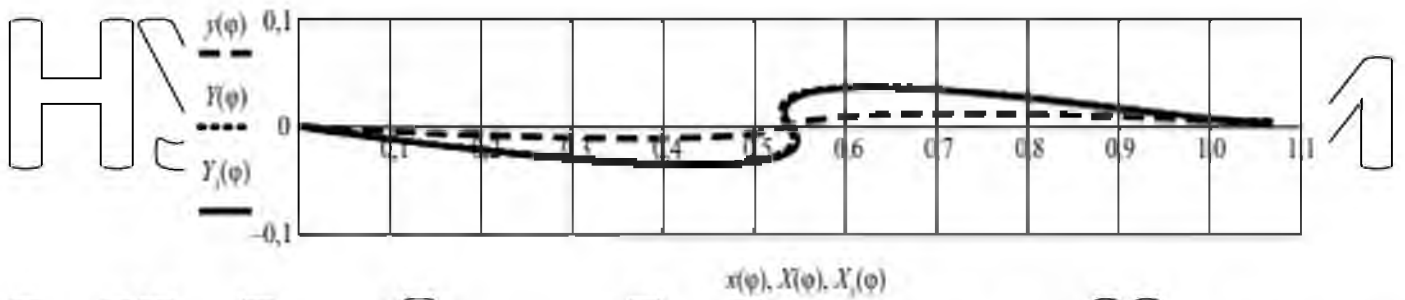


Рис. 4.5. Проекції абсолютної траєкторії руху ротаційного робочого органу класу Г на прямокутні площини просторової системи координат: а - поперечно-вертикальну; б - поздовжньо-вертикальну; в – горизонтальну

З аналізу траєкторій руху випливає, що для роторів класів Г, Д і Е абсолютна траєкторія руху являє собою гвинтову лінію, її проекції на горизонтальну XOY (рис. 4.4.) і поздовжньо-вертикальну XOZ площини - стислі циклоїди, а на поперечно-вертикальну площину - еліпс (рис. 4.4., д).

Для третьої групи роторів класу Ж (рис. 4.6), вісь обертання яких розташована довільно у просторі, тобто встановлена фронтально і похило, загальна система рівнянь, що описує траєкторію будь-якої точки ротора, має вигляд:

$$\begin{aligned} x(\varphi) &= \frac{v_n \psi}{\omega} + r \cos \varphi \sin \beta + c \cos \alpha - r \sin \varphi \sin \alpha \\ y(\varphi) &= r \cos \varphi \sin \beta \sin \alpha - r \sin \varphi \cos \beta \\ z(\varphi) &= r \cos \varphi \cos \beta \end{aligned}$$

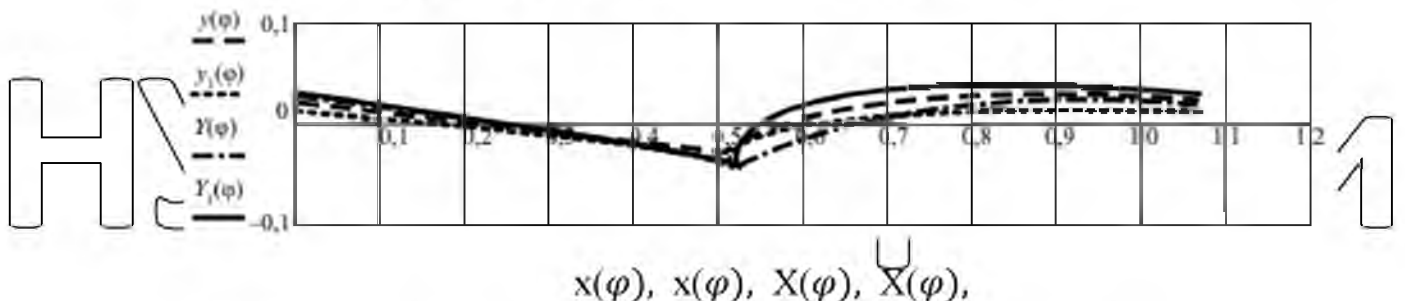


Рис. 4.6. Проекції абсолютної траєкторії руху ротаційного робочого органу класу Ж на прямокутні площини просторової системи координат: а) - поперечно-вертикальну; б) – поздовжньо-вертикальну; в) – горизонтальну

Використаємо кінематичний параметр $\lambda = v_{окр}/v_{п}$ і виразимо поступальну швидкість через окружну: $v_{п} = v_{окр}/\lambda$, враховуючи, що $v_{окр} = \omega r$. Тоді $v_{п} = \omega r/\lambda$. У цьому разі система рівнянь (1) набуде вигляду

$$x(\varphi) = r \left(\frac{\varphi}{\lambda} + \cos\varphi \sin\beta \cos\alpha - \sin\varphi \sin\alpha \right)$$

$$y(\varphi) = r (\cos\varphi \sin\beta \sin\alpha - r \sin\varphi \cos\beta)$$

$$z(\varphi) = r \cos\varphi \cos\beta$$

Використовуючи математичний пакет програм Mathcad 11 за тих самих вихідних даних, отже, в зоні контакту з ґрунтом робочі елементи ротатійного розпушувача протягують верхній шар ґрунту, знищуючи при цьому бур'яни та розпушуючи ґрунт.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для вартісної оцінки витрат на виконання процесу механізованого догляду за міжряддям картоплі використано загальновідому методику побудови технологічних карт.

5.1. Розрахунок маси і вартості конструкції

Маса конструкції визначається за формулою:

$$G = (G_K + G_T) \cdot K, \quad (5.1)$$

де G_K – маса сконструйованих деталей, вузлів і агрегатів, кг;

G_T – маса готових деталей, вузлів і агрегатів, кг;

K – коефіцієнт, що враховує масу матеріалів що витрачаються на виготовлення конструкції ($K=1,05 \dots 1,15$).

Таблиця 5.1 - Розрахунок маси сконструйованих деталей

№ пп	Назва деталі.	Об'єм деталі, см ³ .	Маса деталі, кг.	К-ть деталей	Загальна маса деталей, кг.
1	Секція культиватора	163,90	980,5	1	980,5
2	Шнек	63,78	150	1	150
3	Ніж	0,53	0,2	32	16
4	Корпус підшипника	3,83	3	2	6
5	Стопорне кільце	0,13	0,1	5	0,5
6	Зірочка	1,53	1,2	1	1,2
7	Зірочка	2,87	2,5	1	2,5
8	Вал	3,72	3	1	3
9	Вал	1,91	1,5	1	1,5
10	Ось	1,28	1	1	1
11	Опора	1,53	1,2	8	9,6
12	Зірочка	0,96	0,5	8	4
13	Кришка	0,26	0,2	2	0,4
14	Шпонка	0,13	0,1	8	0,8
	Всього			72	1168

Маса покупних деталей і ціни на них представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Маса покупних деталей і ціни

№ пп	Назва деталі.	К-ть деталей.	Маса		Ціна, грн.	
			Одного	Всього	Одного.	Всього
1	Болти	82	0,7	57,4	10	820
2	Гайки;	76	0,21	15,96	10	760
3	Шайби	98	0,09	08,82	5	490
4	Шпінти	14	0,12	1,68	50	70
5	Штифти	2	0,2	0,4	2,5	5
6	Редуктори S0101956	8	5	40	500	4000
7	Редуктори R2400218	4	3	12	300	1200
Всього;				136,26		7345

$$G = (1168 + 136,26) \cdot 1,15 = 1499,89 \text{ кг} \quad (5.2)$$

Вартість нової конструкції визначається за формулою:

$$C_{61} = \frac{C_{60} \cdot G_1}{G_0} \quad (5.3)$$

де C_{60} – балансова вартість старої конструкції, грн.;

G_1 – маса нової конструкції, кг;

G_0 – маса старої конструкції, кг.

$$C_{61} = \frac{206100 \cdot 1500}{1800} = 171,75 \text{ тис.грн.}$$

5.2. Розрахунок техніко-економічних показників ефективності конструкції

Таблиця 5.2 – Вихідні дані

Назва	Варіанти	
	Базовий	Проектований
Маса конструкції, кг.	1800	1500
Балансова вартість, руб.	206100	171750
К-ть обслуговуючого персоналу, люд.	1	1
Розряд роботи	V	V
Тарифна ставка, грн/год – люд.	100	100
Норма амортизації, %	12,5	12,5
Норма затрат на РІТО, %	21,5	21,5
Річне навантаження конструкції, год	500	500
Валова продукція, грн/на комбайн	1660825	2063433

Годинна продуктивність визначається за формулою:

$$W_{ч0} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (5.4)$$

де B_p – робоча ширина захвату культиватора, м;

V_p – робоча швидкість руху культиватора, м/с;

τ – коефіцієнт використання робочого часу зміни [9].

$$W_{ч0} = 0,36 \cdot 6 \cdot 2,0 \cdot 0,7 = 3,02 \text{ га/ч.}$$

$$W_{ч1} = 0,36 \cdot 6 \cdot 2,7 \cdot 0,7 = 4,08 \text{ га/ч.}$$

Енергоємність процесу:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_u} \quad (5.5)$$

де N_e – споживана потужність, кВт;

W_u – годинна продуктивність, га/ч.

$$\mathcal{E}_{e0} = 6/3,02 = 1,99 \text{ кВт/га}$$

$$\mathcal{E}_{e1} = 6/4,08 = 1,47 \text{ кВт/га.}$$

Металоємність процесу:

$$M_c = \frac{G}{W_{ч} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} \quad (5.6)$$

де G – маса культиватора, кг

$W_{ч}$ – часова продуктивність, га/ч;

$T_{год}$ – річне загрузка культиватора, час;

$T_{сл}$ – строк служби, років.

$$M_{c0} = 1800 / (3,02 \cdot 500 \cdot 8) = 0,15 \text{ кг/га.}$$

$$M_{c1} = 1500 / (4,08 \cdot 500 \cdot 8) = 0,09 \text{ кг/га.}$$

Фондомісткість процесу:

$$F_e = \frac{C_0}{W_{ч} \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} \quad (5.7)$$

де C_0 – балансована вартість культиватора, грн;

$W_{ч}$ – годинна продуктивність, га/год;

$T_{год}$ – річне навантаження культиватора, год;

$T_{сл}$ – строк служби культиватора.

$$F_{e0} = 206100 / (3,02 \cdot 500 \cdot 8) = 17,06 \text{ грн/од.}$$

$$E_{e1} = 171750 / (4,08 \cdot 500 \cdot 8) = 10,52 \text{ грн/од.}$$

Собівартість робіт визначається за формулою:

$$S = C_{зп} + C_3 + C_{рТО} + A, \quad (5.8)$$

де $C_{зп}$ – затрати на оплату праці, грн/га;

$C_{пмм}$ – затрати на ПММ, грн/га;

$C_{рТО}$ – затрати на ремонт і ТО, грн/га;

A – Амортизація, руб/га.

Затрати на оплату праці:

$$C_{зп} = Z \cdot T_e, \quad (5.9)$$

де Z – тарифна ставка працівника, грн/год-люд;

T_e – трудозатрати процесу, люд-год/од.

Трудомісткість процесу:

$$T_e = \frac{n_p}{W_q} \quad (5.10)$$

де n_p – кількість обслуговуючого персоналу, люд;

W_q – годинна продуктивність

$$T_{e0} = 1 / 3,02 = 0,33 \text{ люд-год/га,}$$

$$T_{e1} = 1 / 4,08 = 0,25 \text{ люд-год/га.}$$

$$C_{зп0} = 100 \cdot 0,33 = 33 \text{ грн/га;}$$

$$C_{зп1} = 100 \cdot 0,25 = 25 \text{ грн/га.}$$

Затрати на ПММ:

$$C_3 = \Pi_{кшп} \cdot Det, \quad (5.11)$$

де $\Pi_{кшп}$ – комплексна ціна палива, грн/кг;

Det – норма розходу палива, кг/га.

$$C_{30} = 30 \cdot 13,2 = 396 \text{ грн/га;}$$

$$C_{31} = 30 \cdot 6,8 = 204 \text{ грн/га.}$$

Затрати на ремонт і ТО:

$$C_{рТО} = \frac{C_8 \cdot n_{рТО} \cdot T_{200}}{100 \cdot W_q} \quad (5.12)$$

де C_6 – балансова вартість культиватора, грн;
 $N_{\text{ТО}}$ – норма затрат на ремонт і ТО, %;
 W_T – година продуктивність, га/год;

$T_{\text{річ}}$ – річне навантаження, год.

$C_{\text{рТО0}} = 206100 \cdot 21,5/100 \cdot 3,02 \cdot 500 = 29,34$ грн/га;
 $C_{\text{рТО1}} = 171750 \cdot 21,5/100 \cdot 4,08 \cdot 500 = 18,1$ грн/га.

Амортизація:

$$A = \frac{C_6 \cdot a}{100 \cdot W_T} T_{\text{год}} \quad (5.13)$$

де C_6 – балансова вартість культиватора, грн;
 a – норма амортизації, %;
 W_T – година продуктивність, га/год;

$T_{\text{річ}}$ – річне навантаження, год.

$$A_0 = 206100 \cdot 12,5 / (100 \cdot 3,02 \cdot 500) = 17,06 \text{ грн/га.}$$

$$A_1 = 171750 \cdot 12,5 / (100 \cdot 4,08 \cdot 500) = 10,52 \text{ грн/га.}$$

$$S_0 = 33 + 396 + 29,34 + 17,06 = 475,4 \text{ грн/га.}$$

$$S_1 = 25 + 204 + 18,1 + 10,52 = 257,62 \text{ грн/га.}$$

Наведені витрати на роботу конструкції:

$$C_{\text{пр}} = S + E_H F_{\epsilon} \quad (5.14)$$

де S – собівартість робіт, грн/га;

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;
 F_{ϵ} – фондоемність процесу, грн/га.

$$C_{\text{пр0}} = 475,4 + 0,15 \cdot 17,06 = 477,96 \text{ грн/од.}$$

$$C_{\text{пр1}} = 257,62 + 0,15 \cdot 10,52 = 259,19 \text{ грн/од.}$$

Річна економія:

$$\Theta_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_T \cdot T_{\text{год}} \quad (5.15)$$

$$E_{\text{річ}} = (475,4 - 257,62) \cdot 4,08 \cdot 500 = 444271,2 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_{200} = \varepsilon_{200} - E_H \cdot F_{e1} \quad (5.16)$$

де $E_{річ}$ – річна економія, грн;

E_H - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

F_{e1} – фондоємність проектного процесу, грн/га.

$$E_{річ} = 444271,2 - 0,15 \cdot 10,52 = 444270,1 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{ок} = \frac{C_{б1}}{\varepsilon_{200}}, \quad (5.17)$$

де $C_{б1}$ - балансова вартість спроектованої конструкції, руб.

$$T_{ок} = 171750 / 444271,2 = 0,4 \text{ р.}$$

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень:

$$E_{эф} = \frac{1}{T_{ок}} \quad (5.18)$$

де $T_{ок}$ – термін окупності капітальних вкладень, р.

$$E_{эф} = 1 / 0,4 = 2,5$$

Результати розрахунків зведемо у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Порівняльні техніко-економічні показники ефективності конструкції.

Назва показників	Варіанти		Проект. у % до баз.
	Базовий	Проект.	
Енергомісткість процесу, кВт/га	1,99	1,47	74
Металоємність процесу, кг/га	0,15	0,09	60
Фондоємність процесу, грн/га	17,06	10,52	62
Трудозатрати процесу, люд. год/га.	0,33	0,25	75
Рівень експл. витрат, грн/га.	475,4	257,62	54
Рівень приведених затрат, грн/га.	477,96	259,19	54
Річна економія, грн.	-	444271,2	-
Річний економічний ефект, грн.	-	444270,1	-
Строк окуп. кап. вкладень, міс.	-	4,8	-
Коеф. ефективн. кап. вкладень.	-	2,5	-

НУБІП України

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЯ

5.1. Загальні положення охорони праці та навколишнього середовища

НУБІП України

під час роботи на машинно-тракторних агрегатах

До роботи допускаються особи, які мають право на керування машинно-тракторними агрегатами. Працювати дозволяється на технічно справних машинах, відрегульованих, оснащених захисними засобами.

НУБІП України

Технічне обслуговування, огляди, регулювання та очищення машин і механізмів проводити при заглушеному двигуні. Несправності в гідросистемі та навішуванні потрібно усувати після зупинки трактора за опущеної машини.

Перевірити надійність з'єднання причіпного пристрою машини з трактором.

НУБІП України

Забороняється під час руху агрегату змашувати, регулювати й очищати машину, перебувати між трактором і машиною. Забороняється використовувати сільгоспмашину як транспортний засіб для перевезення людей.

Розгортати агрегати слід на зниженому швидкісному режимі.

НУБІП України

Перед виконанням роботи поле необхідно оглянути і невидимі, непереможні перешкоди позначити вишками.

Очищення робочих органів машин від рослинних залишків і налиплої землі проводити спеціальними чистками тільки при зупиненому агрегаті.

НУБІП України

Рух агрегату починати тільки після подачі попереджувального звукового сигналу. Піднімання й опускання навісних знарядь необхідно виконувати тільки із сидіння трактора.

Ланцюги блокування навісного пристрою трактора слід натягувати так, щоб бічний розбіг піднятої машини не перевищував 20 мм. Великий розбіг ускладнює керування трактором.

НУБІП України

Робочі органи просапних культиваторів під час транспортування потрібно піднімати на 300-400 мм від поверхні дороги. Перед тривалою зупинкою агрегату слід опустити робочі органи і заглушити двигун. Під час очищення борін необхідно користуватися гачком. У суху вітряну погоду тракторист повинен працювати в захисних окулярах або закритій кабіні.

Тракторист не повинен передавати керування трактором стороннім особам. Обслуговуючий персонал повинен бути віком не молодше 17 років, мати спеціальну підготовку і пройти інструктаж з техніки безпеки та особливостей виконуваної роботи. Обслуговуючий персонал під час руху агрегату повинен перебувати на своїх робочих місцях.

Забороняється під час руху агрегату переходити з трактора на сільгоспмашини і назад, а також перебувати на підніжках, причепах та інших непередбачених місцях.

Механізатори та обслуговуючий персонал повинні бути забезпечені спецодягом і засобами індивідуального захисту, працювати в акуратно і ретельно заправленому одязі. Головні убори не повинні мати кінців, що розвіваються, а волосся повинно бути повністю заправлене під головні убори.

Приймати їжу, відпочивати і спати дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, позначених вішками і покажчиками.

Під час роботи в садах, виноградниках і ягідниках, персонал агрегату, що обслуговується, повинен остерігатися дози і гілок, які можуть завдати подряпин і каліцтв. Дозволяється працювати на ділянках, над якими проходять лінії електропередач, тільки в тому разі, якщо відстань від найближчого дроту до найвищої точки машини становить не менш як два метри, а біля високовольтних ліній - згідно зі встановленими регламентами.

Забороняється працювати в нічний час без освітлення, а також на схилах.

Огляд і технічне обслуговування машинно-тракторних агрегатів, очищення робочих органів машин від рослинних залишків і налипшої землі проводити тільки за зупиненого агрегату та опущених робочих органів машин.

Дотримуватися агротехнічних вимог, що пред'являються до виконуваної сільськогосподарської роботи, з метою найменшого порушення природного стану природного середовища.

Охорона праці та навколишнього середовища під час обробітку ґрунту

Перед роботою ґрунтообробних машин необхідно перевірити їхній технічний стан. Ослаблення кріплень, тріщини на поверхнях деталей і вузлів, їх деформації, помилки під час складання машини та інші помічені несправності - усунути.

Робочі органи ґрунтової фрези закрити захисними кожухами для оберігання обслуговуючого персоналу від грудок землі, що розкидаються в процесі роботи

Не допускається робота ґрунтообробних машин із затупленими робочими органами. Забороняється під час руху агрегату переходити з трактора на сільгоспмашини і назад, а також перебувати на підніжках, причепах та інших непередбачених місцях.

Механізатори та обслуговуючий персонал повинні бути забезпечені спецодягом і засобами індивідуального захисту, працювати в акуратно і ретельно заправленому одязі. Головні убори не повинні мати кінців, що розвіваються, а волосся повинно бути повністю заправлене під головні убори.

Приймати їжу, відпочивати і спати дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, позначених вішками і покажчиками.

Під час роботи в садах, виноградниках і ягідниках, персонал агрегату, що обслуговується, повинен остерігатися лози і гілок, які можуть завдати подряпини і каліцтв. Дозволяється працювати на ділянках, над якими проходять лінії електропередач, тільки в тому разі, якщо відстань від найближчого дроту до найвищої точки машини становить не менш як два метри, а біля високовольтних ліній - згідно зі встановленими регламентами.

Забороняється працювати в нічний час без освітлення, а також на схилах.

Огляд і технічне обслуговування машинно-тракторних агрегатів, очищення робочих органів машин від рослинних залишків і налиплої землі проводити тільки за зупиненого агрегату та опущених робочих органів машин.

Дотримуватися агротехнічних вимог, що пред'являються до виконуваної сільськогосподарської роботи, з метою найменшого порушення природного стану природного середовища.

Перед роботою ґрунтообробних машин необхідно перевірити їхній технічний стан. Ослаблення кріплень, тріщини на поверхнях деталей і вузлів, їх деформації, помилки під час складання машини та інші помічені несправності - усунути.

Ремінні, ланцюгові, зубчасті передачі, вали, що виступають, закрити щитками або кожухами

Робочі органи ґрунтової фрези закрити захисними кожухами для оберігання обслуговуючого персоналу від грудок землі, що розкидаються в процесі роботи

Під час зупинок агрегату робочі органи машин очищати скребками.

Заміну робочих органів, стійок, лемешів і ножів проводити тільки при непрацюючому двигуні трактора.

Категорично забороняється перебувати на рамі машини під час роботи агрегату

Вмикати гідросистему дозволяється тільки з робочого місця тракториста.

Плуги транспортувати потрібно зі знятою зчіпкою для борін. Зубові та сітчасті борони не можна укладати зубами догори

Забороняється перебувати під піднятою навісною машиною.

Не допускається робота ґрунтообробних машин із затупленими робочими органами.

5.2. Забруднення довкілля, що виникають при експлуатації удосконаленого культиватора.

У міру підвищення ролі техніки у взаємодії людини з природою дедалі більшої актуальності набувають питання екологічності застосовуваних технічних засобів і всього виробництва.

Широкомасштабне використання техніки в сільському господарстві сприяє зростанню продуктивності та ефективності праці, проте воно пов'язане і з негативними екологічними наслідками.

Застосовувані технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають багаторазовий вплив ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунт.

У наслідок неодноразового пересування машин по полі відбувається значне переущільнення ґрунту, яке поширюється на велику глибину (до 100 см), а машинні "сліди" вкривають до 80% поля. Під впливом важкої техніки щільність ґрунту зросла до теперішнього часу на 20-40%.

Серйозним наслідком ущільнення ґрунту є збільшення його питомого опору. Питомий опір значною мірою залежить від переущільнення ґрунту різними рушіями і ходовими системами. Він відповідає зусиллю, що витрачається на підрізання пласта, його обертання та тертя ґрунту об робочу поверхню знаряддя.

Через збільшення опору ґрунту істотно зростає перевитрата палива. У разі переущільнення погіршується криміна́ння ґрунту. Ущільнені ґрунти чинять великий опір проникненню в них кореневих систем рослин, у таких ґрунтах погіршуються водно-повітряний і поживний режими, розвиваються ерозійні процеси.

Заходи щодо зниження ущільнення ґрунтів включають: - організаційно-технологічні заходи; - агротехнічні прийоми з підвищення стійкості ґрунтів до ущільнення та їхнього розущільнення; - удосконалення сільськогосподарської техніки, її ходових систем із доведенням тиску на ґрунт до допустимих значень.

До агротехнічних прийомів належать окультурення ґрунтів і підвищення вмісту в них гумусу. Для розущільнення ґрунтів застосовують розпушування

орного і підорного шарів (чизелі, глибокорозпушувачі). Поєднання розпушування із внесенням органічних добрив і кальцієвмісних речовин призводить до значного зниження негативних наслідків машинної деградації ґрунтів.

Важливо, щоб на полях працювали лише такі механізми, тиск рушіїв яких на ґрунт не перевищує 0,1 МПа, тож краще використовувати гусеничні рушії або колісні з еластичними шинами, тиск яких на ґрунт становить відповідно 80-100 і 30-60 кПа. Енергоощадною технологією за мінімального обробітку ґрунту передбачено використання комбінованих машин, що дають змогу виконувати кілька технологічних операцій за один прохід.

Використання як палива нафтопродуктів призводить до забруднення довкілля, зокрема й ґрунту. Основні споживачі рідкого палива - трактори, автомобілі, збиральні комбайни. Викиди відпрацьованих газів із низькорозташованих вихлопних труб спричиняють таке забруднення довкілля, яке можна порівняти з впливом на атмосферу великих промислових підприємств (що пояснюється особливостями забруднення приземного шару).

Причому дизельні двигуни мають переваги перед карбюраторними за вмістом у відпрацьованих газах оксиду вуглецю і свинцю, але за іншими компонентами, особливо - сажа, дизельні двигуни поступаються карбюраторним [5].

Таким чином, екологічно безпечні машини і технології - це ті, які забезпечують безпеку довкілля, життя і здоров'я населення. Ключова проблема використання сільськогосподарської техніки - збереження не тільки родючості, а й самих ґрунтових ресурсів.

ВИСНОВКИ

НУБІП України

Отримано технічне рішення у вигляді універсального просапного культиватора-гребенеутворювача, застосування якого знижує енергоємність під час експлуатації.

НУБІП України

Конструкція культиватора-гребенеутворювача проста у виготовленні, складанні і розбиранні.

НУБІП України

Використання розробленого просапного культиватора-гребенеутворювача може забезпечити ефективність обробітку міжрядь ґрунту,

НУБІП України

збільшує висоту формованих гребнів, зменшує травмування коренебульбоплодів у гребнях, покращує водно-повітряний режим ґрунту в шарі бульбоутворення.

НУБІП України

Просапний культиватор, оснащений пасивними робочими органами і виконує глибоке розпушування міжрядь, формує гребені з більших ґрунтових фракцій, між якими присутні пори, що сприяє стабілізації температурного режиму в зоні бульбоутворення.

НУБІП України

2. Глибоке розпушування міжрядь дає змогу більш повно засвоювати опади, що випали і рівномірно розподіляти вологу в кореневмісному шарі, що в поєднанні зі стабільним температурним режимом у зоні росту і розвитку бульбо забезпечує збільшення сумарних запасів вологи.

НУБІП України

Аналіз результатів експериментальних матеріалів показав, що найбільш істотні відмінності в значеннях параметрів ґрунтового стану спостерігалися в варіантах дослідів I (без розпушування) і IV (розпушування на 30 см). У зв'язку з цим, у таблиці подано середні значення досліджуваних показників тільки для вищевказаних варіантів.

НУБІП України

Застосування технологічної операції глибокого розпушування міжрядь на 0 і 30 см забезпечило сприятливий ґрунтовий стан у кореневмісному шарі за показниками твердості та вологості ґрунту впродовж усього періоду вегетації рослин, що підвищило біологічну врожайність картоплі порівняно з контрольним варіантом на 5,4% і 8,1% відповідно.

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
2. Кравчук В.І., Грицишин М.І., Коваль С.М. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки. – К.: Аграрна наука, 2004.
3. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропивний В.М., Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – К.: Урожай, 2001.
4. Грицишин М.І., Масло І.П., Забезпечення високого технічного рівня і конкурентоздатності сільськогосподарської техніки//Пропозиція №3, 2003.
5. Гуков Я.С., Обробіток ґрунту. Техніка і технології.-К.: Нора-прінт, 1999.
6. Кравчук В.І., Виробництво та ринок техніки для АПК//Техніка АПК.- 2001.-№3
7. Грицишин М.І., Тенденції світового ринку сільськогосподарської техніки//Пропозиція, №1, 2003.
8. Погорілий Л.В., Гуков Я.С., Світові тенденції розвитку сільськогосподарської техніки//Техніка АПК.-2002.-№1.
9. Лехман С.Д. и др. Запобігання аварійності і травматизму в сільському господарстві.
10. Мельник І.І., Демидко М.О., Бабій В.П., Шатров Р.В. та інші., Методичні вказівки до виконання дипломних проєктів з дисципліни “Машиновикористання в рослинництві.-К.: Видавничий центр НАУ, 2000.-33 с.
11. Угланов М.Б. “Довідник механізатора картоплевода”, - М.: Агроримиздат, 1986 р.
12. Козаченко Б.О., Кононученко В.В., “Механізація виробництва картоплі. Довідник”-К.: Урожай, 1991

13. Чофинов С.А., Лишко Г.П., Хабатов Р.Ш. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации МТПУ-М. - М.: Агропромиздат

14. Кириллов Е.Н., "Справочник механизатора-картоплевода", - М.: Московский рабочий, 1983.

15. Кошелёв Я.П. та інші "Вирощування картоплі за індустріальною технологією" - К.: Урожай, 1987.

16. Настенко П.М., Романченко М.А. Індустріальна технологія виробництва картоплі. - 3-є вид., доп. і перероб. - К.: Урожай, 1986. - 144 с.

17. Состав. К.А. Пшеченков. - М.: Россельхозиздат, 1985 - 239 с. Индустріальна технологія виробництва картофеля.

18. Интенсивные технологии возделывания зерновых и технических культур / Под ред. А.И. Зинченко и И.М. Карасюка. - К.: Выща школа Головное изд-во, 1988. - 327 с.

19. Интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур / Г.В. Корень, Г.Г. Гатаулина, А.И. Зинченко и др.: Под ред. Г.В. Корень - М.: Агропромиздат, 1988. - 301 с.

20. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій, С.М. Погорілець, І.І. Евенко та ін.: За ред. В.Д. Гречкосія. - К.: Урожай, 1991. - 400 с.

21. Бузовський С.А., Кононенко М.П. Записна книжка інженера - аграрника. - К.: Урожай, 1992. - 256 с.

22. Касьянов Л.И., Тарасенко С.И., Дубовой Л.А. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов на факультете механизации сельского хозяйства / УСХА. - К., 1986. - 81 с.

23. Экономика сельского хозяйства / под ред. В.А. Добрынина. - М.: Агропромиздат, 1990. - 477 с.

24. Мельник І.І., Гречкосій В.Д., Бондар С.М. Проектування технологічних процесів у рослинництві. Навчальний посібник. - Видавництво «Аспект поліграф», 2005. - 190 с.

25. Мельник І.І., Бабій В.П., Марченко В.В., Голуб Б.Л., Надточій О.В., Шатров Р.В. Навчальний посібник „Оптимізація управління машинно-тракторним парком” – Видавничий центр НАУ, 2000.

26. Мельник І.І., Бабій В.П., Марченко В.В., Голуб Б.Л., Надточій О.В., Шатров Р.В., Кавецька В.Г., Якимів Р.Я. Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних завдань з курсу „Аналіз технологічних систем та обґрунтування рішень” – Видавничий центр НАУ, 2000.

27. Лобас М.Г., Македонський А.В., Беляєв Д.Є., Грищенко О.В. Організація фермерських господарств. – К.: Аграрний інститут НВАТ „Агроінком”, 1998. – 288 с.

28. Агропромисловий комплекс України: стан та перспективи розвитку (1999-2000 рр.). Інформаційно-аналітичний збірник Інституту аграрної економіки. – К.: 1999.

29. Ігнатів В., Голодников Ю., Чернишов П. Технічне і технологічне обслуговування фермерських господарств. – Сільські обрії, 1996. – №7-8 с.13-19.

30. Бугуцький Ю.О. Розвиток фермерських господарств в Україні. – Економіка АПК, 1998. – №6 с.25-27.

31. Борисенко І. Чи варто фермерові купувати нову техніку? Пропозиція, 1998. №2 с.59-60

32. Пікус Р.В. До питання розвитку кооперування фермерських господарств. – Економіка АПК, 1998. – №1 с.21-23.

33. Сазонова Д.Д. Экономическая целесообразность межфермерской кооперации при использовании техники. – Аграрная наука, 1997. – №2. с.33.

34. Шкільов О.В. Бізнес-план підприємства. – К.: Інститут аграрної економіки УААН, 2000 – 38с.

35. Дацишин О.В., Ткачук А.І., Чубов Д.С. Методичні вказівки до складання бізнес-плану при виконанні дипломної роботи з спеціальності 7.091902

”Механізація сільського господарства”. НАУ. 2002-44с.

36.Зубець, М. В. Актуальні проблеми технічної політики в аграрному секторі України [Текст] / М. В. Зубець, Я. С. Гуков, М. І. Грицишин. – К. : ДІА, 2007. – 80 с.

37.Замойська, К. В. Обґрунтування параметрів ротажного розпушувача ґрунту [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / К. В. Замойська. – Львів, 2008. – 21 с.

38.Пастухов, В. І. Ротажні робочі органи для обробки міжрядь просапних культур [Текст] / В. І. Пастухов, С. А. Браженко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. 2011. Вип. 107, Т. 1. – С. 292-297.

39.Абдрахманов, Р. К. Разработка и обоснование параметров комбинированного рабочего органа пропашного культиватора [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р. К. Абдрахманов. – Челябинск, 1984. – 19 с.

40.Маляшин, Ю. И. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин [Текст] / Ю. И. Маляшин, И. М. Гринчук, Г. М. Егоров. – М. : «Агропромиздат», 1988. – 188 с.

41.Канарёв, Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия [Текст] / Ф. М. Канарёв. – М. : Машиностроение, 1983. – 142 с.

42.Панов, И. М. Теория, конструкция и расчет ротационных почвообрабатывающих машин [Текст] / И. М. Панов, Ж. Е. Токушев. – Кокшетау : Изд. Кокшетауского университета, 2005. – 313 с.

43.Касимов, Н. Г. Ротационный культиватор гребнеобразователь – основа внедрения энергосберегающей технологии возделывания картофеля [Текст] / Н. Г. Касимов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящ. 60-летию каф. растениеводства ИжГСХА Ижевск, 2003. – С. 162–164.

44.Касимов, Н. Г. Обоснование конструкции культиватора [Текст] / Н. Г. Касимов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции ИжГСХА: Ижевск, 2003. – С. 171–173.

45. Кушнар'ов, А. С. Механіко-технологічні основи обробки ґрунту

[Текст] / А. С. Кушнар'ов, В. П. Кочев. – К.: Урожай, 1989. – 138 с.

46. Кисел'єв, С. Н. Ротаційні машини в екологічному землеробстві

[Текст] / С. Н. Кисел'єв, Н. В. Перевозчикова // Вестник МГАУ. Серія:

Техніка і технології агропромислового комплексу. – 2008. – № 2. –

с. 67–69

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України