

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри

_____ Андрій ВОЙТІК
“ ____ ” _____ 2024

ДИПЛОМНА РОБОТА
_____ магістр
(освітній ступінь)

на тему: «ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ
АКТИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ МОСТОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім,
спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»

_____ Олександр ВЕНГЕР

Керівник: _____ Олександр ПУШКА

м. Умань – 2024

“ ” 2024

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (4 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (3 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуша, А4). 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., к.с.-г.н., доцент		
Економічне обґрунтування	Пушка О.С., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний	19.05.2024	Виконав
2	Теоретичний	23.06.2024	Виконав
3	Експериментальний	15.09.2024	Виконав
4	Результати досліджень	06.10.2024	Виконав
5	Охорона праці	03.11.2024	Виконав
6	Економічний	12.11.2024	Виконав

Студент

(підпис)

Олександр ВЕНГЕР

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олександр ПУШКА

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	7
1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	11
1.1. Аналіз існуючих технологій поверхневого обробітку ґрунту	11
1.2. Аналіз машин та робочих органів для поверхневого обробітку ґрунту	13
1.3. Мета роботи і завдання дослідження	21
2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ	23
2.1. Обґрунтування параметрів активних робочих органів	23
2.2. Огляд запропонованої конструкції активних робочих органів	28
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
3.1. Методика теоретичних досліджень	33
3.2. Методика експериментальних досліджень	33
3.2.1. Мета і програма досліджень	33
3.2.2. Фізична модель різального ножа ротаційного робочого органу	34
3.2.3. Опис конструкції лабораторної установки	35
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
4.1. Математична модель утворення борозни різальним ножом ротаційного робочого органу	44
4.2. Визначення кількості різальних ножів активного робочого органу	56
4.3. Визначення відстані між сусідніми робочими органами	64
4.4. Визначення кута відхилення площини різального ножа α від осі обертання	67
4.5. Параметри різального ножа ротаційного робочого органу	69
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	72
5.1. Аналіз стану охорони праці на виробництві	72
5.2. Техніка безпеки при роботі на агро мостових установках	72
5.3. Техніка безпеки з електрообладнанням	74
5.4. Гігієна праці і виробнича санітарія	75
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	76

6.1 Витрати на оплату праці	78
6.2 Витрати на паливо-мастильні матеріали	80
6.3 Визначення вартості амортизаційних відрахувань	80
6.4 Затрати на ремонт та технічне обслуговування	81
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88

РЕФЕРАТ

Венгер О.В. Обґрунтування параметрів і режимів роботи активних робочих органів для мостового землеробства. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». УНУС, Умань, 2024.

Розглядаються питання застосування нетрадиційного землеробства з застосуванням агромостової технології. Проведено обґрунтування застосування агромостових систем для основного обробітку ґрунту. Зроблено огляд існуючих активних робочих органів та їх приводів і можливість їх пристосування до роботи в комплексі агромостових систем.

- теоретичними дослідженнями встановлено, а експериментом підтверджено, що ножі активного (ротаційного) робочого органу утворюють борозну, у вигляді жолоба, поперечний переріз якого має форму еліпса. Проекція борозни на горизонтальну площину являє собою паралелограм;
- отримані залежності кутів нахилу напрямку дна борозни і початкової її межі до напрямку руху від кута атаки і кінематичного параметра;
- встановлені залежності ширини і довжини борозни від кута атаки і кінематичного параметра;
- визначені залежності кількості різальних ножів на одному робочому органі батареї від кута атаки, кінематичного параметра ротаційного робочого органу і коефіцієнта, що характеризує висоту ґрунтового «гребеня» на дні борозни;
- розроблений ротаційний робочий орган з активним приводом, що забезпечує якісне виконання поверхневої обробки ґрунту по глибині;
- визначена техніко-економічна ефективність застосування знаряддя для поверхневої обробки ґрунту з активним приводом ротаційних робочих органів, різальні леза яких виконані по еліптичній лінії.

ВСТУП

Аналіз розвитку та стану механізації рослинництва дозволяє зробити новітній висновок: сучасні технології виконання робіт за допомогою машинно-тракторних агрегатів (МТА), які колись виникли як прогресивна ідея заміни тягової сили худоби, механічними двигунами, приходять до стану насичення.

Повсюдне застосування тракторно комбайнових технологій створили низку серйозних проблем, вирішення яких неможливе у рамках узвичаєних методів і способів вирощування культурних рослин.

Основні з них:

1. Погіршення родючості ґрунту через його ущільнення та де структуризацію ґрунту.
2. Низький енергетичний коефіцієнт корисної дії (ККД) МТА.
3. Складність автоматизації процесів у рослинництві.
4. Визначення природних запасів палива придатного для двигунів.
5. Соціальні та економічні аспекти аграрного сектора.

Ідея мостового землеробства з'явилась у часи загальної індустріалізації, як засіб наближення сільськогосподарського виробництва до виробництва промислового. Стрімко увійшло в наше життя поняття “система точного землеробства”, “автоматизовані технології”, GPS – технології.

Автоматизовані технології точного землеробства дозволяють точно визначити необхідну кількість технологічних матеріалів, дозувати їх при внесенні, вносити технологічні матеріали в конкретно визначену точку поля, виконувати технологічні операції в певно визначені терміни.

Точне землеробство є одним з етапів розвитку сільськогосподарського виробництва, оптимального використання сучасних комп'ютерних технологій, сільськогосподарської техніки та технічних матеріалів, і впливає як на рівень, так і на культуру ведення сільського господарства. Однак виробничим процесом керують люди, які ухвалюють рішення, а системи

управління процесами - це лише інструменти для розроблення альтернатив, що дають змогу швидко, зручно та надійно ухвалювати відповідні рішення.

Агротехнічні ідеї мостового землеробства майже 150 років, їй без сумніву належить майбутнє. Суть її полягає в переміщенні енергетичного засобу з набором сільськогосподарських знарядь по постійній транспортній колії при обробітці різних культур. Реальне втілення цієї ідеї сільськогосподарське виробництво почалось лише в середині 80-х років минулого століття.

При цьому визначились дві відверто виражені тенденції застосування мостових агрегатів для механізації й автоматизації робіт: за кордоном – в закритому (в захищеному ґрунті), Радянському Союзі в відкритому. Однак якщо при їх впровадженні для закритого ґрунту ніяких проблем не існує, то для відкритого, з огляду на не обмеження габаритів виникали деякі проблеми.

Початкова передумова виникнення автоматизованого мостового агротехнічного комплексу (далі АМАК), полягала в наступному: якщо земля, як основний предмет праці у зв'язку з відомими об'єктивними причинами не може прийти в цехи заводів, тоді самі заводи зі своїми цехами повинні прийти до землі.

Підвищення родючості ґрунту – суттєве джерело підвищення виробництва продукції землеробства. Чисельні дослідження доводять шкідливість впливу ходових систем на ґрунт, викликаючи, як наслідок, зниження її родючості.

На даний момент самим перспективним проектом виключаючим шкідливий вплив ходових систем на ґрунт, й отримання стабільних, гарантовано високих врожаїв – є мостове землеробство.

АМАК – система також має безліч переваг: може використовуватись для масового гарантованого (із зрошенням) виробництва рослинницької продукції – зерна, овочів, фруктів, кормових і технічних культур в будь-якій системі сівозмін, включаючи систему складних багатовидових спільнот рослин. Вона може працювати практично в любых режимах.

Основним же недоліком (а можливо це і перевага) є те, що найбільшої ефективності система досягає на угіддях рівнинного типу площею в 50... 300 тис. га на одну систему при річному гарантованому виробництві рослинницької продукції сумарною масою 0,5... 30 млн. т

Тому підвищення якості роботи знарядь з малоенергоємними ротаційними робочими органами є актуальною проблемою.

Мета роботи - підвищення якості роботи ротаційних робочих органів.

Для досягнення поставленої мети в роботі ставляться наступні **завдання досліджень**:

1. Розробити математичну модель процесу бороздоутворення різальним ножом ротаційного робочого органу.
2. Обґрунтувати параметри ротаційних робочих органів.
3. Визначити агротехнічні показники макетного зразка знаряддя.
4. Оцінити техніко-економічну ефективність застосування знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів.

Об'єкт досліджень - технологічний процес взаємодії з ґрунтом ротаційного робочого органу з активним приводом робочих органів

Предмет дослідження - закономірності зміни параметрів борозни і якісних показників ротаційного робочого органу для поверхневої обробки ґрунту залежно від його конструктивних і кінематичних параметрів.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження виконувалися на основі положень землеробської механіки, теоретичної механіки і аналітичної геометрії. Достовірність теоретичних досліджень підтверджена результатами експериментальних досліджень.

Експериментальні дослідження виконані в лабораторних і польових умовах. Лабораторні дослідження проводилися з фізичною моделлю різального ножа ротаційного робочого органу в ґрунтовому каналі. Виробнича перевірка проведена з макетним зразком знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів.

Наукова новизна досліджень:

- теоретичними дослідженнями встановлено, а експериментом підтверджено, що ножі ротаційного робочого органу утворюють борозну, у вигляді жолоба, поперечний переріз якого має форму еліпса. Проекція борозни на горизонтальну площину являє собою паралелограм;
- отримані залежності кутів нахилу напрямку дна борозни і початкової її межі до напрямку руху від кута атаки і кінематичного параметра;
- встановлені залежності ширини і довжини борозни від кута атаки і кінематичного параметра;
- отримані залежності кута нахилу різальних ножів ротаційного робочого органу до осі обертання від кінематичного параметра і кута атаки;
- визначені залежності кількості різальних ножів на одному робочому органі батареї від кута атаки, кінематичного параметра ротаційного робочого органу і коефіцієнта, що характеризує висоту ґрунтового «гребня» на дні борозни;
- розроблений ротаційний робочий орган з активним приводом, що забезпечує якісне виконання поверхневої обробки ґрунту по глибині;
- визначена техніко-економічна ефективність застосування знаряддя для поверхневої обробки ґрунту з активним приводом ротаційних робочих органів, різальні леза яких виконані по еліптичній лінії.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз існуючих технологій поверхневого обробітку ґрунту

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур виникли шляхом заміни гужової тягової сили трактором і передбачають рух МТА або самохідних машин (СМ) по оброблюваному ґрунту, на якому вирощуються культурні рослини, що і створює ряд нерозв'язаних проблем.

Для більшості культур, які вирощуються в господарстві оптимальна щільність складає $1,1 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$. У колії трактора щільність ґрунту підвищується на $0,1 \dots 0,4 \text{ г/см}^3$.

При використанні традиційних тракторно комбайнових технологій у процесах підготовки ґрунту, посіву, догляду за рослинами і збиранні врожаю, машини виходять від 5 до 15 разів на рік. Нерідко сумарна площа слідів рушіїв машин перевищувала площу польової ділянки в $1,1 \dots 2$ рази, тільки на 10 – 15% площі поля не впливають рушії.

Глибина ущільнення ґрунту складає 30 – 60 см. При культивуванні опір обробці ґрунту по сліду гусеничного трактора зростає на 25%, по сліду колісного трактора на 40%, по сліду навантаженого автомобіля на 60%.

За даними ВІМ у результаті попереднього ущільнення рушіями гусеничних, важких колісних тракторів і транспортних агрегатів опір оранці зростає на 16 – 25%, 44 – 66% і 72 – 92% відповідно.

Для зменшення негативного впливу на ґрунт останнім часом крім інтенсивних технологій знаходять застосування ґрунтозахисні та мінеральні технології вирощування культурних рослин, знизити навантаження на ґрунт можна організаційними заходами та обмеженням на застосування важкої техніки.

Для зменшення шкідливого впливу на ґрунт доцільно застосування постійної колії, та маршруту для руху МТА або СМ, коли впливу рушіїв піддається тільки спеціально відведена частина площі поля.

Ефективність землекористання при наявності технологічної колії підвищується зі збільшенням ширини захвату. Створення спеціальних широкозахватних машин для роботи з постійною колією приводить до мостового землеробства.

Застосування мостового землеробства повністю виключає ущільнення та руйнування ґрунту ходовими системами машин, що забезпечує родючості ґрунтів і гарантує підвищення врожайності вирощуваних культур на 15 – 20%.

Повсюдне і щорічне використання поличкового обробітку ґрунту призвело до глибокого порушення природної рівноваги, різкому зниженню родючості, до деградації ґрунту [1].

На використання сільськогосподарських робіт сільське господарство України щорічно потребує близько 8 млн. тон палива. З 1970 по 1990 роки витрати умовного палива в Україні збільшилися на 1 га. оранки з 416 до 677 кг [2].

В сучасному землеробстві застосовуються ґрунтообробні знаряддя з пасивними робочими органами, які одержали переважання розповсюдження в силу їх простоти і надійності.

Основний недолік пасивних робочих органів – передача енергії для розпушування ґрунту за рахунок тягового зусилля. Така схема роботи різноманітних розпушувачів склалася історично: сила тварин, які використовувалися для приведення в дію робочих органів, не дозволяла створювати активні робочі органи. Сучасна тракторна технологія походить від тяглової і принципово відрізняється від неї тільки використанням потужного трактора на відміну від слабосильної тварини.

Простота будови пасивних розпушувачів створює проблеми в застосуванні їх як енергетичного засобу: для реалізації великих потужностей потребується велика вага трактора, що негативно впливає на ґрунт, так і на енергетичний ККД. Достатньо сказати, що у сучасного ґрунтообробного агрегату до 35% потужності витрачається на самопересування і буксування рушіїв, тобто на руйнування ґрунту.

Передача всієї енергії двигуна через ведучі колеса трактора найбільш недосконалий спосіб, при ньому вся споживаєма потужність передається через колеса, за рахунок чого, буксування і втрати потужності різко зростають. Найбільш бажаний такий спосіб передачі енергії, при якому робочі органи створюють рушійну силу, тим самим дають можливість зменшити вагу трактора і збільшити його енергонасиченість [3].

Вибір технічних засобів обробітку ґранту повинен проводитись з урахуванням багатьох факторів, таких як вологість ґрунту, фізико-механічні показники ґрунту, взаємодія робочих органів з ґрунтом та ін.

Впровадження нових знарядь і робочих органів має порівнюватися з аналогічними продуктами за якістю обробітку ґрунту, врожайністю та енергоспоживанням [4].

В число задач, які необхідно вирішувати для покращення розвитку сільського господарства входять: значне зниження затрат праці, зберігання і збільшення родючості ґрунту, максимальний захист навколишнього середовища від забруднень хімікатами та відходами тваринництва, скорочення втрат сільськогосподарської продукції.

Збільшення продуктивності МТА традиційних типів тільки в результаті збільшення робочих швидкостей та ширини захвату практично вичерпані, так як за межами встановлених значень порушується якість виконання технологічних процесів обробітку ґранту, переуцільнюється ґрунт із збільшенням ваги машин, труднощі копіювання рельєфу ґрунту та ін. У зв'язку із збільшенням потужності і ваги сільськогосподарських агрегатів виникло серйозне протиріччя між агротехнікою необхідного інтенсивного механічного обробітку і негативного її впливу на родючість ґрунту.

1.2 Аналіз машин та робочих органів для поверхневого обробітку ґрунту

Застосування активних робочих органів для обробітку міжрядь просапних культур на твердих (підзолистих суглинистих) ґрунтах значно покращує питомі показники машинно-тракторного агрегату: при менших

енерговитратах покращується якість обробітку ґрунту, збільшується тяговий коефіцієнт корисної дії (ККД), на одиницю ширини захвату приходить менша сумарна вага машини. При обумовленому конструктивному виконанні активні робочі органи можуть за рахунок підведеної енергії самі створювати зусилля, необхідне для їх переміщення в напрямку руху агрегату. В цьому випадку значно зменшуються функції машини на тяговий засіб, він стає чисто енергетичним пристроєм з функціями керування [4].

Економічний ефект досягається за рахунок зниження ваги, яка приходить на одиницю ширини захвату, зменшенням енерговитрат при збереженні або покращенні якості розпушування ґрунту, мінімізації впливу на ґрунт.

Для зменшення впливу машинно-тракторного агрегату на щільність ґрунту, яка впливає на врожайність вирощуваних сільськогосподарських культур найбільш перспективним є їх заміна технічними засобами мостового типу. Оснащення таких засобів сільськогосподарськими машинами з активними робочими органами дозволяє отримати високопродуктивні широкозахватні агрегати з мінімальною матеріалоємністю та енерговитратами.

Для виконання різних сільськогосподарських робіт такими агрегатами необхідно застосовувати спеціальні знаряддя, які б (на відміну від існуючих) мали малий опір на пересування, або ж самі були рушіями для пересування робочого модуля агро моста.

Кроком до мостової системи землеробства слід вважати створення та промислове випробовування так званої технології вирощування овочів, у якій знайшли застосування деякі важливі принципи, властиві агро мостовим машинам та технологіям.

За задумом авторів основним недоліком застосування МТА є неточність позиціонування робочих органів машин відносно рами, що приводить до збільшення охоронних зон, збільшення частки ручної праці, неможливості раціонального витрачання хімічних препаратів та води для зрошення.

У даній технології за рахунок підвищення точності координації робочих органів і зменшення охоронних зон: зведена до мінімуму частка ручної праці у боротьбі з бур'янами, застосовано зонний обробіток ґрунту.

Особливістю цієї технології є застосування одно стрічкового широкорядного розташування рослин у рядках, що дозволяє обробляти міжряддя машинним способом на всіх стадіях вегетації рослин. Для зменшення ширини охоронних зон у цій технології застосовують водіння агрегату по направляючим щілинам у ґрунті та спеціальні робочі органи.

Для нарізування направляючих щілин глибиною 30 – 35 см використовують спеціальні робочі органи щілювальники-напрямлячі.

Для здійснення ефективного міжрядного обробітку ґрунту створені спеціальні робочі органи, які у сукупності з направляючими щілинами дозволяють працювати на підвищених швидкостях з величиною охоронної зони всього 3 – 5 см.

За рахунок підвищення ходу робочих органів і зонного обробітку індустриальна технологія забезпечує зниження витрат ручної праці на виробництво 1т. продукції приблизно в 1,4 рази, собівартість у 1,3 рази, зменшення витрати гербіцидів на 90%, підвищення врожайності на 20 – 25%.

Недоліком технології є покладення в її основу застосування направляючих щілин для фіксації траєкторії руху робочих органів. Процес нарізування щілин та підтримання їх в постійному порядку енергоємний. Сівалки культиватори нерозраховані на такий тяговий опір, що приводить до поломки рам.

Для агрегування робочого модуля агро моста для міжрядного обробітку просапних культур можуть бути застосовані активні робочі органи фрезерного культиватора КФ – 5,4. Конструкція культиватора не дає можливості агрегування його з робочим модулем агро моста без переобладнання. Для цього необхідно демонтувати пристрій для агрегування культиватора з трактором і на його місце змонтувати пристрій, що дає можливість агрегування робочих органів культиватора з робочим модулем агро моста (див. рис. 2). Глибину обробітку ґрунту можна

регулювати гвинтовими механізмами опорних коліс або начіпним пристроєм робочого модуля агро моста. Культиватор для агро моста складається із лівих і правих робочих секцій, опорних коліс, рами і механізму передач.

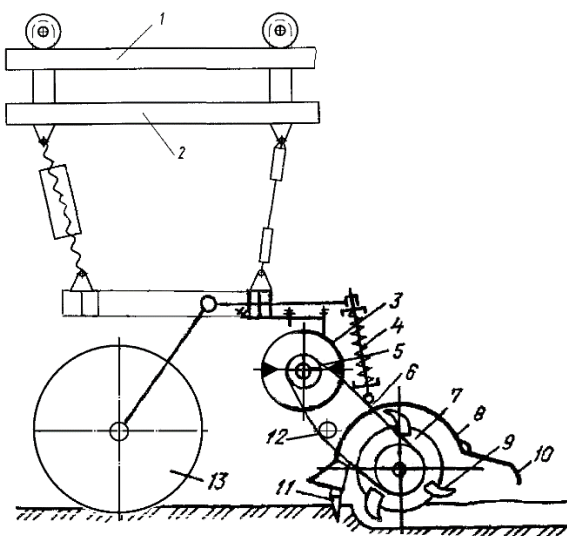


Рис. 1.1 Загальний вигляд культиватора для міжрядного обробітку ґрунту агро мостовою машиною.

1 – ферма агро моста, 2 – рухома каретка з начіпним пристроєм, 3 – гідромотор, 4 – штанга з пружиною, 5 – шестерня, 6 – ланцюгова передача, 7 – барабан, 8 – кожух захисний, 9 – робочі органи, 10 – фартух, 11 – пасивний ніж, 12 – ролик натяжний, 13 – опорне колесо

Секційний корпус обертально з'єднаний із трансмісійним валом і підвішений до рами за допомогою штанги з пружинами 4. Барабан складається з двох дисків 7, на яких закріплений робочий орган. Барабан закритий кожухом 8. Кожух 8 забезпечений фартухом. Під час руху агромоста робочі органи приводяться в рух приводним двигуном і зрізають та відкидають шматки ґрунту. Ґрунт, що потрапляє на кожух 8, розбивається і падає між гребенями. Фартух 10 вирівнює ґрунт. Пасивний ніж 11 розпушує ґрунт під корпусом гребеня і знижує тяговий опір. Культиватор приєднується до агромосту за допомогою зчіпки, прикріпленої до рухомого візка 2, що переміщується вздовж ферми агромосту 1.

Робочими органами такого культиватора являються (як правило) Г-подібні ножі, закріплені на барабанах. Позитивними якостями таких робочих органів є якісне подрібнення ґрунту (чого неможливо добитися за допомогою стандартних лап культиватора), самозаточування і самоочищення в період роботи.

Для запобігання робочих органів від поломок установлюють запобіжні муфти: одну на кожну секцію. При необхідності, на барабани можна установлювати робочі органи з прямими ножами або голчастими ножами для розпушування міжрядь при умові відсутності бур'янів в міжряддях вирощуємих просапних культурах.

Для операцій технологічного процесу поверхневої обробки ґрунту(передпосівний і обробки пари) застосовуються машини і знаряддя, оснащені пасивними робочими органами, що здійснюють прямолінійну поступальну ходу і ротаційними робочими органами, що здійснюють одночасно поступальну і обертальну ходу, рисунок 1.2.

Передпосівна обробка ґрунту для боротьби з бур'янами здійснюється більшою мірою знаряддями, оснащеними стрілочастими робочими органами [3, с. 15]. Проте, враховуючи розташування коренів бур'янів в ґрунті, необхідною глибиною обробки ґрунту має бути обробка на глибину 3- 5 см, тоді як знаряддя із стрілочастими робочими органами працюють на глибину 8-10 см.

Втім, стрілочасті робочі органи добре справляються із завданням створення вирівняного, ущільненого дна борозни. Їх леза лежать в одній площині, і поступальна хода забезпечує отримання рівного дна борозни. Проте, в перспективі залишаються питання, пов'язані з підвищенням якості існуючих агротехнічних прийомів.

Передпосівна обробка ґрунту один з головних і найбільш ефективних агротехнічних прийомів у боротьбі із смітною рослинністю.

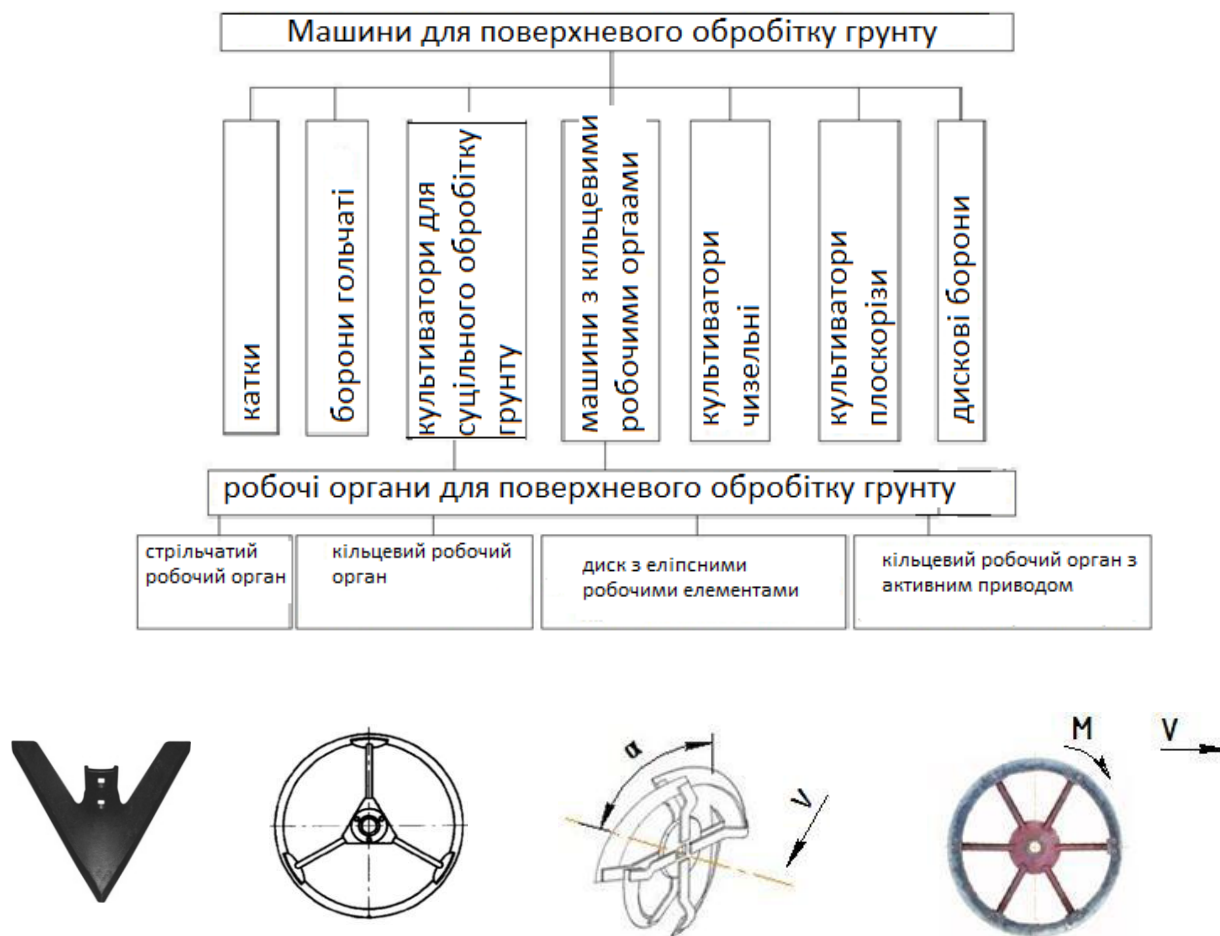


Рис. 1.2 - Класифікація машин і знарядь для поверхневого обробітку ґрунту

З вищесказаного для результативної боротьби з бур'янами (на глибину 3-5 см) необхідно проводити передпосівну обробку на задану глибину, тоді як знаряддя із стрічастими робочими органами здатні стійко працювати лише на глибині не менше 8-10 см з причини відсутності протитиску. До того ж стрічасті робочі органи лише підрізують бур'яни, залишаючи корені в шарі ґрунту, при усьому цьому приживаність бур'янів складає близько 10 - 12% . На додаток, міцність кожного кореневидного міжвузля з діаметром 0,35 - 1,0 мм у кількості 260-330 штук/м² для ярової пшениці складає до 26 кН [7]. За таких умов стрічасті робочі органи не здатні перерізувати корені бур'янів, що призводить до обволікання робочого органу. Зважаючи на вказаний недолік стрічасті робочі органи не забезпечують належну якість обробки ґрунту і не здатні знищити корені бур'янів на невеликій глибині (3- 5см).

Також метою передпосівної обробки ґрунту є створення щільного ложа насіння, яке потрібне для їх сприятливого зростання.

В умовах нормальної вологості при роботі стрілчастих робочих органів як згадувалося раніше, відсутній протитиск з боку ґрунту, необхідне для різання і ковзання коренів бур'янів по лезу робочого органу. Щоб створити необхідне протитиск робочі органи заглиблюють на глибину 8-10 см [4]. Це супроводжується зайвим випаром продуктивної ґрунтової вологи, зростанням тягового опору, а також зниженням продуктивності агрегату і як наслідок всього - різке збільшення витрат. В цьому випадку стрілчасті робочі органи працюють стабільно.

Безумовно, збільшення глибини передпосівної обробки призводить не лише до втрат продуктивної вологи, але і до необхідності сіяти в рихлий ґрунт.

В умовах підвищеної вологості ґрунту, стрілчасті робочі органи схильні до залипання ґрунтом, а також обволіканню рослинними залишками, зростання тягового опору. Внаслідок цього трактори працюють з великим буксуванням, оскільки ґрунт у весняний період знаходиться у вологому стані і має погані зчіпні якості. Тяговий ККД трактори знаходиться в межах 0,5-0,6 [5]. Через це майже половина палива викидається в атмосферу, не виконуючи корисну роботу. Відбувається утворення великих грудок ґрунту і утворюється гребеняста поверхня поля, що призводить до інтенсивного випару продуктивної вологи і як наслідок зниження урожаю [3].

Зважаючи на вищеназвані причини застосування ґрунтообробних знарядь і машин із стрілчастими робочими органами не забезпечує створення оптимальної структури ґрунту, призводить до інтенсивного випаровування вологи, а також не забезпечує повне знищення смітної рослинності.

Знаряддя, оснащені дисковими робочими органами, зокрема лушпильники, мають ряд переваг по відношенню до знарядь, оснащених стрілчастими робочими органами. Вони інтенсивніше впливають на верхній шар ґрунту, що забезпечує повне знищення бур'янів [8]. Проте основним недоліком лушпильника вважається оборот ґрунту, що призводить до

випаровування ґрунтової вологи (висушуванню ґрунту), при цьому він закладає до 50-60% стерні всього за один прохід знаряддя [7].

Голчасті робочі органи не забезпечують повного знищення смітної рослинності і не забезпечують повної обробки ґрунту.

Ґрунтообробні знаряддя, обладнані кільцевими робочими органами, що обертаються від взаємодії з ґрунтом, позбавлені вказаних недоліків.

Кільцеві робочі органи випускаються з круглим, еліпсоподібним і конусоподібним перерізом робочих органів.

На робочій поверхні кільцевих робочих органів з пасивним приводом відсутнє ковзання ґрунту, що призводить до формування ґрунтових утворень, рис. 1.3 [1]. Це призводить до погіршення якості обробки ґрунту і підвищення тягового опору.



а)



б)

Рис. 1.3 - Формування ґрунтового утворення на поверхні кільцевого робочого органу

а - загальний вигляд робочого органу з ґрунтовим утворенням; б - поперечний переріз ґрунтового утворення.

Ще одним недоліком кільцевих робочих органів вважається погана заглиблююча здатність, переважно на ущільнених ґрунтах.

Втім, на поверхні цього робочого органу відбувається формування ґрунтового утворення, що призводить до підвищення енергоємності процесу обробки ґрунту, і як наслідок підвищенню тягового опору, а також погіршенню якості обробки ґрунту [12].

Запобігти формуванню ґрунтових утворень можна двома способами: нахилом робочої поверхні до осі обертання і активним приводом робочого органу.

1.3 Мета роботи і завдання дослідження

Відповідно до проведеного аналізу можна зробити висновок про те, що на території південно-східної України близько 55-60% полів засмічені. У тому числі зважаючи на схильність ґрунтів вітрової ерозії і дефіциту вологи на полях, щорічно втрати урожаю складають 20-25%. Підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту, боротьба із смітною рослинністю, забезпечення вирівнювання дна борозни для отримання хорошого урожаю є актуальною проблемою.

В той же час склалася *проблемна ситуація* - існуючі стрілчасті, дискові робочі органи не повною мірою відповідають агротехнічним вимогам для поверхневого обробітку ґрунту. Стрілчасті робочі органи схильні до залипання ґрунтом і обволіканню рослинними залишками, внаслідок чого відбувається утворення грудок на поверхні ґрунту і утворюється гребеняста поверхня поля, що призводить до інтенсивного випару вологи, що, зрештою, призводить до зниження урожаю. У дискових робочих органів недоліком є оборот пласта, що призводить до випаровування продуктивної вологи і формування ґрунтових утворень на їх поверхні. Вказане явище призводить до погіршення агротехнічних показників і збільшення тягового опору. Трактор з цими знаряддями працює в тяговому режимі із великим буксуванням. Низький ККД (0,5-0,6) трактора приводить до перевитрати палива. Таким чином, необхідно підвищити якість поверхневої обробки на глибину до 8 см з дотриманням агротехнічних вимог.

Висота гребня є одним з агротехнічних критеріїв вибору конструктивних параметрів ротаційних робочих органів, як з пасивним обертанням, так і з активним приводом.

Проведений аналіз конструкцій знарядь і їх робочих органів для поверхневої обробки ґрунту показав, що найбільш перспективним робочими органами можна вважати ротаційний робочий орган з різальними лезами, виконаними по еліптичній лінії, що має активний привід.

Висновки:

1. Поверхнева обробка ґрунту вважається одним з основних методів боротьби з бур'янами, а також підготовки ґрунту під посів в ґрунтозахисній технології і технології з мінімальною обробкою ґрунту. Вона екологічно безпечніше і менш витратна порівняно з хімічною прополкою, вживаною при технології з нульовою обробкою ґрунту.

2. Якість передпосівної обробки ґрунту - один з основних чинників, що впливають на отримання дружних сходів насіння і високого урожаю. Вживані машини і знаряддя для поверхневої обробки ґрунту не повною мірою здатні забезпечити максимальне збереження продуктивної вологи в ґрунті, а також очистити поле від смітної рослинності. Підвищення якості роботи малоенергоємних ротаційних робочих органів є актуальною проблемою.

3. Застосування на поверхневій обробці знарядь із стрілчастими робітниками органами не дозволяє забезпечити оптимальну ґрунтову структуру для збереження і накопичення вологи, знищення смітної рослинності при максимальному збереженні стерні і пожнивних залишків на поверхні поля. Дискові робочі органи пасивного приводу також не повною мірою забезпечують виконання агротехнічних вимог на операціях поверхневої обробки ґрунту.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ

2.1. Обґрунтування параметрів активних робочих органів

Застосовуємі в сучасному землеробстві ґрунтообробні знаряддя з пасивними робочими органами отримали переважające розповсюдження за рахунок їх простоти і надійності.

Основний недолік пасивних робочих органів є передача енергії для розпушування ґрунту за рахунок тяглового зусилля. Сучасна тракторна технологія походить від тягової технології і відрізняється від неї тільки використанням потужного трактора на відміну від слабосильної тварини.

Застосування пасивних робочих органів створює проблеми при обробітці ґрунту. Достатньо сказати, що у сучасного ґрунтообробного агрегату в залежності від стану ґрунту до 35% потужності витрачається на самопересування і буксування рушіїв, тобто на руйнування ґранту.

Найбільш бажаний такий спосіб передачі енергії, при якому робочі органи самі створюють рушійну силу, тим самим дають можливість зменшити вагу трактора і збільшити його енергонасиченість[3].

Застосування активних робочих органів для обробітці міжрядь просапних культур на твердих (підзолистих суглинистих) ґрунтах значно покращує питомі показники машинно-тракторного агрегату: при менших енергозатратах покращується якість обробітці ґрунту, збільшується тяговий коефіцієнт корисної дії (ККД), на одиницю ширини захвату приходитьсЯ менша сумарна вага машини. При обумовленому конструктивному виконанні активні робочі органи можуть за рахунок підведеної енергії самі створювати зусилля, необхідне для їх переміщення в напрямку руху агрегату. В цьому випадку значно зменшуютьсЯ функції машини на тяговий засіб, він стає чисто енергетичним пристроєм з функціями керування [4].

Економічний ефект досягається за рахунок зниження ваги, яка приходить на одиницю ширини захвату, зменшенням енергозатрат при збереженні або покращенні якості розпушування ґрунту, мінімізації впливу на ґрунт.

Для зменшення впливу машинно-тракторного агрегату на щільність ґрунту, яка впливає на врожайність вирощуємих сільськогосподарських культур найбільш перспективним є їх заміна технічними засобами мостового типу. Оснащення таких засобів сільськогосподарськими машинами з активними робочими органами дозволяє отримати високопродуктивні широкозахватні агрегати з мінімальною матеріалоємністю та енергозатратами.

Для виконання різних сільськогосподарських робіт такими агрегатами необхідно застосовувати спеціальні знаряддя, які б (на відміну від існуючих) мали малий опір на пересування, або ж самі були рушіями для пересування робочого модуля агро моста.

Застосування активних робочих органів на підзолистих суглинистих ґрунтах дає позитивні результати за рахунок збільшення повітроємності оброблюваного шару, а також створення більш сприятливих умов для розвитку мікроорганізмів.

В залежності від напрямку обертання барабана відрізняють робочі органи працюючі "зверху вниз" або навпаки "знизу вверх". При цьому енергоємність способом "зверху вниз" на 10...15% менша ніж при роботі "знизу вверх" [1]. Але при обертанні робочих органів "знизу вверх" навантаження на валу барабана більш рівномірне, так як зрізання стружки ґрунту починається з нульової товщини і доходить до максимальної, рівної величині подачі. Досліди по різанню ґрунту суцільною ріжучою кромкою виконані професором А.М.Зелениним. В результаті цих дослідів встановлено, що застосування закругленої в плані ріжучої кромки робочого органу знижує зусилля різання і питомий опір різанню в порівнянні з прямолінійною ріжучою кромкою на 10...15% в залежності від площі поперечного перерізу стружки. Щоб зменшити ступінь наростання зусилля по мірі заглиблення робочих органів, необхідно, щоб довжина ріжучої кромки

зростала не різко, а плавно. Такій умові в деякій мірі може задовольняти ріжуча кромка трикутної або напівкруглої форми, які забезпечують мінімальне зростання зусилля.

Товщина стружки залежить від співвідношення між окружною і поступальною швидкостями. Чим більше відношення цих швидкостей, тим меншою буде товщина стружки.

Маса ґрунту, що поступає на робочий орган залежить від розмірів відрізаємого елемента, що характеризується висотою рівною глибині обробітку, довжиною рівною подачі і шириною рівною ширині робочого органу.

Порівняльні випробування активних робочих органів і пасивних стрічатих лап показали, що перші значно менше зміщують ґрунт в вертикальній площині. Винос нижніх шарів ґрунту в верхні здійснюється головним чином стойкою, а не робочим органом. Активно діючий робочий орган забезпечує також менше зміщення ґрунту на боки і в напрямку руху агрегату завдяки тому, що основний потік частинок ґрунту у нього рухається обминаючи стойку. У пасивної культиваторної лапи на стойці концентрується значна частина пласта ґрунту по ширині захвату [3].

В процесі роботи активні робочі органи здійснюють складний рух. Вони переміщуються в площині паралельно поверхні ґрунту із швидкістю V_n , рівній швидкості поступального руху машини і обертаються із кутовою швидкістю ω .

Для аналізу траєкторії руху ріжучої кромки робочого органу приймаємо систему координат XOY (рис. 1). Вісь OX направимо паралельно поверхні поля, а вісь OY перпендикулярно поверхні поля. Початок розрахунку приймемо, коли ріжуча кромка знаходиться на осі OY .

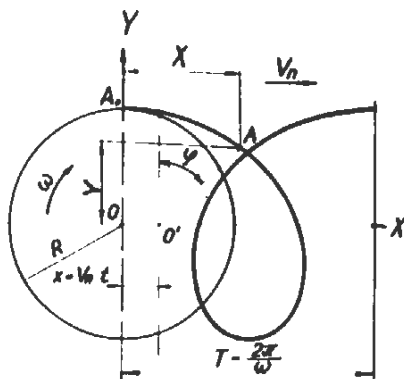


Рис. 2.1 Траєкторія руху
ріжучої кромки робочого органу.

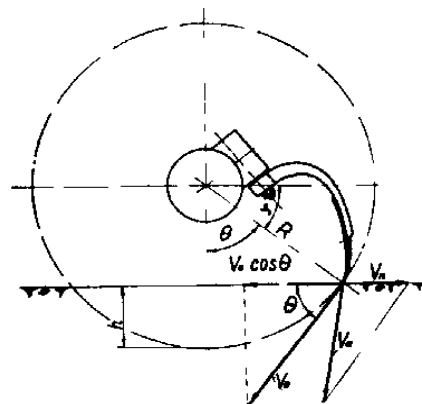


Рис. 2.2 Напрямки швидкостей при
різанні ґрунту ріжучою кромкою
робочого органу.

Робочий орган, обертаючись рівномірно з кутовою швидкістю ω за час t повернеться на кут $\varphi = \omega \cdot t$ і займе положення в точці А. За цей час машина рухаючись із швидкістю V_n , пройде відстань OO_1 .

При цьому координати точки А будуть:

$$X = OO_1 + AO_1 \cdot \sin \varphi$$

$$Y = AO_1 \cdot \cos \varphi$$

Враховуючи, що $OO_1 = V_n \cdot t$; $AO_1 = R$; $\varphi = \omega \cdot t$ вираз (1) перетворимо до виду:

$$X = V_n \cdot t + R \cdot \sin \omega \cdot t$$

$$Y = R \cdot \cos \omega \cdot t$$

Рівняння (2) характеризує траєкторію точки розміщеної на лезі робочого органу.

Відрізання шару ґрунту при цьому можливе при умові, коли горизонтальна складова кутової швидкості V_o більша швидкості поступального руху V_n (рис. 2).

$$V_o \cdot \cos \theta > V_n \quad (3)$$

де: θ - кут між віссю ОУ і радіусом проведеним через кромку ріжучого робочого органу і визначають за формулою:

$$\theta = \arccos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \quad (4)$$

$V_o = \omega \cdot R$ – колова швидкість робочого органу.

Глибина обробітку ґрунту, при якій ґрунт не буде зминатися задньою стороною робочого органу, залежить від конструктивних розмірів і режиму роботи робочих органів і може бути визначена із залежності:

$$h = R \cdot \left(1 - \frac{V_n}{V_o} \right) \quad (5)$$

де: R – радіус барабана,

h – глибина обробітку ґрунту.

Величину подачі на один робочий орган, що залежить від швидкості подачі і кількості робочих органів на барабані можна визначити за формулами:

$$S = \frac{V_n \cdot t}{z} = \frac{V_n \cdot 2\pi}{\omega \cdot z} \quad (6)$$

де: t - час одного оберту і дорівнює: $t = \frac{2\pi}{\omega}$

z - кількість робочих органів на барабані.

Максимальне значення товщини стружки:

$$\delta = S \cdot \sin \theta \quad (7)$$

Використовуючи формулу $\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$ після перетворень можна записати:

$$\sin \theta = \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R} \quad (8)$$

Тоді максимальне значення товщини стружки буде дорівнювати:

$$\delta = \frac{2\pi \cdot n \cdot \sqrt{2Rh - h^2}}{V_0 \cdot z} \quad (9)$$

Підставивши значення подачі знайдемо, що величина стружки залежить від величини радіуса барабана, глибини обробітку, кількості робочих органів на барабані в одній площині і швидкості поступального руху машини

Радіус барабана і кількість робочих органів на ньому характеризують габарити і металоємність машини. Мінімальне значення діаметра барабана обмежується необхідною глибиною обробітку, а максимальна кількість робочих органів – можливість їх розміщення на барабані. Величина подачі впливає на ступінь розпушування ґрунту, енергоємність процесу різання і гребнистість дна.

2.2. Огляд запропонованої конструкції активних робочих органів

Активний привід кільцевих робочих органів покращує якість обробки ґрунту. Але це відбувається при кінематичному параметрі $\eta \geq 1,4$, що призводить до збільшення енерговитрат.

Розроблений ротаційний робочий орган з активним приводом, що складається з маточини 1, спиць 2, різальних ножів 3, леза яких виконаними по еліптичній лінії, малюнок 1.5 [10]. Це забезпечується за рахунок нахилу виконавчого ножа α до осі обертання $l - l$ робочого органу.

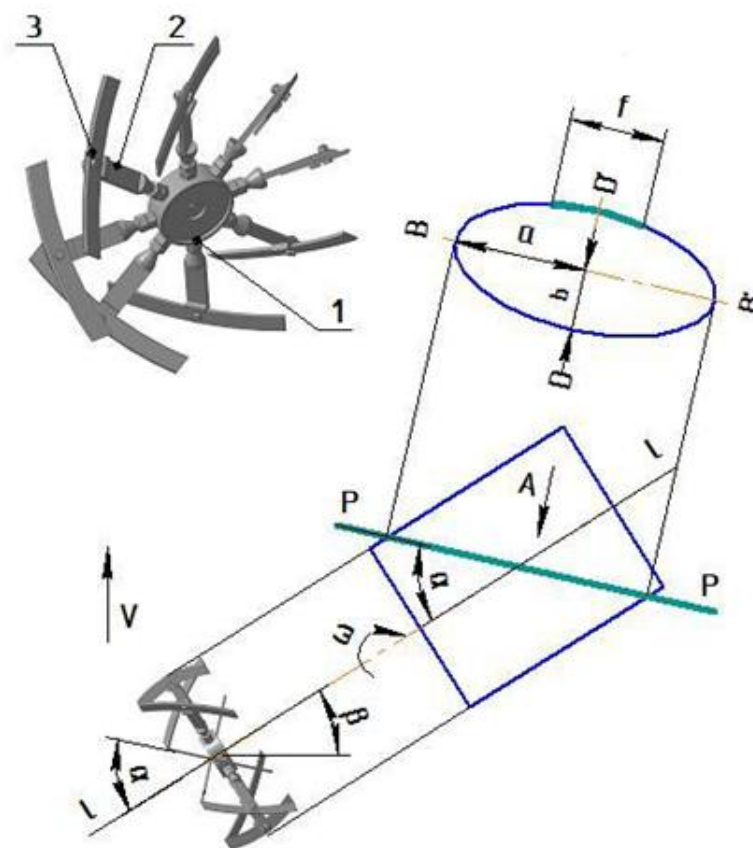


Рис. 2.3 - Ротаційний робочий орган, різальні леза якого виконані по еліптичній лінії

1 – маточина; 2 - спиця; 3 - різальний ніж.

Робочий орган функціонує без формування ґрунтових утворень на його поверхнях. До напрямку руху ротаційний робочий орган встановлений під кутом атаки β . Робочий орган має примусовий привід і обертається навколо осі $l-l$ з кутовою швидкістю ω проти годинникової стрілки, рисунок 2.3. Активний привід робочих органів дозволяє частину потужності двигуна передавати робочому органу через ВОМ, що істотно розвантажує ланку «рушії - ґрунт». За рахунок цього знижується буксування трактора.

Технологічний процес обробки ґрунту здійснюється таким чином. Ротаційні робочі органи, зібрані у батареї, рисунок 2.4, заглиблюючись в ґрунт

за рахунок обертання від ВОМ, обробляють, здійснюючи її розпушування і підрізування бур'янів [2].

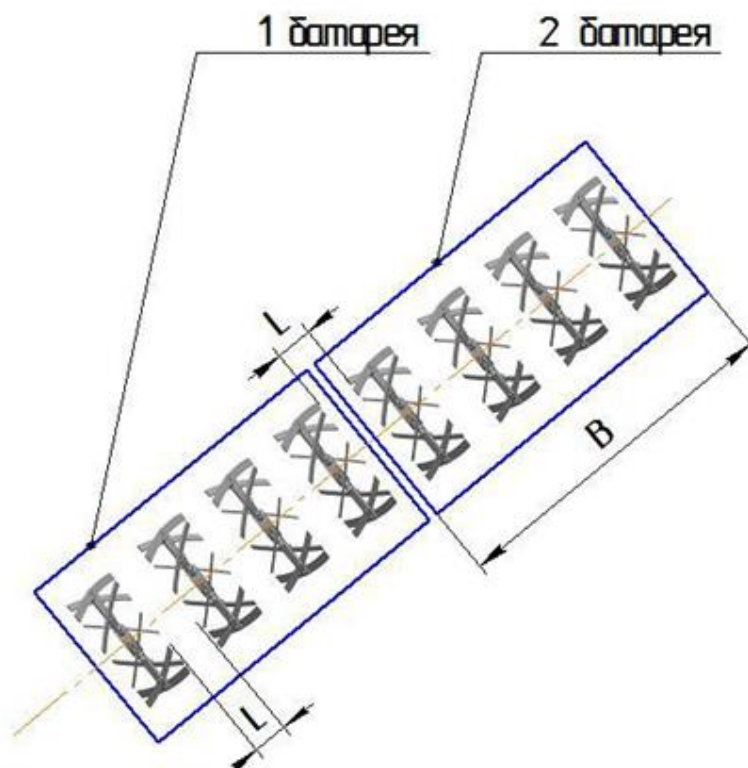


Рис. 2.4 - Батареї знаряддя з ротаційними робочими органами

Дослідженнями встановлено, що застосування таких робочих органів на операціях поверхневої обробки ґрунту дозволяє знизити витрати потужності на 14-16% в порівнянні з кільцевим робітником органом з активним приводом. Питомі витрати потужності на виконання технологічного процесу поверхневої обробки ґрунту мінімальні при кінематичному параметрі $\eta = 1,14 - 1,21$ і куті атаки 40° [18].

Довжина батареї ротаційних робочих органів за даними не має бути менший 1,6м [5].

Проте питання забезпечення якості обробки ґрунту цим робочим органом залишаються невивченими. З цієї причини вимагають обґрунтування:

- кількість різальних ножів на робочому органі;
- кут нахилу ножів до осі обертання;
- відстані між робочими органами у батареї і суміжними батареями.

Вирішення цих питань можливе на основі знань процесу борозноутворення цими робочими органами.

Висновки:

1. Запропонована конструкція активних робочих органів для міжрядного обробітку ґрунту за допомогою агрометрової машини дає можливість якісного обробітку ґрунту на твердих підзолистих суглинних ґрунтах, у порівнянні із стрілочними лапами, зменшити тягове зусилля, а також збільшити врожайність вирощуваних культур.

2. Аналіз робочих органів знарядь, які застосовуються для поверхневої обробки ґрунту, показав, що найбільш ефективними для виконання технологічного процесу поверхневої обробки ґрунту є кільцеві робочі органи. Проте на поверхні кільцевих робочих органів формується ґрунтове утворення, яке призводить до підвищення енергоємності процесу обробки ґрунту, а також до погіршення якості виконання операції.

3. Таким чином, трактори з ґрунтообробними знаряддями, робочими органами яких є стрілочні, а також ротаційні робочі органи пасивного приводу працюють в тяговому режимі і тим самим уся потужність двигуна до робочих органів передається через ланку «рушій-ґрунт». Подібний спосіб передавання енергії характеризується досить низьким ККД (не перевищує 0,5-0,6), більше того супроводжується великим буксуванням рушіїв, що у результаті веде до перевитрати палива, переущільненню ґрунту, зниженню його родючості,

зниженню якості виконуваного технологічного процесу поверхневої обробки ґрунту.

4. Нині перспективним напрямом розвитку ґрунтообробної техніки для підвищення якості поверхневої обробки ґрунту є застосування знарядь, оснащених ротаційними робочими органами з активним приводом. Проте залишається маловивченим процес взаємодії подібних робочих органів з ґрантом.

5. Питання, пов'язані з підвищенням якості поверхневої обробки ґрунту, пропонується вирішувати на основі дослідження борозноутворення ротаційних робочих органів з активним приводом і різальними лезами, виконаними по еліптичній лінії.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика теоретичних досліджень

Теоретичні дослідження, що описують технологічний процес борозноутворення різального ножа ротаційного робочого органу ґрунтувалися на відомих положеннях землеробської механіки, теоретичної механіки і аналітичної геометрії [4].

Спочатку була розглянута кінематика руху ротаційного робочого органу, різальні леза якого мають форму частини еліпса, розглянуті траєкторії руху початковою і кінцевою точок різального ножа робочого органу. Отримана система рівнянь, що характеризує координати утворюваної борозни. Потім було встановлено, що кожен різальний ніж ротаційного робочого органу формує борозну, яка в поперечному перерізі має форму частини еліпса, а в горизонтальній площині борозни представляють паралелограм. Виведені залежності, що дозволяють вибрати параметри ротаційного робочого органу для забезпечення агротехнічно допустимої висоти гребня. При дослідженні впливу параметрів ротаційного робочого органу на якість технологічного процесу перевага була віддана методу теоретичного дослідження з експериментальним підтвердженням отриманих результатів.

3.2 Методика експериментальних досліджень

3.2.1 Мета і програма досліджень

Основна мета експериментальних досліджень - перевірка і підтвердження теоретичних досліджень технологічного процесу борозноутворення різальним ножом. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів знаряддя(кут нахилу різального ножа до осі обертання, кількість різальних ножів на робочому

органі, відстань між робочими органами у батареї і відстань між сусідніми батареями) з активним приводом ротаційних робочих органів, а також оцінка агротехнічних показників знаряддя.

В відповідності із поставленими задачами досліджень була розроблена програма експериментальних досліджень, яка включала в себе:

а) Лабораторні дослідження:

1) Розробка і виготовлення фізичної моделі різального ножа ротаційного робочого органу.

2) Виготовлення лабораторної установки.

3) Визначення параметрів борозни, що формується різальним ножем ротаційного робочого органу.

б) Польові дослідження:

1) Розробка і виготовлення ротаційного робочого органу з активним приводом.

2) Виготовлення макетного зразка знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів.

3) Виробнича перевірка з метою обґрунтування конструкції, а також визначення агротехнічних показників знаряддя.

3.2.2 Фізична модель різального ножа ротаційного робочого органу

Встановлено, що фізична модель - система, яка подібна до оригіналу об'єкту, що вивчається, і має такий же процес функціонування, має подібну фізичну природу, але простішу конструкцію, що повторює природу оригіналу об'єкту, що вивчається [6].

У дослідній роботі використовувалася масштабна модель різального ножа, що є системою тієї ж фізичної природи, що і оригінал, що відрізняється від нього відповідно масштабами виготовлення. Як це моделювання прийнята теорія подібності, що має на увазі дотримання геометричної подібності оригіналу

різального ножа ротаційного робочого органу і фізичної моделі різального ножа ротаційного робочого органу і відповідних масштабів для їх параметрів. Відомо, що при проектуванні об'єктів масштабні моделі можуть використовуватися як варіант компоновальних рішень по конструкції системи і її елементів [7], у нашому випадку усього робочого органу.

Для проведення експериментальних досліджень за визначенням параметрів борозни в лабораторних умовах була виготовлена фізична модель різального ножа ротаційного робочого органу, що має форму частини еліпса, в масштабі 1:3 з різними конструктивними параметрами, рисунок 3.1 [8].

Різальний ніж ротаційного робочого органу виконаний по лінії еліпса з найменшою кривизною.

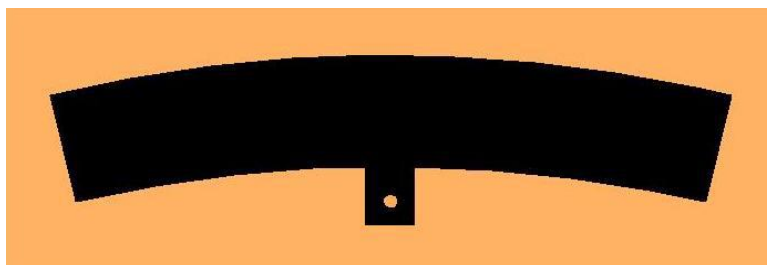


Рис. 3.1 - Загальний вигляд фізичної моделі різального ножа ротаційного робочого органу

3.2.3 Опис конструкції лабораторної установки

Для визначення параметрів борозни, що формується різальним ножом ротаційного робочого органу, була виготовлена лабораторна установка, рисунок 3.2 [4].

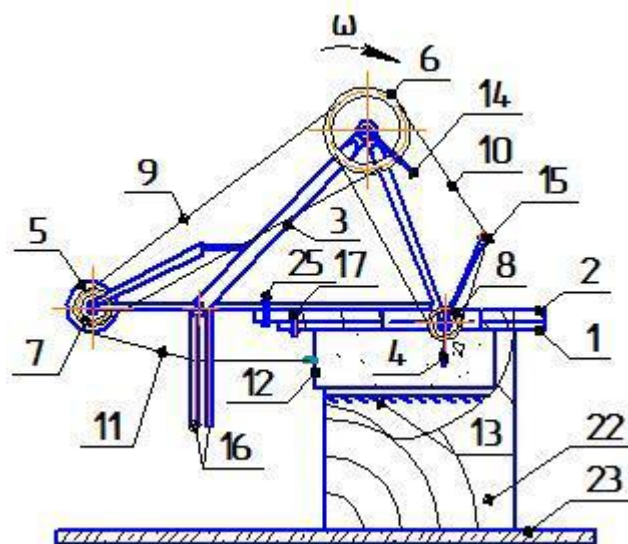
Установка є настільним ґрунтовим каналом. Вона складається з поперечної балки 1, подовжньої балки 2, рами 3 механізми приводу, фізичній моделі різального ножа ротаційного робочого органу 4, барабана 5, пари великих зірочок 6, блоків зірочок 7,8; ланцюгів 9,10, шнура (нееластичного) 11, ящика 12,

підшипників ковзання 13, руків'я для приводу механізму 14; механізму для натягнення ланцюга 15, направляючих стержнів 16, болтових з'єднань 17, 24, 25; облаштування для фіксації кута повороту ножа робочого органу 18, кутового циферблату 19, вікна 20 в поперечній балці, вікна 21 в подовжній балці, стойки 22, рисунок 3.2 [14].

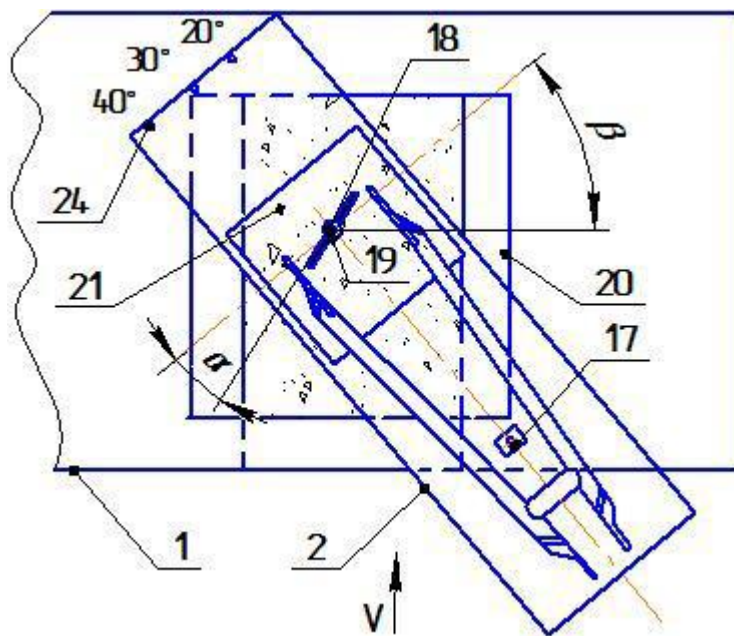


Рис. 3.2 - Загальний вигляд лабораторної установки

Конструктивна схема лабораторної установки для визначення параметрів борозни представлена на рисунку 3.3 [17].



а)



б)

Рис. 3.3 - Конструктивна схема лабораторної установки

а - вигляд збоку; б - вигляд зверху.

1 – поперечна балка; 2 - подовжня балка; 3 - рама механізму приводу; 4 – ротаційний робочий орган; 5 - барабан; 6 - пара великих зірочок; 7,8 – блок

зірочок; 9,10 - ланцюги; 11 - шнур нееластичний; 12 - ящик; 13 – підшипники ковзання; 14 - руків'я механізму приводу; 15 - механізм для натягнення ланцюга; 16 - направляючі стержні; 17, 24,25 - болтові з'єднання; 18 - облаштування для фіксації кута повороту ножа робочого органу; 19 - кутовий циферблат; 20 - вікно в поперечній балці; 21 - вікно в подовжній балці; 22 - стойка; 23 - підлога; 24 - болтові з'єднання.

Поперечна балка 1 кріпиться на стойку 22, яка спирається на підлогу 23. Подовжня балка 2 встановлена згори поперечної балки 1 і прикріплена до неї за допомогою болтового з'єднання 17. Обидві балки мають прямокутні вікна 20 і 21. При з'єднанні балок один до одного вказані вікна співпадають.

Подовжня балка має можливість кутового повороту відносно поперечної балки навколо болтового з'єднання 17. Кут повороту змінюється ступінчасто, і складає відповідно до 20, 30 і 40 . Вибрані кути повороту фіксуються болтовим з'єднанням 24. Рама 3 жорстко приєднана до подовжньої балки 2 болтовим з'єднанням 25. Ящик 12 заповнений доверху дрібнозернистим піском. Він має можливість під натягненням шнура 11 переміщатися в горизонтальній площині на підшипниках ковзання 13. Фізична модель ротаційного робочого органу 4 виконана менше оригіналу в 3 рази. Вона прикріплена до осі обертання з можливістю зміни кута нахилу до неї(α). Положення робочого органу відносно осі обертання фіксується гвинтом 18 [5].

Кут нахилу α встановлюється за допомогою кутового циферблату 19. Кут атаки β змінюється шляхом повороту подовжньої балки з рамою 3 навколо болтового з'єднання 17. Відповідне положення цієї балки фіксується болтовим з'єднанням 24 [1].

Фізична модель різального ножа ротаційного робочого органу має можливість змінювати кут нахилу відносно осі обертання. Кут нахилу різального ножа ротаційного робочого органу α по відношенню до осі обертання $l - l$ може бути як позитивним(+), так і негативним(-).

На рисунку 3.4 приведена схема регулювання кута нахилу α фізичної моделі різального ножа до осі обертання $l-l$.

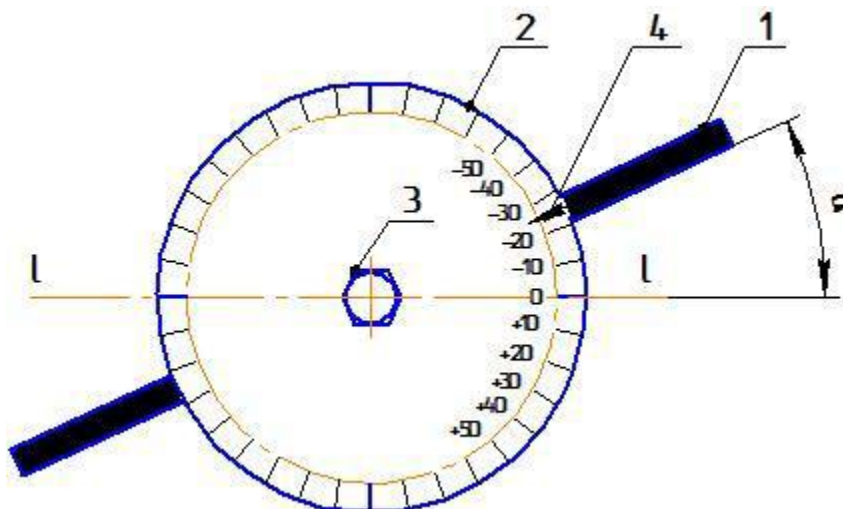


Рис. 3.4 - Схема регулювання кута нахилу α різального ножа до осі вращения(вигляд зверху)

1 – фізична модель різального ножа, 2 - кутовий циферблат, 3 - пристрій для фіксації різального ножа, 4 - стрілка для виставляння кута α .

Таким чином, за допомогою кутового циферблату 2, облаштування для фіксації різального ножа ротаційного робочого органу 3 і стрілки для установки кута 4 виставлявся потрібний кут нахилу різального ножа відносно осі обертання.

Ротаційний робочий орган встановлюється під кутом атаки β до напрямку руху, тобто площина обертання ротаційного робочого органу встановлюється під кутом до напрямку руху. Відомо, що чим більше кута атаки, тим краще заглиблення робочого органу, а також кришіння ґрунту.

На малюнку 2.5 приведена схема для регулювання кута атаки β різального ножа ротаційного робочого органу. Згідно з цією схемою робочий орган має можливість встановлюватися під кутом атаки в 20° , 30° і 40° [13].

Поступальна швидкість ящика з піском змінювалася за допомогою набору змінних зірочок 5. Окружна швидкість різального ножа ротаційного робочого органу 4 регулювалася набором змінних зірочок 15. Вказані регулювання дозволяють вибрати необхідні значення кінематичного параметра робочого органу згідно з виразом (3.1) [7].

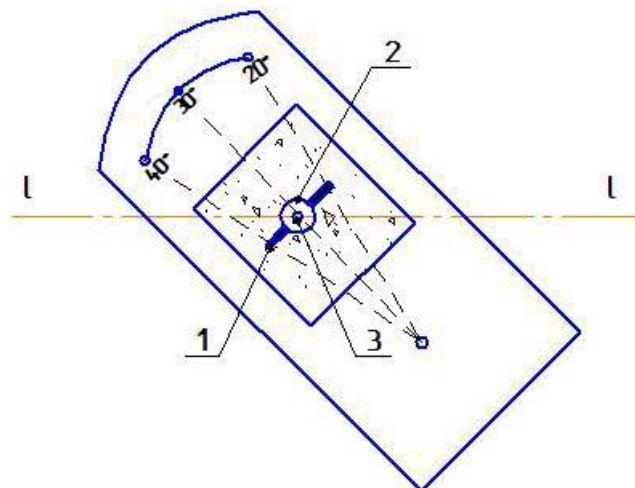


Рис. 3.5 - Схема регулювання кута атаки β

1 – різальний ніж; 2 - кутовий циферблат; 3 - пристрій для фіксації режущого ножа.

З урахуванням розміру фізичної моделі різального ножа ротаційного робочого органу формула(3.1) матиме наступний вигляд [1]:

$$\lambda = k \cdot \frac{V_0}{V}, \quad (3.1)$$

де V_0 - окружна швидкість робочого органу, хв^{-1} ;

V - поступальна швидкість руху, м/с ;

k - коефіцієнт, що характеризує масштаб виготовлення робочого органу.

Для того, щоб встановити кінематичний режим розраховано передаточне відношення для зірочок, розташованих на маточинах з приводом барабана і маточині з приводом різального ножа робочого органу.

У таблиці 3.1 приведені чисельні значення кількості зубів зірочок, згідно з якими був розрахований кінематичний параметр λ [6].

Таблиця 3.1

Кількість зубів на зірочках механізму приводу

Маточина приводу ріжучого ножа робочого органу (позиція 8 на схемі)	Маточина приводу (позиція 7 на схемі)	На вісі приводу з важелем (позиція 6 на схемі)
1	2	3
1 – 14	1 – 14	1 – 48
2 – 16	2 – 16	
3 – 18	3 – 18	
4 – 20	4 – 20	
5 – 22	5 – 21	
6 – 24	6 – 24	
7 – 28	—	

Примітка - Цифри ліворуч означають порядковий номер зірочки на маточині приводу фізичної моделі різального ножа і ящика, цифри справа - кількість зубів на зірочці.

Кінематична схема лабораторної установки представлена на рисунку 3.6 [16].

Технологічний процес здійснюється таким чином. Ручним обертанням рукоятки 1, встановленою на осі 2, за допомогою ланцюгової передачі, що

включає зірочку 3, ланцюг 4 і набір зірочок 5, здійснюється обертання барабана 6, встановленого на осі 7. При цьому шнур 8 намотується на барабан. Інший кінець шнура витягає ящик з піском. Паралельність шнура руху ящика забезпечують направляючі стержні 10 і 11. Рух рукоядки 1 одночасно приводить в обертання фізичну модель різального ножа робочого органу 13 навколо осі 12 за рахунок зірочок 16, 23 і ланцюги 17. Вісь 12 обертається на опорах 19. Поступальна хода ящика і одночасне обертання робочого органу забезпечує обробку поверхні (піску), що знаходиться в ящику [6].

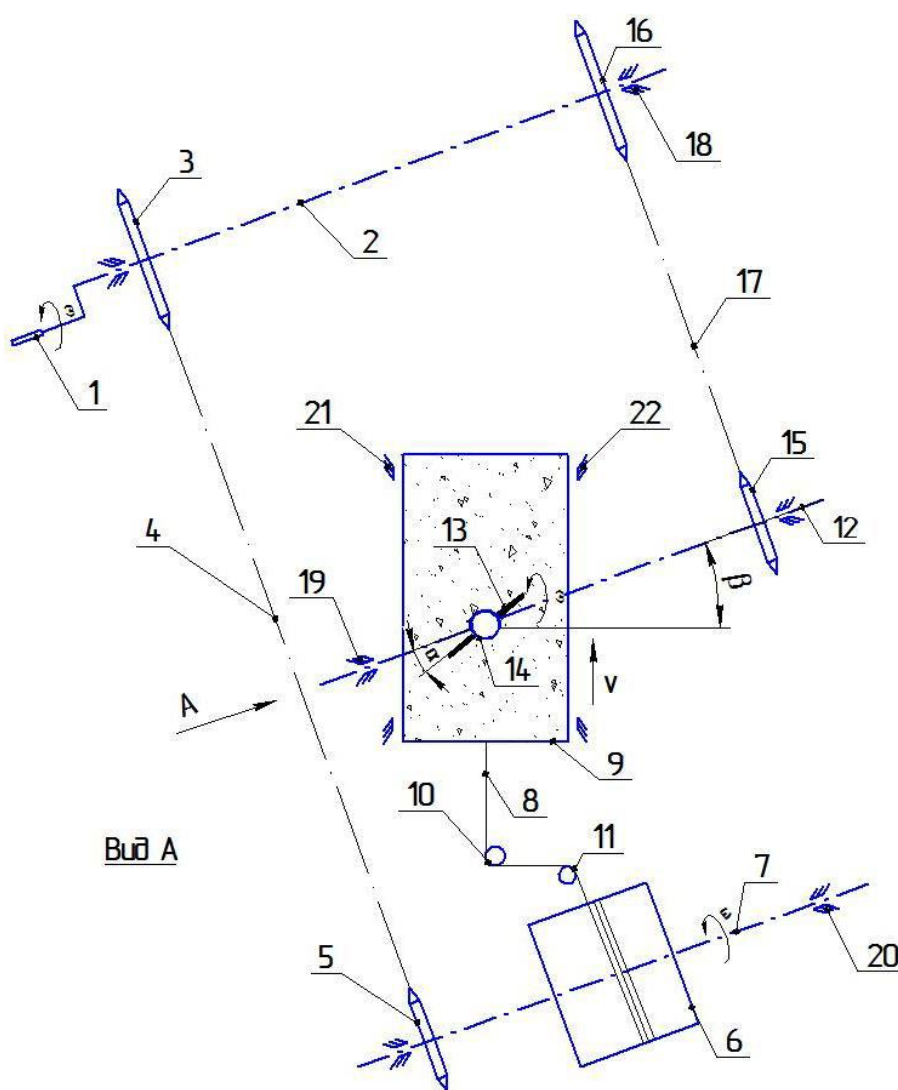


Рис. 3.6 - Кінематична схема лабораторної установки

1 – руків'я; 2,7,12 - осі обертання; 3,16 - зірочки; 4,17 - ланцюги; 5,15 - набір зірочок; 6 - барабан; 8 - шнур(нееластичний); 9 - ящик з піском; 10,11 –

направляючі стержні; 13 - фізична модель різального ножа робочого органу; 14 - кутовий циферблат; 18,19,20 - підшипники кочення; 21,22 – підшипники ковзання; α - кут нахилу різального ножа; β - кут атаки.

Висновки:

1. Для визначення параметрів борозни виготовлена лабораторна установка з фізичною моделлю різального ножа ротаційного робочого органу.
2. Розроблена методика за визначенням параметрів борозни, що формується різальним ножом ротаційного робочого органу.
3. Розроблена методика за визначенням кута між суміжними різальними ножами ротаційного робочого органу.
4. Виготовлений ротаційний робочий орган з активним приводом, і різальними лезами, виконаними по еліптичній лінії.
5. Для перевірки впливу конструкції і режимів роботи на агротехнічні показники спроектований і виготовлений макетний зразок знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів, різальні леза яких виконані по еліптичній лінії.

$$\begin{cases} X = \frac{\theta \cdot R}{\lambda} + R \cdot \cos \beta \cdot \cos(\theta - \Delta); \\ Y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos(\theta - \Delta); \\ Z = R[1 - \sin(\theta - \Delta)]; \end{cases} \quad (4.1)$$

У свою чергу, аналогічно для точки $M2$:

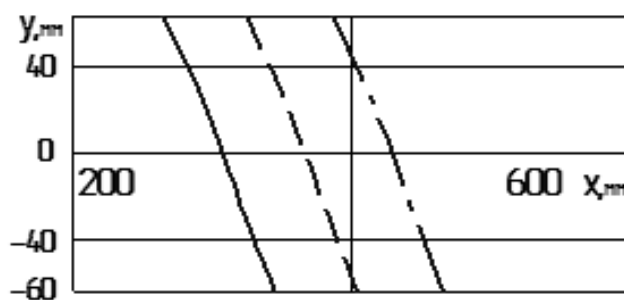
$$\begin{cases} X = \frac{\theta \cdot R}{\lambda} + R \cdot \cos \beta \cdot \cos(\theta + \Delta); \\ Y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos(\theta + \Delta); \\ Z = R[1 - \sin(\theta + \Delta)]; \end{cases} \quad (4.2)$$

Рівняння(4.1) і(4.2) відрізняються між собою тільки знаками перед Δ . Вказане дозволяє об'єднати їх і отримати єдину систему рівняння траєкторію руху будь-яких точок робочого органу, що обертаються в одній площині навколо однієї осі, що описує :

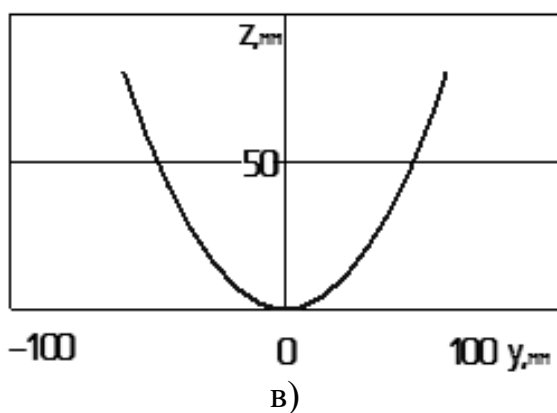
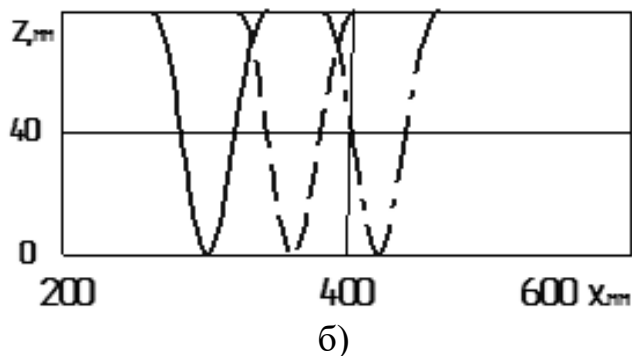
$$\begin{cases} X = \frac{\theta \cdot R}{\lambda} + R \cdot \cos \beta \cdot \cos(\theta \pm \Delta); \\ Y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos(\theta \pm \Delta); \\ Z = R[1 - \sin(\theta \pm \Delta)]; \end{cases} \quad (4.3)$$

де знак «+» використовується для точок, що обертаються з випередженням, а знак «-» - з відставанням відносно точки M .

На рис. 4.2 приведені графіки зміни координат проєкцій траєкторій руху точок при різних значеннях кута Δ на площині XOY (а), XOZ (б) і YOZ (в).



а)



----- $\Delta=0$; ———— $\Delta=+15$; — · — $\Delta=-15$.

Рис. 4.2 - Графіки зміни координат проекцій траєкторії руху точок на площині $XOY(a)$; $XOZ(б)$; $YOZ(в)$

У площинах XOY і XOZ проекції траєкторій усіх трьох точок ідентичні, але зміщені один відносно одного по осі OX на певну величину. Першою розташовується проекція траєкторії точки, у якої $\Delta=+15$, потім відповідно до траєкторії точок з $\Delta=0$ і $\Delta=-15$. У площині YOZ проекції траєкторій усіх точок співпадають і мають форму частини еліпса.

Дійсно, при $x = 0$ система рівнянь(4.3) набуває вигляду:

$$\begin{cases} Y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos(\theta \pm \Delta); \\ Z = R[1 - \sin(\theta \pm \Delta)]. \end{cases} \quad (4.4)$$

Рівняння(4.4) представляють рівняння еліпса в параметричній формі. Параметром є $(\theta \pm \Delta)$

Велика і мала півосі еліпса відповідно рівні:

$$a = R; b = R \cdot \sin \beta. \quad (4.5)$$

Розглянемо рух точки M_3 , що обертається з однаковою кутовою швидкістю з точкою M навколо осі $l-l$, рис. 4.3.

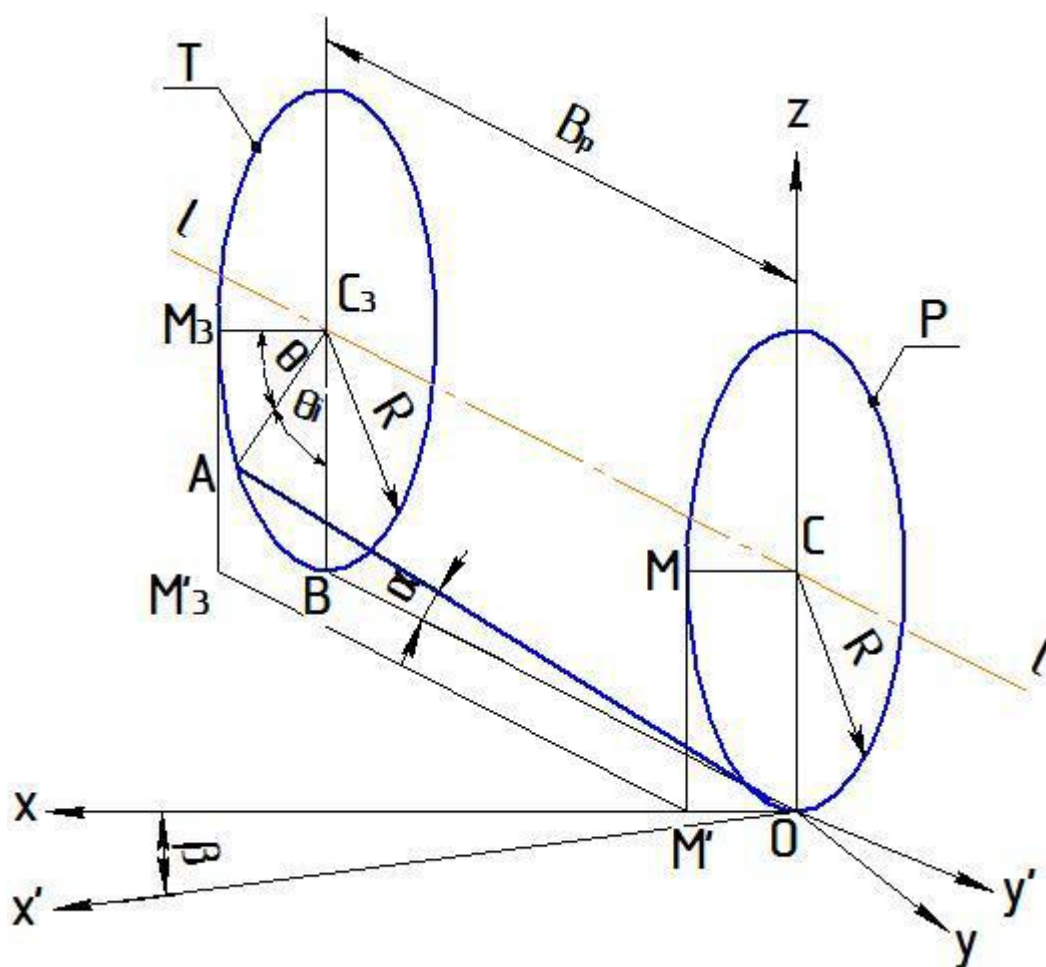


Рис. 4.3 - Розрахункова схема руху точок, що обертаються в різних площинах

Точки M і M_3 лежать в одній площині MCC_3M_3 . Відстань між площинами обертання точок M і M_3 рівна B_p . При $\theta=0$ точок M і M_3 матимуть наступні координати, рис. 4.4:

$$M \{ R \cdot \cos \beta; R \cdot \sin \beta; R \};$$

$$M_3 \{ R \cdot \cos \beta - B_p \cdot \sin \beta; R \cdot \sin \beta + B_p \cdot \cos \beta; R \}.$$

Відмінність координат цих точок наступна:

$$\begin{cases} \Delta X = X_{M_3} - X_M = B_p \cdot \sin \beta; \\ \Delta Y = Y_{M_3} - Y_M = -B_p \cdot \sin \beta; \\ \Delta Z = Z_{M_3} - Z_M = 0. \end{cases} \quad (4.6)$$

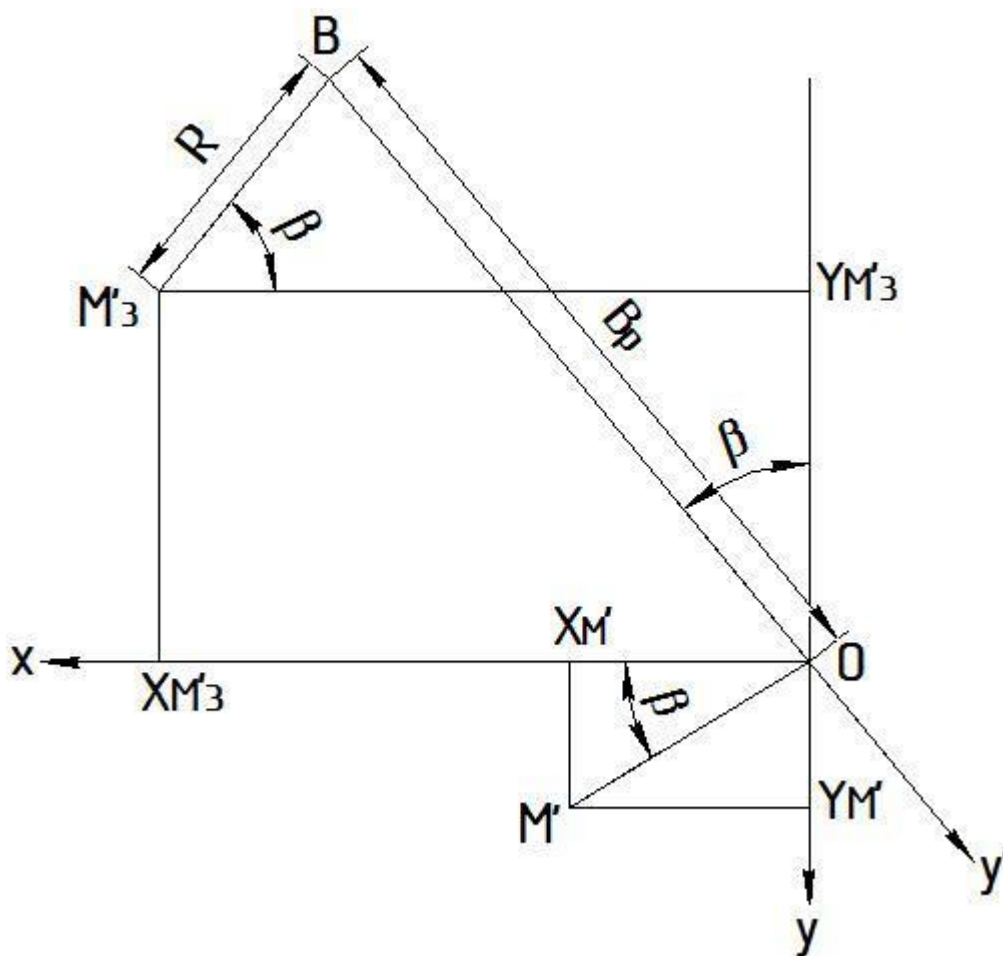


Рис 4.4 - Схема для визначення координат точки M_3

Враховуючи(4.6), виразимо координати точки $M3$ через координати точки M , отримаємо:

$$\begin{cases} X_{M3} = X_M + B_p \cdot \sin \beta; \\ Y_{M3} = Y_M - B_p \cdot \sin \beta; \\ Z_{M3} = Z_M. \end{cases} \quad (4.7)$$

Підставивши значення координат точки M з вираження(4.3) в(4.7), отримаємо:

$$\begin{cases} X_{M3} = \frac{\theta + R}{\lambda} + R \cdot \cos \beta \cdot \cos(\theta \pm \Delta) + B_p \cdot \sin \beta; \\ Y_{M3} = R \cdot \cos \beta \cdot \cos(\theta \pm \Delta) - B_p \cdot \cos \beta; \\ Z_{M3} = R[(1 - \sin(\theta \pm \Delta))]. \end{cases} \quad (4.8)$$

На рис. 4.5 приведена схема для визначення кута θ_i для будь-якої точки A_i ножа.

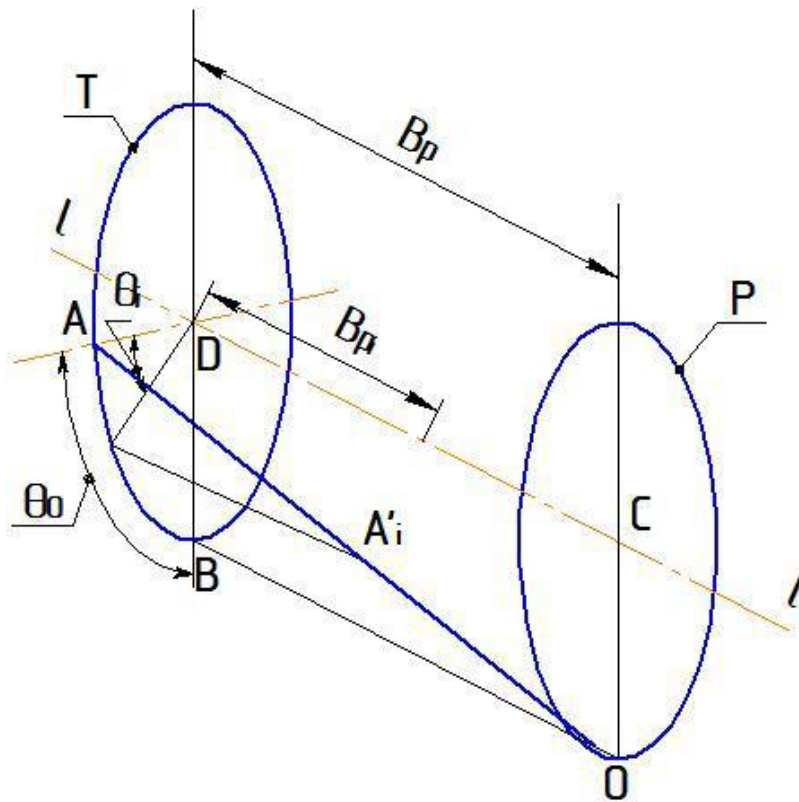
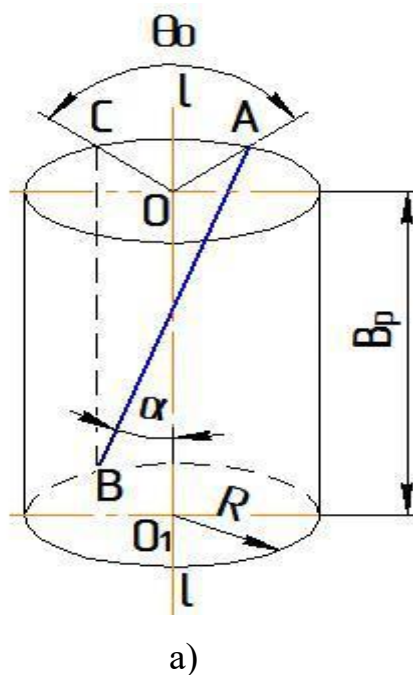


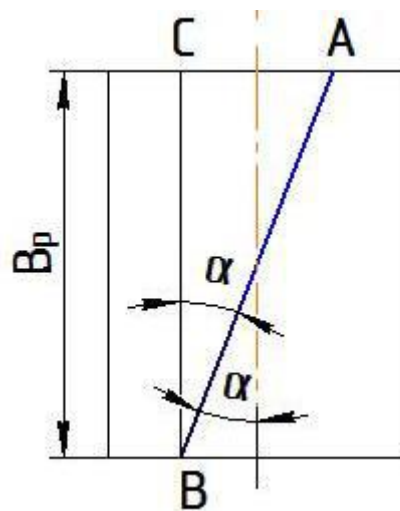
Рис. 4.5 - Схема для визначення значень кута θ_i

З рисунка виходить:

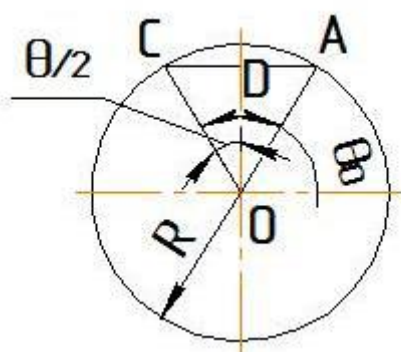
$$\theta_i = \frac{Bp_i}{Bp} \cdot \theta_0 \quad (4.9)$$

Встановимо зв'язок між кутами α і θ_0 . На рис. 4.6 AB представляє ніж ротаційного робочого органу. Він нахилений до осі обертання $l-l$ на кут α . Проекція ножа на площину обертання точки A характеризується центральним кутом θ_0 .





б)



в)

Рис. 4.6 - Схеми для визначення залежності θ_0 від α

Із рисунка 4.6в

$$\sin \frac{\theta_0}{2} = \frac{CD}{OC}, \quad (4.10)$$

або

$$\frac{\theta_0}{2} = \arcsin \frac{CD}{R}, \quad (4.11)$$

очевидно, що

$$\theta_0 = 2 \arcsin \frac{CD}{R}, \quad (4.12)$$

де

$$CD = \frac{AC}{2} = \frac{b \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2} = 0,5 Bp \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (4.13)$$

Підставивши отримане значення CD в попередній вираз, отримаємо:

$$\theta_0 = 2 \arcsin \left(\frac{Bp \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2R} \right). \quad (4.14)$$

Величина кута θ_0 залежить від кута α , радіусу обертання ножа R і його ширини захвату Bp .

Таким чином, у формулах(4.8) замінивши $\angle$ на θ_i , отримаємо:

$$\begin{cases} X = \frac{\theta + R}{\lambda} + R \cdot \cos \beta \cdot \cos(\theta \pm \theta_i) + Bp_i \cdot \sin \beta; \\ Y = R \cdot \sin \beta \cdot \cos(\theta \pm \theta_i) - Bp_i \cdot \sin \beta; \\ Z = R \cdot [1 - \sin(\theta \pm \theta_i)]. \end{cases} \quad (4.15)$$

Система рівнянь (4.15) описує координати точок дна борозни, що утворюється ножом ротаційного робочого органу. Дно борозни, побудоване на основі цих рівнянь, представлено на рисунку 4.7.

Воно представляє криволінійну просторову поверхню. Подовжня сторона борозни відхилена від напрямку руху під кутом ξ .

Дно борозни, що утворюється різальним ножом ротаційного робочого органу, представляє жолоб. Воно формується за рахунок руху кожної точки різального ножа в ґрунті.

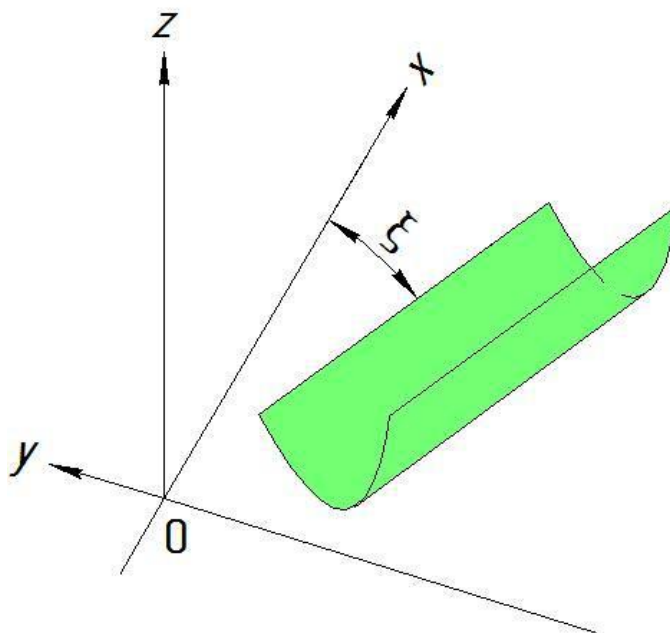


Рис 4.7 - Загальний вигляд борозни, що утворюється різальним ножом ротаційного робочого органу

Борозна, що формується різальним ножом ротаційного робочого органу, в площині XOY представляє паралелограм. Точка M_2 , розташована на початку

робочого органу, 4.1, формує вузьку борозну, проекція якої на площину YOZ представляє частини еліпса BAD , рисунок 4.8.

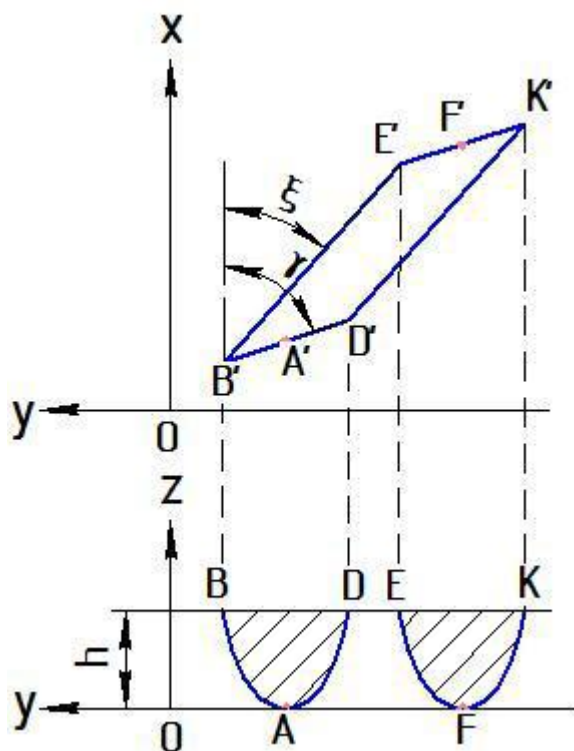


Рис. 4.8 Борозна, що формується різальним ножом ротаційного робочого органу(вигляд зверху)

Точка M_3 , що знаходиться у кінці робочого органу, також формує вузьку борозну, проекція якої на площину YOZ представляє частину еліпса EFK . Проекції борозен, сформованих точками M_2 і M_3 на площину XOY представляють відповідно відрізки $B'D'$ і $E'K'$. Ці відрізки паралельні між собою. З'єднаємо точки B' і E' , D' і K' , отримаємо паралелограм $B'D'K'E'$. Усі точки ножа, починаючи від M_2 , кінчаючи M_3 , заглиблюватимуться по відрізку $B'E'$, а виглубляться по відрізку $D'K'$.

Таким чином паралелограм $B'D'K'E'$ представляє вигляд зверху на борозну, що формується різальним ножом ротаційного робочого органу. Його коротка

сторона $B'D'$ відхилена від напрямку руху на кут γ . Довга сторона $B'E'$ відхилена від напрямку руху на кут ξ .

В результаті проведених експериментальних досліджень з фізичною моделлю різального ножа ротаційного робочого органу були підтверджені результати теоретичних досліджень.

На рисунку 4.9 показаний вигляд зверху на борозну, що утворюється різальним ножом ротаційного робочого органу від моменту заглиблення до повного вимілення в ґрунтовому каналі, наповненому зволоженим піском.

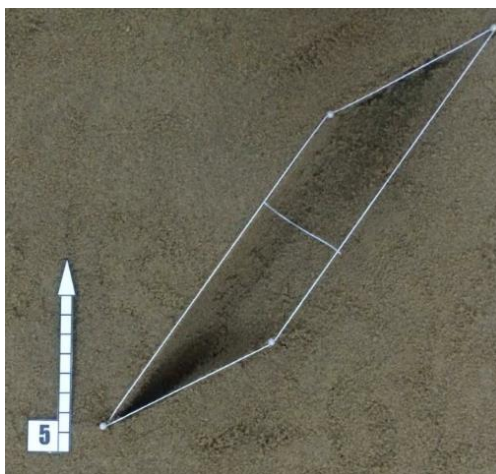


Рис. 4.9 - Борозна, що формується різальним ножом ротаційного робочого органу, отримана в результаті фізичного моделювання(вигляд зверху)

Біла стрілка з номером досліду показує напрям поступального руху робочого органу.

Різальні ножі ротаційного робочого органу, виконані по еліптичній лінії, утворюють короткі, вузькі і відхилені від напрямку руху, борозни, в межах ширини захвату робочого органу.

Таким чином, експериментом підтверджено, що різальний ніж ротаційного робочого органу утворює борозну, вигляд зверху на яку має форму паралелограма.

4.2 Визначення кількості різальних ножів активного робочого органу

Розглянемо передню точку M різального ножа, для якої $\Delta=0$, рисунок 4.1. Проекція її траєкторії руху на координатну площину YOZ представляє частину еліпса, рисунок 4.10а.

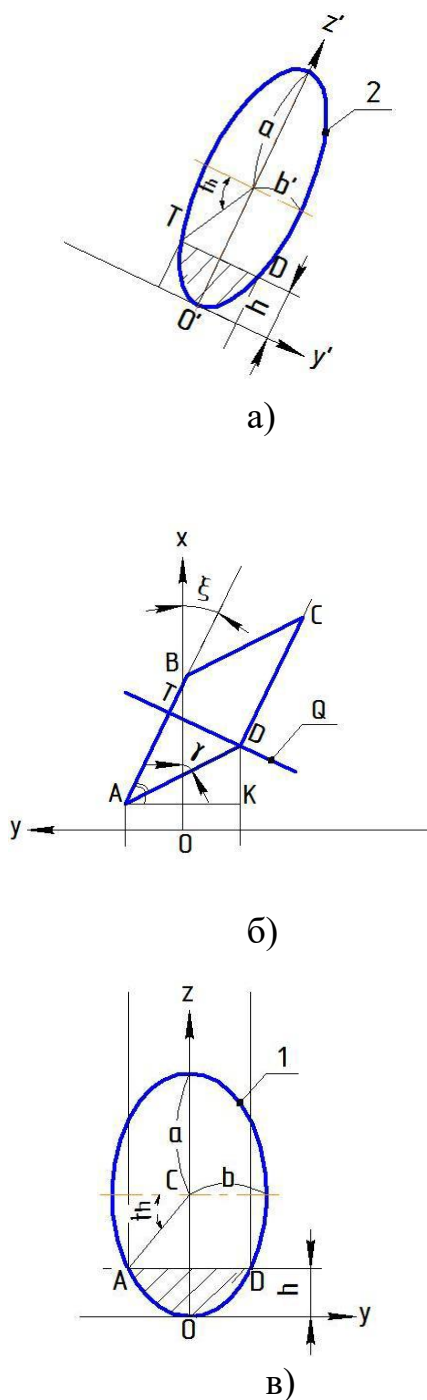


Рис. 4.10 - Проекції траєкторії руху передньої точки різального ножа на координатні площини $YOZ(a)$, $XOY(б)$ і $Y'O'Z'$ (в)

Заглиблення різального ножа відбувається в т. A , а вимілення - в т. D . Фігура AOD представляє проекцію обробленого масиву ґрунту на площину YOZ . Глибина обробки складає h . Апліката точки A рівна h , у свою чергу

$$h = R - R \cdot \sin t_h, \quad (4.16)$$

з отриманого рівняння:

$$t_h = \arcsin \left(1 - \frac{h}{R} \right). \quad (4.17)$$

Довжина AD дорівнює подвоєній ординаті точки A . Знайдемо ординату точки A і довжину AD :

$$Y_A = R \cdot \sin \beta \cdot \cos t_h, \quad (4.18)$$

$$AD = 2y_A = 2R \cdot \sin \beta \cdot \cos t_h. \quad (4.19)$$

Проекція траєкторії руху AOD точки M в ґрунті на площину XOY представляє відрізок прямої AD (рисунок 4.10б). Відрізок AD відхилений від напрямку руху OX на кут γ .

У свою чергу, проекція траєкторії руху кінцевої точки M_3 , рисунок 4.1, різального ножа на площину XOY представляє відрізок прямої BC . Він також, як і AD відхилений від напрямку руху OX на кут γ . Тому AD і BC паралельні. З'єднаємо прямими точки A і B , C і D . Уздовж відрізка AB відбувається заглиблення в ґрунт усіх точок різального ножа, а по CD - їх вимілення. Відрізки AB і DC паралельні і відхилені від напрямку руху OX на кут ξ .

Таким чином, паралелограм $ABCD$ є виглядом зверху на борозну, що утворюється одним різальним ножом ротаційного робочого органу.

Визначимо відстань l між великими осями еліпсів, яке б забезпечило необхідну величину « c ». Ордината точки M , що являється перетином еліпса 3 з горизонтальною лінією, розташована на висоті « c » від дна борозни :

$$z_1 = c = R - R \cdot \sin t_c. \quad (4.20)$$

З формули(4.20) визначимо кут:

$$t_c = \arcsin\left(1 - \frac{c}{R}\right). \quad (4.21)$$

Ордината точки M

$$y' = \frac{R \cdot \sin \beta \cdot \sin(y - \xi) \cdot \cos t_c}{\sin y}. \quad (4.22)$$

З малюнка 4.11 відстань між великими осями еліпсів l визначається таким чином:

$$l = 2y' = \frac{2R \cdot \sin \beta \cdot \sin(y - \xi) \cdot \cos t_c}{\sin y}. \quad (4.23)$$

Для забезпечення відстані l в системі координат $Y'O'Z'$ різниця шляхів Δx між сусідніми ножами по осі OX системи координат XOY має бути наступним(малюнок 4.11):

$$\Delta x = AB = \frac{BC}{\sin \xi}. \quad (4.24)$$

і

$$\Delta x = \frac{2R \cdot \sin \beta \cdot \sin(y - \xi) \cdot \cos t_c}{\sin y \cdot \sin \xi}. \quad (4.25)$$

З першого рівняння системи(4.2), визначимо Δx :

$$\Delta x = \frac{\theta_l \cdot R}{y}. \quad (4.26)$$

З формули(4.26) виходить, що

$$\theta_l = \frac{\Delta x \cdot y}{R}. \quad (4.27)$$

чи з урахуванням (4.27), отримаємо:

$$\theta_l = \frac{2\lambda \cdot \sin \beta \cdot \sin(y - \xi) \cdot \cos t_c}{\sin y \cdot \sin \xi}. \quad (4.28)$$

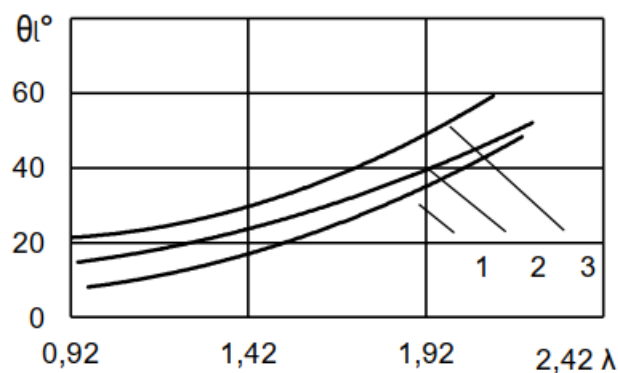
Кількість різальних ножів на ротаційному робітнику органі:

$$n = \frac{2\pi}{\theta_l}. \quad (4.29)$$

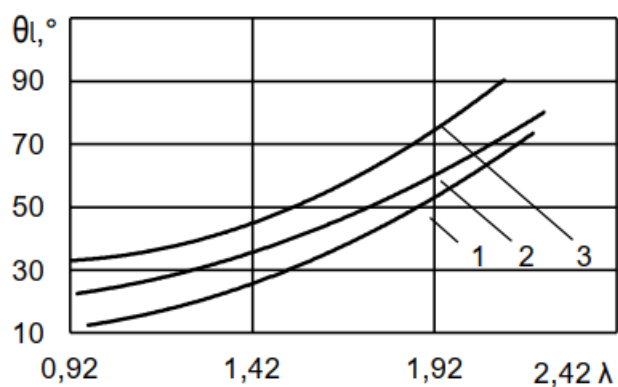
З урахуванням (4.28) отримаємо кінцеву формулу для визначення кількості ножів на ротаційному робочому органі:

$$n = \frac{\pi \cdot \sin y \cdot \sin \xi}{\lambda \cdot \sin \beta \cdot \sin(y - \xi) \cdot \cos t_c}. \quad (4.30)$$

На основі формули(4.28) побудовані графіки залежності кута θ_l від кінематичного параметра λ і кута атаки β , малюнок 4.12.



а)



б)

1 - $\beta=20^\circ$; 2 - $\beta=30^\circ$; 3 - $\beta=40^\circ$.

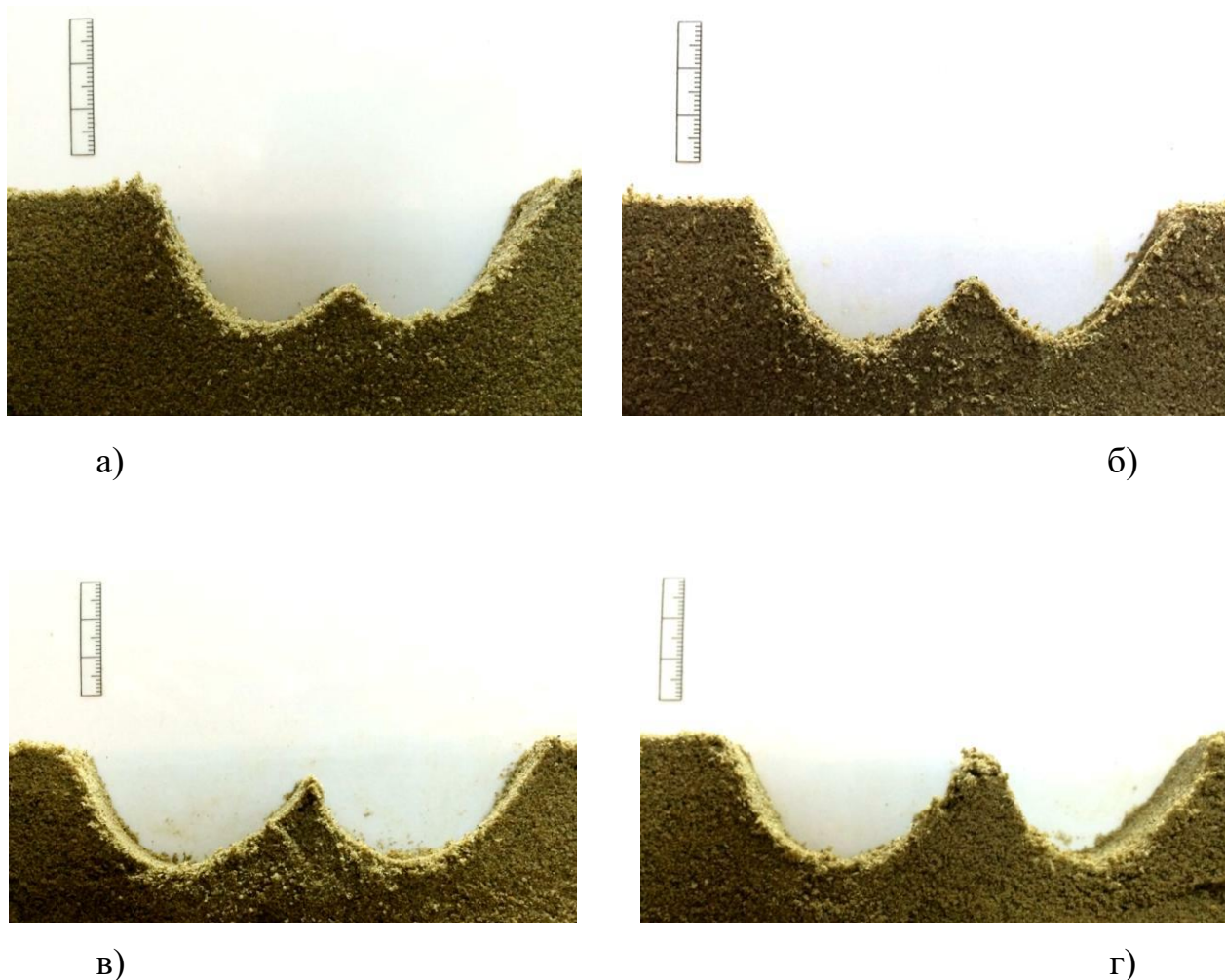
Рис. 4.12 Залежності кута θ_l від кінематичного параметра λ і кута атаки β , при $z = 0,2h(a)$ і $z = 0,5h(b)$

З рисунка 4.12 видно, що зі збільшенням кута атаки β і кінематичного параметра λ , кут θ_l збільшується, а кількість різальних ножів відповідно зменшується, згідно з формулою(4.29). Наприклад, при висоті гребня $c=0,2h$ зі збільшенням кута атаки від 20° до 40° і $\lambda=0,92$ кількість різальних ножів знижується від 36 до 16 штук. У свою чергу, при збільшенні λ від 0,92 до 2,2 і $\beta=40^\circ$ кількість ножів знижується від 16 до 6 штук, малюнок 4.3а.

При висоті гребня $z = 0,5h$ зі збільшенням кута атаки від 20 до 40 і $\lambda = 0,92$ кількість різальних ножів знижується від 24 до 10 штук. У свою чергу, при

збільшенні λ від 0,92 до 2,2 і $\beta=40^\circ$ кількість ножів знижується від 10 до 4 штук, малюнок 4.12б.

На малюнку 4.3 приведені види поперечних перерізів борозен, сформованих двома суміжними різальними ножами.



$$\theta_l = 22^\circ \text{ (a); } \quad \theta_l = 34^\circ \text{ (б); } \quad \theta_l = 41^\circ \text{ (в); } \quad \theta_l = 46^\circ \text{ (г).}$$

Рис. 4.13 - Види поперечних перерізів борозен, сформованих двома суміжними різальними ножами при $\beta = 40^\circ$; $\lambda = 0,92$

Борозни отримані при фізичному моделюванні роботи ротаційного робочого органу. На малюнку 4.13а отримана борозна при куті атаки $\beta=40^\circ$, кінематичному параметрі $\lambda=0,92$, глибині обробки $h=28$ мм і куті між різальними ножами 22° , внаслідок чого формуються борозни, висота гребеня між якими

складає 7 мм, тобто $0,25h$. В даному випадку отримана висота гребеня дна борозни відповідає допустимим агротехнічним вимогам.

При куті атаки $\beta=40^\circ$, кінематичному параметрі $\lambda=0,92$, глибині обробки $h=28$ мм і куті між різальними ножами 34° формується здвоєна борозна, висота гребеня складає 14 мм, тобто $0,5h$, рисунок 4.13б, що являється агротехнічно допустимим значенням висоти гребеня дна борозни.

При куті атаки $\beta=40^\circ$, кінематичному параметрі $\lambda=0,92$, глибині обробки $h=28$ мм і куті між різальними ножами 41° і 46° формуються здвоєні борозни, висота гребеня складає 21 і 25 мм, тобто $0,75h$ і $0,9h$ відповідно, рисунок 4.13в і малюнок 4.13г, що перевищує агротехнічно допустиме значення висоти гребеня на дні борозни.

На рисунку 4.14 приведені залежності висоти гребеня(с) і числа різальних ножів ротаційного робочого органу(n) від кута.

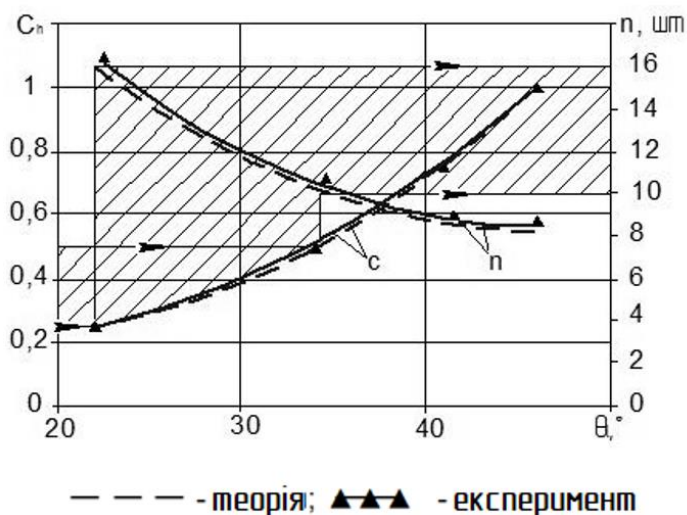


Рис. 4.14 - Залежності коефіцієнта висоти гребеня(с) і числа різальних ножів ротаційного робочого органу(n) від кута θ_i при $\beta=40^\circ$, $\lambda=0,92$

З них видно, що зі збільшенням кута θ_i висота гребня зростає. Якщо при $\theta_i = 22^\circ$ висота гребня складала близько $0,25h$, то при θ_i рівному приблизно 46° - $0,9h$. Зі збільшенням кута θ_i зменшується число різальних ножів ротаційного

робочого органу. При збільшенні θ_l від 22° до 46° , кількість ножів зменшується від 16 до 10. Для забезпечення висоти гребнів в межах $0,2 - 0,5h$ кількість ножів повинна складати 10-16 штук. Більша кількість ножів відповідає меншому значенню висоти гребня.

Приведені на малюнку 4.14 дані свідчать про збіг теоретичній залежності θ_l від висоти гребня «с» з результатами експериментів.

4.3 Визначення відстані між сусідніми робочими органами

Різальний ніж АС ротаційного робочого органу, формує борозну, проекція якої на горизонтальну площину представляє паралелограм $K'MNP$. При цьому ширина обробки робочого органу рівна $B_{обр}$ і ширина зони перекриття D , рисунку 4.15.

Для визначення відстані L між сусідніми робочими органами складена схема, представлена на рисунку 4.15.

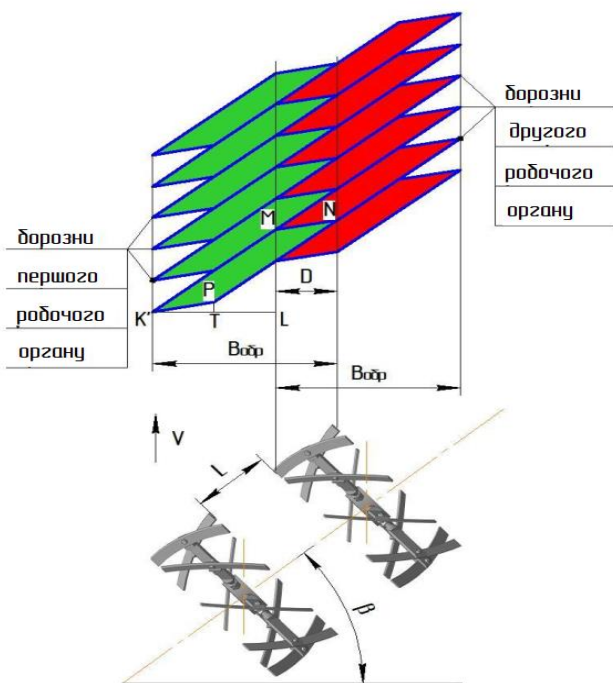


Рис. 4.15 - Схема для обґрунтування відстані між сусідніми робочими органами

Сусідніми робочими органами формуються дві суміжні борозни. Визначимо ширину обробки $B_{обр}$ ротаційного робочого органу рисунок 4.15.

$$B_{обр} = K'L + D, \quad (4.31)$$

де D - ширина зони перекриття, мм;

Ширину зони перекриття D визначимо по формулі:

$$D = K'T. \quad (4.32)$$

У трикутнику $K'E'T$, визначається з вираже

$$D = K'L' \cdot \sin \beta. \quad (4.33)$$

або

$$D = 2 \sin \beta \sqrt{2Rh - h^2}. \quad (4.34)$$

Підставивши D з(4.34) в(4.32), отримаємо:

$$B_{обр} = K'L + 2 \sin^2 \beta \sqrt{2Rh - h^2}. \quad (4.35)$$

З урахуванням $K'L$:

$$B_{обр} = B_p \cdot \cos \beta + 2 \sin^2 \beta \sqrt{2Rh - h^2}. \quad (4.36)$$

Тоді відстань між сусідніми робочими органами L у батареї і суміжними батареями визначатиметься з наступного вираження:

$$L = \frac{D}{\cos \beta}. \quad (4.37)$$

Приймаючи глибину передпосівної обробки ґрунту $h \leq 80$ мм, радіус ротаційного робочого органу $R=225$ мм, кут атаки $\beta=40^\circ$, підставивши відповідні значення у формулу(4.34), отримаємо:

$$D = 2 \cdot 0,143 \sqrt{2 \cdot 225 \cdot 80 - 80^2} = 142,1 \text{ мм}$$

Отримане значення D підставляємо у формулу(4.31) :

$$B_{обр} = 226 \cdot 0,766 + 142,1 = 315,2 \text{ мм}$$

Підставляємо величину D у формулу(4.37), тоді відстань між сусідніми робочими органами L по осі обертання дорівнюватиме:

$$L = \frac{142,1}{0,766} = 185, \text{ мм}$$

На рисунку 4.16 представлена залежність відстані між сусідніми робочими органами L від кута атаки.

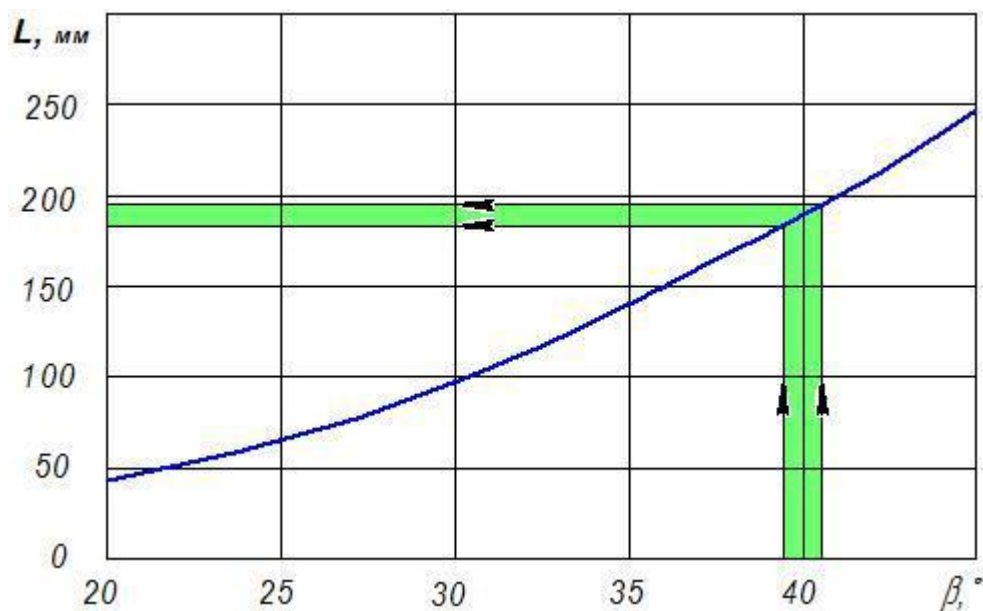


Рис 4.16 - Залежність відстані між сусідніми робочими органами L від кута атаки β

Згідно з малюнком 4.6 при глибині обробки $h=5 - 6$ см, куті атаки $\beta=40^\circ$, відстань між сусідніми робочими органами L складає 186 мм. Така ж відстань має бути між суміжними батареями знаряддя.

4.4 Визначення кута відхилення площини різального ножа α від осі обертання

Різальний ніж ротаційного робочого органу відхилений від вектору абсолютної швидкості V_a на кут φ , рисунок 4.17.

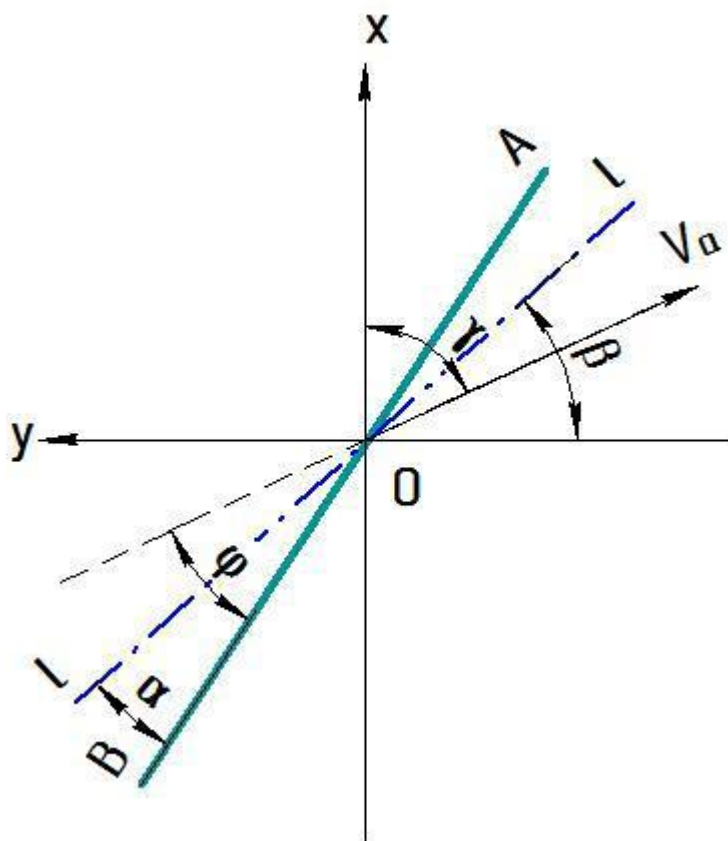


Рис. 4.17 Схема для визначення кута відхилення площини різального ножа AB ротаційного робочого органу від осі обертання

Вектор V_a є незручною базою відліку кута. Доцільно положення робочого органу визначати відносно осі обертання $l-l$. Кут між різальним ножом AB ротаційного робочого органу і віссю його обертання - α . З рисунка 4.17 слідує:

$$\varphi - \alpha = \beta + \gamma - 90^\circ, \quad (4.38)$$

або

$$\alpha = 90^\circ + \varphi - \beta - \gamma. \quad (4.39)$$

Кут α можна вимірювати інструментально на реальному об'єкті. Перехід від α до φ здійснюється по формулі:

$$\varphi = \beta + \gamma + \alpha - 90^\circ. \quad (4.40)$$

На рисунку 4.18 приведені залежності кута нахилу різального ножа до осі обертання α від кінематичного параметра λ при куті атаки $\beta=40^\circ$.

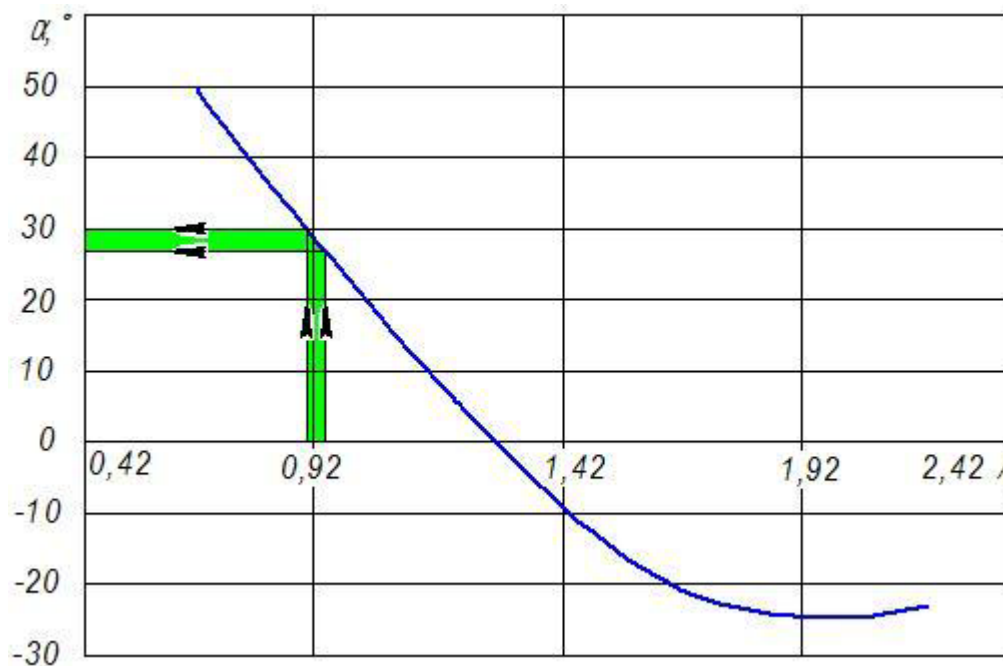


Рис. 4.18 - Залежність кута нахилу α різального ножа до осі обертання від кінематичного параметра λ при вугіллі атаки $\beta=40^\circ$

При збільшенні кінематичного параметра λ від 0,78 до 2,22 кут нахилу різального ножа змінюється від $+50^\circ$ до -26° . Оптимальні значення кута α

лежать в межах зміни кінематичного параметра λ від 0,88 до 0,94, що характеризує мінімальні енерговитрати. При $\lambda=0,94$ кут нахилу робочого органу α складає 28° , при $\lambda=0,88$ рівний 30° .

4.5 Параметри різального ножа ротаційного робочого органу

Різальний ніж AB ротаційного робочого органу виконаний по лінії еліпса, малюнок 4.19, півосі якого визначаються з виразу.

$$\begin{cases} a = \frac{R}{\sin \alpha}; \\ b = R. \end{cases} \quad (4.41)$$

Визначимо параметри різального ножа ротаційного робочого органу.

Розглянемо трикутник AOB . AB представляє різальний ніж ротаційного робочого органу, рисунок 4.19.

У трикутнику AOD :

$$AD = R \cdot \sin 0.5\theta_l, \quad (4.42)$$

$$AB = 2AD, \quad (4.43)$$

$$AB = 2R \cdot \sin 0.5\theta_l. \quad (4.44)$$

Проекція різального ножа AB ротаційного робочого органу на горизонтальну площину визначається з виразу:

$$A'B' = KB' = \frac{AB}{\sin \alpha} = \frac{2R \cdot \sin 0.5\theta_l \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (4.45)$$

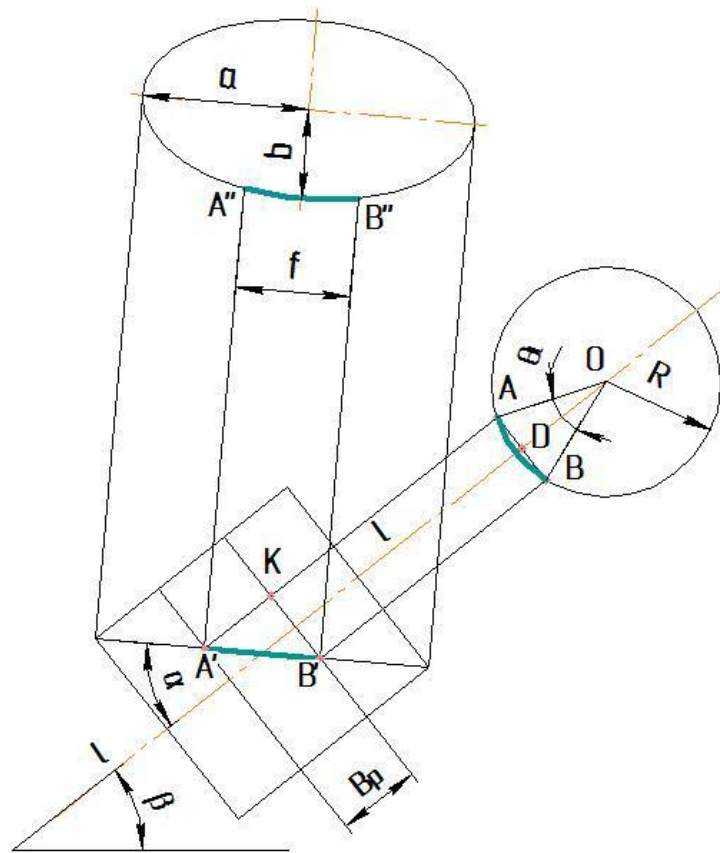


Рис. 4.19 - Параметри різального ножа ротаційного робочого органу

Довжина леза різального ножа визначається як:

$$f = \frac{2R \cdot \sin 0.5\theta_l}{\sin \alpha}. \quad (4.46)$$

Визначимо ширину різального ножа. Розглянемо трикутник $A'KB'$.

Звідси

$$B_p = A'K = KB' \cdot \cos \alpha. \quad (4.47)$$

Або підставивши KB' з вираження(4.45), ширина різального ножа визначатиметься як:

$$B_p = \frac{2R \cdot \sin 0.5\theta_l \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha}. \quad (4.48)$$

Рекомендовані параметри робочого органу : довжина ножа 261 - 274 мм, ширина 226 - 237 мм, кут нахилу ножа до осі обертання $28^0 - 30^0$; лезо ножа виконане по лінії еліпса з найменшою кривизною, а піввісі еліпса відповідно дорівнюють 450 - 472 мм і 225 мм

Висновки:

1. Розглянута траєкторія руху точки різального ножа ротаційного робочого органу. Технологічний процес борозноутворення різальним ножом характеризується послідовним заглибленням і виміленням усіх точок різального ножа. Сформована борозна має форму жолоба.

2. Розроблена математична модель борозноутворення різальним ножом ротаційного робочого органу, лезо якого виконане по еліптичній лінії. Проекція борозни на горизонтальну площину представляє паралелограм, а її поперечний переріз має форму частини еліпса.

3. Отримані аналітичні вирази, що дозволяють визначати кількість різальних ножів на робочому органі. Для забезпечення агротехнічно допустимої висоти гребня на дні борозни кількість різальних ножів на робочому органі повинна складати 10 штук.

4. Визначений кут нахилу ножа ротаційного робочого органу до осі обертання – $28^0 - 30^0$. Оптимальні значення кута α лежать в межах зміни кінематичного параметра λ від 0,88 до 0,94, що характеризує мінімальні енерговитрати.

5. Визначені параметри різального ножа ротаційного робочого органу.

- ширина робочого органу 226 - 237 мм;
- довжина ножа 261 - 274 мм;
- лезо ножа виконане по лінії еліпса з найменшою кривизною, а півосі еліпса відповідно дорівнюють 450 - 472 мм і 225 мм

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз стану охорони праці на виробництві

Управління охороною праці є невід'ємною частиною системи управління господарством. Здійснює його керівник підприємства, та керівники структурних підрозділів. Основними задачами адміністративного штату господарства в плані охорони праці являється здорових та безпечних, санітарно – гігієнічних умов праці на кожному робочому місці.

В відділеннях, бригадах, майстернях, гаражах та інших структурних підрозділах за проведення роботи з охорони праці, відповідають керівники підрозділів. Посадові особи в межах своїх підрозділів повинні: регулярно перевіряти стан охорони праці на місцях, вимагати дотримання всіма робітниками діючих стандартів, норм, првил та інструкцій з охорони праці.

Усі новоприйняті співробітники, незалежно від їхньої освіти, стажу роботи або професії, повинні пройти вступний інструктаж на робочому місці. Запис вступного інструктажу повинен зберігатися в журналі реєстрації вступного інструктажу з охорони праці та техніки безпеки і в трудовій документації.

Вступний інструктаж повинен проводитися на робочому місці до початку роботи. Недоліком в господарстві є те, що не проводиться стажування робітників після первинного інструктажу.

5.2. Техніка безпеки при роботі на агро мостових установках.

Працівники агро мостового землеробства, як і всі робітники сільського господарства, повинні досконало знати і щоденно дотримуватися правил техніки безпеки, гігієни праці, виробничої санітарії і протипожежних заходів

До роботи на агро мостових установках допускаються особи, не молодші 18 років, які пройшли відповідну підготовку та мають навички роботи на цих машинах.

Перед роботою треба перевірити справність установки та відповідних з'єднань і наявність необхідного допоміжного інструменту та обладнання. Перед монтажем, демонтажем та початком роботи установок проводять інструктаж персоналу, який працює з установкою. Під час роботи, не менше як через 6 місяців проводять черговий інструктаж з відповідним записом у журналі.

Всі працівники повинні бути забезпечені спеціальним одягом.

Під час роботи установки не дозволяється:

- виконувати слюсарно-монтажні та інші ремонтні роботи;
- оглядати, змащувати і очищати машини і вузли;
- перебувати стороннім особам біля працюючих установок.

Технічний огляд, польовий ремонт можна проводити лише при відключенні установки від електромережі.

Не дозволяється працювати на установках при вітрі швидкістю 20 м/хв і під час грози.

Забороняється перебувати на агро мостових установках під час транспортування, знаходитись під ними та входити в зону роботи поблизу машини.

Монтаж здійснює спеціальна пуско-наладна бригада під керівництвом головного інженера. Монтажники повинні мати посвідчення на право виконання робіт, вони проходять спеціальний інструктаж з техніки безпеки і мають відповідні допуски. У випадку монтажу агромостової установки на відстані менше 100 м від ліній електромережі треба мати письмовий дозвіл від енергослужби.

При експлуатації агро мостових машин слід виконувати такі додаткові правила:

- перед пуском машини в роботу слід перевірити справність електрообладнання і системи захисного занулення;
- під час монтажу електрообладнання, але не менше як раз на рік, перевіряти ізоляцію і перехідні опори захисного занулення і оформляти протоколом;
- забороняється пересувати агро мостову установку вночі, якщо вона не обладнана освітленням і сигналізацією.

5.3. Техніка безпеки з електрообладнанням.

Включати та виключати електрообладнання слід лише в перевірених діелектричних рукавицях, при цьому стояти на гумовому килимку. В період роботи електродвигунів забороняється обтирати та проводити інші роботи на частинах що рухаються.

Всіх працівників забезпечують спецодягом, який добре підігнаний і не висить. Для огляду і експлуатації елементів конструкції розміщених вище зросту людини треба використовувати спеціальні помости.

Забороняється встановлювати або знімати огорожу під час роботи механізмів. Регулювання на інші роботи по обслуговуванню електрообладнання треба проводити лише при їх відключенні від електромережі.

При демонтажі всі деталі треба складати на спеціально відведені ділянки, а основне обладнання повинне бути закріплене, щоб запобігти його падінню та зсуву. До ремонтних робіт дозволяється приступати лише тоді, коли відключена електромережа і заземлені кабелі.

Не дозволяється розливати воду та інші рідини безпосередньо біля електродвигунів та електроприладів. Вразі появи іскри або вогню на електропроводах треба негайно вимкнути зіпсовану ділянку і викликати, а кабель чи електродвигун засипати піском або погасити сухим вогнегасником.

5.4. Гігієна праці і виробнича санітарія.

Гігієна праці і виробнича санітарія спрямовані на захист працівників від хвороб і оздоровлення умов праці.

Літом щоб запобігти сонячному та тепловому удару в голову слід покрити капелюхом, при температурі повітря понад $+30^{\circ}\text{C}$ роботу слід припинити. Для захисту від пилу необхідно застосувати окуляри. Марлеві пов'язки та інше.

Після обробки посівів отрутохімікатами на цю ділянку можна заходити через 7-10 днів за умови забезпечення спеціальним одягом.

Всі заходи по поліпшенню умов праці в господарстві та зменшенню виробничого травматизму та професійних захворювань передбачають: своєчасне навчання працюючих безпечним методам роботи, розробка для них інструкцій з охорони праці, створення спеціальних кабінетів, для питань охорони праці, організації поточного контролю за виконанням вимог з охорони праці на всіх ділянках та робочих місцях .

Висновок

При розробці нового культиватора та впровадженні агро мостового землеробства запропоновані більш детальні правила користування для зниження можливостей виробничого травматизму. Проаналізувавши причини нещасних випадків та виробничого травматизму в господарстві, запропоновано: своєчасне навчання працюючих безпечним методам роботи, розробка для них інструкцій з охорони праці, створення спеціальних кабінетів, для питань охорони праці, організації поточного контролю за виконанням вимог з охорони праці на всіх ділянках та робочих місцях .

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічна оцінка ефективності нової техніки (нововведеної) повинна здійснюватися на всіх етапах її створення й впровадження.

Важливим моментом в встановленні економічного ефекту є вибір зіставленої бази, тобто базової техніки, технології, організації управління, виробництва і праці. Основні вимоги до вибору зіставленої бази змінюються в залежності від стадії розробки і впровадження нової техніки.

На перших етапах створення нової техніки економічна оцінка повинна проводитись в порівнянні з кращими взірцями вітчизняної й закордонної техніки, в тому числі вітчизняної техніки, перебуваючої в стадії проектування. При впровадженні ж в господарстві нової техніки економічна оцінка її призводиться у порівнянні з кращою, вже діючою, технікою в конкретному господарстві.

У ряді випадків виникає ситуація. Коли машина використовується в різних кліматичних, ґрунтових зонах та інших умовах, змінюючих розмір економічного ефекту.

Буде неправильно, якщо при порівнянні варіантів за базу приймається техніка, передбачена для однієї зони (умов), а порівнюєма нова техніка - для іншої. В цьому випадку за базову приймається краща діюча техніка в цій зоні, а при відсутності такої перевіряється можливість застосування наявної аналогічної техніки.

При зміні об'єму виробництва нової техніки по відношенню до базової техніки повинні бути також приведенні в порівняння.

В нашому випадку ми будемо порівнювати економічну ефективність процесу поверхневого обробітку ґрунту розробленим активним робочим органом за допомогою агрометрової технології з економічною ефективністю поверхневого обробітку ґрунту за допомогою за допомогою традиційної технології.

Застосування технології агро мостового землеробства не принесе в перші два роки підвищення врожайності тому економічний ефект від впровадження цієї технології являтиме собою економію основних виробничих витрат.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності проєкту подано в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Вихідні дані

Показники	Варіанти		Джерело інформації
	базовий	новий	
1	2	3	4
1. W_{cm} – продуктивність за 1 год. основного часу, га	1,2	1,33	Єдині норм витрати палива і виробітки. М., 2022 р. Розрахунок.
2. $W_{эк}$ – продуктивність за 1 год. експлуатаційного часу	0,8	1	
3. Л – кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1	
4. V – годинна тарифна ставка, грн./год.	12,14	12,14	
5. Оптова ціна, грн.			
трактор	30000		
культиватор	9800	21000	
агромост		25000	

1	2	3	4
6. Т – термін служби, років	8	8	Нормативно-довідковий матеріал для економічної оцінки с/г техніки.
7. Т _з – річне завантаження , год			
трактор	1210		
Культиватор	400	400	
агромост		1210	Нормативно-довідковий матеріал для економічної оцінки с/г техніки.
8. а – амортизаційні відрахування, %			
трактор	15		
Культиватор	15	15	
агромост		15	Нормативно-довідковий матеріал для економічної оцінки с/г техніки.
9. Вартість пального за 1 кг, грн	54 грн/л	2,64	
		грн/кВт	
10. г – коефіцієнт відрахувань на ремонт и технічне обслуговування, %			Нормативно-довідковий матеріал для економічної оцінки с/г техніки.
трактор			
культиватор	6,0		
агромост	16,0	16,0	
		6,0	

6.1 Витрати на оплату праці.

а) базовий варіант

Загальні витрати праці механізаторів складатимуть 1210 годин. Оплата проводиться по п'ятому розряду, денна тарифна ставка складає 85 грн.

Оплату по тарифу визначаємо за формулою:

$$\text{Тр фоп} = \frac{N_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}}}{7} = \frac{1210 \cdot 85}{7} = 14692,85 \text{ грн.}$$

де N год – кількість відпрацьованих годин;

T зм – змінна тарифна ставка;

7 – нормативна тривалість зміни.

Крім того для механізаторів у господарстві передбачено ряд доплат і надбавок до тарифної ставки. А саме доплата за продукцію – 50% від оплати по тарифу, доплата за інтенсивність роботи - 12% від оплати по тарифу, надбавка за складність роботи – 50 % від оплати по тарифу.

Таким чином загальні витрати на оплату праці механізаторів в базовому варіанті складатимуть.

$$14692,85 + 1611,89 + 1611,89 + 389,85 = 18306,48 \text{ грн.}$$

Оплата праці допоміжних робітників буде проводитись по третьому розряду, змінна тарифна ставка складатиме 55 грн.

Для цієї категорії робітників в господарстві передбачено зростання тарифних ставок на 80%. Витрати праці допоміжних робітників складатимуть 388 год.

$$\text{Тр фоп} = \frac{H_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}}}{7} = \frac{388 \cdot 55}{7} = 3048,57 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на оплату праці допоміжних робітників дорівнюють:

$$3048,57 + 3048,57 \cdot 0,8 = 4877,77 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на оплату праці в базовому варіанті складатимуть 23184,19 грн.

б) проектний варіант

Витрати праці механізаторів складатимуть 836 годин. Оплата по тарифу дорівнює 85 грн.

$$\text{Тр фоп} = \frac{H_{\text{год}} \cdot T_{\text{зм}}}{7} = \frac{836 \cdot 85}{7} = 10151,42 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на оплату праці механізаторів складатимуть:

$$10151,42 + 1113,67 + 1113,67 + 267,28 = 12646,04 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці допоміжних робітників не змінюються, тому в проектному варіанті витрати на їх оплату також складатимуть 4877,77 грн.

Загальні витрати на оплату праці в проектованому варіанті складатимуть 17523,81 грн.

6.2 Витрати на паливо-мастильні матеріали

а) базовий варіант

В базовому варіанті передбачаються витрати ПММ в розмірі 3789,8 кг. на весь період робіт. Комплексна ціна 1кг палива в господарстві 54 грн. тому витрати на ПММ складатимуть 204649,2 грн.

б) проектний варіант

Проектний варіант передбачає витрати електроенергії в розмірі 9539 кВт. год. Вартість одного кВт. год. складає 2,64 грн. Тому витрати на електроенергію складатимуть 25182,96 грн.

6.3 Визначення вартості амортизаційних відрахувань

а) базовий варіант

Балансова вартість трактора Т-70С складає 130000 грн. норма амортизації 15% від балансової вартості.

Таблиця 5.2

Фактична вартість амортизаційних відрахувань.

Марка трактора	Балансова вартість, тис. грн.	Ліквідаційна вартість, тис. грн.	Річне нормативне навантаження, год.	Фактично відпрацьовано, год	Амортизаційні відрахування, грн.
Т-70С	30,0	3,0	1200	1210	4050

Балансова вартість культиватора КОН-2,8 складає 80000 грн. норма амортизації 15% від балансової вартості.

$$AB = (БВ - ЛВ) \cdot НА = (80000 - 980) \cdot 0,15 = 1323 \text{ грн.}$$

де БВ – балансова вартість, грн;

ЛВ – ліквідаційна вартість, грн;

НА – норма амортизації.

б) проектний варіант

Балансова вартість агро мосту складає 25000 грн. При нормі амортизації – 15%, амортизаційні відрахування складуть:

$$AB = (250000 - 2500) \cdot 0,15 = 3375 \text{ грн.}$$

Для культиватора:

$$AB = (180000 - 2100) \cdot 0,15 = 2835 \text{ грн.}$$

Крім того основні виробничі витрати включатимуть в себе витрати на ремонт, ТО та зберігання техніки (10% від балансової вартості).

Для визначення річного економічного ефекту від впровадження агро мостової технології дані попередніх розрахунків занесемо до таблиці 6.2

6.4 Затрати на ремонт та технічне обслуговування

$$R = \frac{B \times r}{W_{\text{см}} \times T_3 \times 100}$$

а) базовий варіант

для трактора

$$R_t = \frac{30000 \times 6}{1,2 \times 1210 \times 100} = 1,24 (\text{грн} / \text{га})$$

для культиватора

$$R_k = \frac{9800 \times 16,0}{1,2 \times 400 \times 100} = 3,27 (\text{грн} / \text{га})$$

Всього: 4,51 (грн/га)

На весь обсяг робіт: 180,4 (грн)

б) проектний варіант

для агромота

$$R_t = \frac{25000 \times 6}{1,33 \times 1210 \times 100} = 0,93 (\text{грн} / \text{га})$$

для культиватора

$$R_k = \frac{21000 \times 16,0}{1,33 \times 400 \times 100} = 6,32 (\text{грн} / \text{га})$$

Всього: 7,25 (грн/га)

На весь обсяг робіт: 290 (грн)

Експлуатаційні затрати на весь обсяг робіт

$$C_e = \Pi + A + R + T, (\text{грн} / \text{га})$$

а) базовий варіант

$$C_e = 23184,19 + 5373 + 180,40 + 204649,2 = 233386,79 (\text{грн} / \text{га})$$

б) проектний варіант

$$C_e = 17523,80 + 6210 + 290 + 49206,76 = (\text{грн} / \text{га})$$

Питомі капітальні вкладення на одиницю виробітки

$$K_{уд} = \frac{Б}{T_3 \times W_{ЭК}}$$

а) базовий варіант

для трактора

$$K_{уд} = \frac{30000}{1210 \times 0,8} = 31 (\text{грн} / \text{га})$$

для культиватора

$$K_{удк} = \frac{9800}{400 \times 0,8} = 30,6 (\text{грн} / \text{га})$$

Всього: 61,6 (грн/га)

На весь обсяг робіт: 2464 (грн)

б) проектний варіант

для агромота

$$K_{уд} = \frac{25000}{1210 \times 1} = 20,7 (\text{грн} / \text{га})$$

для культиватора

$$K_{удк} = \frac{21000}{400 \times 1} = 52,5 (\text{грн} / \text{га})$$

Всього: 73,2 (грн/га)

На весь обсяг робіт: 2928 грн..

Приведені витрати

$$З = C + 0,15 \times K$$

а) базовий варіант

$$З_6 = 233386,79 + 0,15 \times 2464 = 233756,39 \text{ грн.}$$

б) проектний варіант

$$З_н = 49206,76 + 0,15 \times 2928 = 49645,96 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект по приведеним витратам

$$E = З_6 - З_н = 233756,39 - 49645,96 = 184110,43 \text{ грн.}$$

Впровадження агро мостової системи землеробства та модернізованого культиватора дозволить:

1. Підвищити продуктивність на

$$\frac{1,33 - 1,2}{1,33} \times 100\% \approx 9,7\%.$$

2. Зменшити витрату коштів на ПММ на 179466,24 грн.
3. Річний економічний ефект по приведеним затратам складає 184110,43 грн.
4. Термін окупності додаткових капітальних вкладень

$$N = \frac{180000 - 80000}{184110,43} \approx 0,6 \text{ року.}$$

Таблиця 6.3.

Визначення економічної ефективності

Показники	Варіант	
	базовий	проектний
1. Об'єм роботи, га	40	40
2. Продуктивність, га/год основного часу	1,2	1,33
3. Кількість нормо-годин в об'ємі робіт, год.	33,3	30,0
4. Затрати праці на об'єм робіт, люд.-год	33,3	30,0
5. Експлуатаційні затрати, грн.		
Заробітна плата з нарахуваннями	23184,19	17523,8
Вартість палива	204649,2	25182,96
Затрати на ТО, ТР і зберігання	1800,4	2900,0
Затрати на амортизацію	5373,0	6210,0
Всього	233386,79	49206,76
6. Капітальні вкладення, грн.	2464,0	2928,0
7. Приведені затрати, грн.	233756,39	49645,96
8. Річний економічний ефект, грн.		184110,43
9. Термін окупності приведених затрат, років		0,6

Висновок

Економічні розрахунки доводять доцільність впровадження розробленого робочого органу. Річний ефект складає 184110,43 грн. Обґрунтовані данні економічної ефективності проекту представлені в таблиці 6.3.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У нашій статті розглядається потенціал агромогового господарства: система АМАК дасть змогу автоматизувати майже 90% сільського господарства. Використання сучасних інформаційних технологій, комп'ютерної техніки та математичного інструментарію дає змогу системно підійти до розв'язання цієї проблеми, повною мірою врахувати всі фактори та оптимізувати систему технічних операцій і технічних засобів з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних та економічних умов сільськогосподарського виробництва.

Пройде небагато років і комп'ютери будуть керувати машинами, контролювати хід і якість виконання технологічних операцій. Але вже сьогодні потрібно робити перші кроки до автоматизації. Сьогодні необхідно враховувати ці тенденції при розбудові технічної політики держави в галузі сільськогосподарського машинобудування, при розробці нових сільськогосподарських машин та технологій.

За допомогою АМАК – системи можлива повна електрифікація землеробства, при цьому пропонується декілька варіантів технічних рішень, в тому числі з використанням вітрових і сонячних пересувних електростанцій середньої потужності. Не слід забувати й про негативний вплив ходових систем тракторів і автомобілів на ґрунт. АМАК – система в повній мірі вирішує цю проблему.

Розроблена математична модель борзнутворення різальним ножом ротаційного робочого органу. Утворювана борозна представляє жолоб, поперечний переріз якого має форму частини еліпса. Проекція борзони на горизонтальну площину являє собою паралелограм. Борозна відхилена від напрямку руху на кут ζ . Зі збільшенням кінематичного параметра λ кут ζ і ширина борзони зростають, а її довжина зменшується. Зі збільшенням кута атаки β ширина борзони зростає, а кут ζ зменшується. Кут атаки на довжину борзони практично не впливає.

На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтовані наступні параметри батарей ротаційних робочих органів:

- ширина робочого органу 226 - 237 мм, відстань між сусідніми робітниками органами і батареями 186 - 195 мм;
- кількість різальних ножів на робочому органі 10 штук, довжина ножа 261 - 274 мм, кут нахилу ножа до осі обертання 28 - 30 ; лезо ножа виконане по лінії еліпса з найменшою кривизною, а півосі еліпса відповідно дорівнюють 450 - 472 мм і 225 мм

Розроблений ротаційний робочий орган з активним приводом, що забезпечує якісне виконання поверхневої обробки ґрунту по глибині.

Макетний зразок знаряддя з активним приводом ротаційних робочих органів на передпосівній обробці ґрунту і обробці пари при швидкості руху 9 - 10 км/год, глибині обробки 5 - 6 см забезпечує не менше 98% підрізування смітних рослин, збереження 64,5% стерні, кришіння ґрунту 84 - 85%, гребнистість поверхні поля 1,4 - 1,6 см, середню висоту гребнів на дні борозни 1,8 см Зміст ерозійний - небезпечних часток розміром менше 1 мм у верхньому шарі ґрунту знизилося в порівнянні з їх змістом до виконання операції в середньому на 4%. Приведені показники відповідають агротехнічним вимогам на поверхневу обробку ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві. – К.: „Вища школа”, 1995, с 236.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: „Урожай”, 1994, с 446.
4. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 1/ А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. – К.: Агроосвіта, 2012. – 584 с.
5. Фортуна В.Й., Миронюк С.К. Технологія механізованих сільськогосподарських робіт. – К.: Вища школа, 1991 – 316 с.
6. Поляков О. Догляд за озимим ріпаком. Короткий календар основних агроприйомів / О. Поляков, С. Плетень, С. Томашов // Пропозиція. – 2010. – № 2. – С. 62–63.
7. Погорілий С. О., Молоцький М. Я. Технологія вирощування картоплі в Лісостепу України: Монографія. – Біла Церква: БДАУ, 2007. – 164 .
8. Кучко А.А. Довідник картопляра, К., Урожай, 1991. – 232. с.
9. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
10. Картопля / За ред. В. В. Кононученка, М. Я. Молоцького. – Біла Церква, 2002. – Т. 1. – 536 с.
11. Пастухов В. І Довідник з машиновикористання в землеробстві : навч. посіб. – Харків : Веста, 2001. – 344 с.
12. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. "Сільськогосподарські машини". - К.: Урожай, 1994 р.- 346 с.
13. Головчук А.Ф., Марченко В., Орлов В.Ф.,: Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Підручник: УЗ кн./ за ред. А.Ф. Головчука – К.:

«Грамота», 2005. – Кн. 3: Машинаи сільськогосподарські. – 576с.

14. Теслюк П. С., Молоцький М. Я. Практичний poradник картопляра. К.: Київ, 1999. – 258 с.

15. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / В.О.Єщенко, П.Г.Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; за ред.. В.О.Єщенко. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.

16. Про державну підтримку сільського господарства України: Закон України // Відомості Верховної Ради. – 2004. – № 49. – Ст. 527.

17. Шевченко І.А. Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників: Дис... докт. техн. наук: 05.05.11. – Мелітополь, 2003. – 403 с.

18. Булгаков В.М., Шелудченко Б.А. Самоорганізація ґрунтових структур. – К.: Видавництво НАУ, 1998. – 58 с.

19. Операційна технологія виробництва картоплі / За ред. В. І. Дзюби, В. Г. Батюти. – К.: Урожай, 1987. – 197 с.

20. Czyz E.A., Dexter A.R., Niedzwiecki J. Wplyw zawartosci ilu koloidalnego i substancji organicznej oraz gestosci objetosciowej na przewodnosc hydrauliczna nasycona i nienasycona warstwy ornej gleb // IBMER. – Warszawa, 2002. – S. 101-109.

21. Погорелый Л.В. Научно-методические принципы обоснования и прогнозирования направлений развития сельскохозяйственной техники нового поколения и гибких технологических систем // Науковий вісник НАУ. – К., 1999. – Т. 6. – С. 9-19.

22. Українська асоціація виробників картоплі. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.potatoclub.com.ua/>

23. Козаченко Б.О. Механізація виробництва картоплі: Довідник / Б.О. Козаченко, В.В. Кононученко. - К.: Урожай, 1991. - 176 с.

24. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. – К.: Изд-во Укр. акад. с.-х. наук, 1960. – 283 с.

25. Ротаційний сепаруючий робочий орган картоплезбиральної машини: Патент № 37836А. Україна // І.Шевченко, В.Ткачук, А.Курко. – 17.07.2001. Бюл. № 6. – 4 с.
26. Шевченко І.А., Ковязин О.С. Обґрунтування максимально можливої продуктивності пруткового двобарабанного сепаратора ґрунту // Праці ТДАТА. – Вип. 21. – Мелітополь, 2004. – С. 188-197.
27. Шевченко І.А., Ткачук В.С. Фізико-механічні властивості ґрунту і картоплі, які визначають технологічний процес роботи картоплезбиральних машин // Праці ТДАТА. – Вип. 1. Т. 16. – Мелітополь, 2000. – С. 124-131.
28. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держстандарт України, 1999. 22 с.
29. Василенко П.М. Основи аналітичних методів землеробської механіки / За ред. В.М.Булгакова, В.П.Василенко. – К.: Вид-во НАУ, 1998. – 29 с.
30. Nawozenie mineralne rowlin uprawnych / Z. Ciecko, W. Cwojdzinski, R. Czuba, E. Gorlach, W. Grzebisz, A. Grzeskowiak, E. Kaminski / Pod redakcja R. Czuby. – Szczecin: Police, 1996. – 413 s.
31. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. – К.: Урожай, 1991. – 472 с.
32. Ковязин О.С. Методика проведення експериментальних досліджень лемішно-барабанного сепаратора ґрунту // Праці ТДАТА. – Вип. 28. – Мелітополь, 2005. – С. 152-157.
33. Законах України «Про охорону праці». Документ 2694-ХІІ, **чинний**, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - [124-IX](#) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>