

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри

_____ Андрій ВОЙТІК
“ ” _____ 2024

ДИПЛОМНА РОБОТА

_____ магістр
(освітній ступінь)

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
САДОВИХ НАСАДЖЕНЬ З РОЗРОБКОЮ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПУШУВАЧА»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-3-ім,
спеціальність 208 «Агроінженерія»

_____ Олександр НЕЧЕПОРУК

Керівник: _____ Олександр ПУШКА

м. Умань – 2024

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень магістр
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Андрій ВОЙТІК
“ ” 2024

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

Нечипорук Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Удосконалення механізації обробітку ґрунту садових насаджень з розробкою конструкції розпушувача»

керівник роботи Пушка Олександр Сергійович, к.т.н., доцент

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

затверджена наказом вищого навчального закладу від

« » 202__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи 15.11.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Огляд стану питання в галузі існуючих машин для роботи в міжряддях садових культур. Аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд способів, технологій та конструкцій машин для роботи в міжряддях садів. 2. Теоретичний аналіз робочих органів машин. 3. Дослідження процесу пошарового обробітку ґрунту. 4. Охорона праці 6. Економічна ефективність. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Титульний лист. 2. Мета і задачі досліджень. 3. Огляд конструкцій ґрунтообробних агрегатів. 4. Обґрунтування конструктивних параметрів розпушувача. 5, 6. Аналітичні дослідження розпушення ґрунту. 7, 8. Методика 9, 10. Результати експериментальних досліджень. 11. Економічні показники.

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 (оглядовий)	19.05.2024	Виконав
2	Теоретичний	23.06.2024	Виконав
3	Експериментальний	15.09.2024	Виконав
4	Охорона праці	06.10.2024	Виконав
5	Економічний	03.11.2024	Виконав
6	Демонстраційна частина	12.11.2024	Виконав

Студент

(підпис)Олександр НЕЧИПОРУК

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)Олександр ПУШКА

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД СПОСОБІВ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ РОБОТИ В МІЖРЯДДЯХ САДОВИХ КУЛЬТУР	10
1.1. Аналіз існуючих засобів механізації.....	10
1.2. Аналіз патентних рішень.....	12
Висновок.....	17
2. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ В САДАХ.....	18
2.1. Математичне моделювання процесу.....	19
2.2. Аналіз отриманих залежностей.....	24
Висновки	27
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСНОВНОГО ПОШАРОВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	28
3.1. Аналіз процесу роботи модернізованого ґрунтообробного знаряддя.....	28
3.2 Методика визначення основних якісних показників в польових випробуваннях ґрунтообробного знаряддя для основного пошарового обробітку ґрунту	29
3.3 Вибір основних параметрів оптимізації та факторів впливу на якісні показники в польових випробуваннях ґрунтообробного знаряддя для основного пошарового обробітку ґрунту	40
3.4. Проведення польових випробувань.....	42
3.5. Результати експериментальних досліджень. Аналіз результатів польових випробувань.....	47
Висновки.....	55
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	56
4.1. Вимоги безпеки праці при обробітку ґрунту.....	56
4.1.1. Загальна положення.....	56

4.1.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.....	57
4.1.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи.....	57
4.1.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	58
4.1.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	58
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	59
Висновок	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

РЕФЕРАТ

В даній магістерській роботі розглядаються питання пов'язані з якістю обробітку ґрунту в садових насадженнях. На основі аналізу технологій і конструкцій сучасних машин для обробітку ґрунту в садах, запропонована власна конструкція яка в своїй основі має пошарове розпушення ґрунту. Параметри запропонованої конструкції машини обґрунтовані експриментально шляхом випробувань машини в різному конструктивному виконанні. Аналітично проаналізований процес взаємодії робочого органа з ґрунтом, розроблена математична модель роботи. Виконані експериментальні дослідження на підтвердження адекватності моделі.

Виконані техніко-економічні розрахунки показують, що від впровадження даної конструкції у виробництво можна отримати прогнозований річний економічний ефект становить 13806 грн.

Ключові слова: обробіток ґрунту, розпушувач, ґрунтозахисний робочий орган.

ВСТУП

В досягненні високих врожаїв при низьких затратах праці велике значення має механізований догляд за садовими насадженнями, які займають значне місце в нашому сільському господарстві. Механізований догляд слід розглядати не як сезонну операцію, а як цілий комплекс механізованих робіт, спрямованих на одержання високих врожаїв з мінімальними затратами праці і коштів.

Завданням догляду за рослинами у широкому розумінні цього слова є:

- підтримання поверхневого шару ґрунту у стані, що забезпечує економне витрачання запасів вологи протягом всього періоду вегетації рослин;
- створення умов для достатнього повітрообміну та нормального теплового режиму у ґрунті;
- очищення полів від бур'янів та шкідників;
- боротьба із захворюваннями рослин та запобігання їм;
- підживлення.

Догляд за рослинами є досить трудомісткою операцією, бо повторюється кілька разів протягом періоду вегетації.

Промисловість випускає досить значну кількість машин для міжрядного обробітку садових насаджень. В міру застосування найновішої техніки і хімічних засобів трудові затрати на догляд за садами зменшуються. Але щоб досягти цього, всі заходи догляду за рослинами потрібно виконувати у правильному поєднанні з іншими технологічними операціями вирощування сільськогосподарських культур.

Створювані нові ґрунтообробні агрегати орієнтовані як правило на поєднання декількох операцій, використання широкозахватних агрегатів, застосування підвищених швидкостей. Все це дозволяє не тільки скоротити затрати праці, але і зменшити потребу в машинах, виконати всі роботи в більш стислі строки.

Не зважаючи на це, потреба у нових просапних ґрунтообробних машинах залишається високою. Це пов'язано з тим, що дуже важко створити машину, що може працювати в різних ґрунтово-кліматичних умовах і, що важливо, виконувати технологічний процес з дотриманням агротехнічних вимог.

Мета роботи – є дослідження і обґрунтування геометричних параметрів глибокорозпушувача для пошарового деблокованого обробітку ґрунту в садових насадженнях.

Задачі досліджень:

- провести аналіз впливу робочих органів на якість та врожайність садових культур при обробітку ґрунту;
- провести теоретичні дослідження, встановити залежність окремих параметрів робочих органів на якісні показники їх роботи;
- провести попередні польові дослідження на базі серійних робочих органів для глибокого обробітку ґрунту;
- розробити математичну модель взаємодії робочого органу з ґрунтом та встановити їх вплив на якісні показники його роботи;
- провести техніко-економічний аналіз ефективності запропонованої конструкторської розробки

Об'єкт дослідження. Здійснення глибокого обробітку ґрунту передбачається агрегатом, який включає трактор тягового класу 30кН та розроблений глибокорозпушувач для пошарового обробітку ґрунту, робочі органи якого встановлено у три ряди. Першим рядом робочих органів глибокорозпушувача є долотоподібний чизельний робочий орган який забезпечує глибину обробітку ґрунту до 25см. Другим рядом є долотоподібні робочі органи які працюють на глибині 35см. Робочі органи другого ряду можуть міняти своє положення як по ширині розташування так і по довжині (на рамі машини) відносно першого ряду робочих органів, які можуть міняти своє положення лише по ширині розташування. Третій ряд робочих органів здійснює глибокий обробіток ґрунту 45...50 см , і може змінювати своє розташування відносно другого ряду по довжині машини.

Предмет дослідження. Визначення взаємозв'язку якісних показників роботи від параметрів ґрунтообробного знаряддя пошарового обробітку.

Методи досліджень. В якості основних методик використовувалась методика моделювання експерименту, де за основу було прийнято методика оптимізації математичного моделювання. Всі розрахунки виконано з використання ПЕОМ.

Наукова новизна. Полягає в розробці ґрунтообробного знаряддя для пошарового обробітку з забезпеченням деблокованого різання.

Практична цінність і реалізація результатів досліджень. Результати досліджень є основою для розробки глибокорозпушувача для пошарового обробітку ґрунту в садових насадженнях.

Обсяг і структура роботи. Робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури. Робота викладена на 70 сторінках машинописного тексту, містить 13 таблиць, 17 рисунків. Список використаної літератури включає 24 найменувань.

1. ОГЛЯД СПОСОБІВ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ РОБОТИ В МІЖРЯДДЯХ САДОВИХ КУЛЬТУР

1.1. Аналіз існуючих засобів механізації

Вирощування та догляд за садовими насадженнями у порівнянні з обробкою однорічних культур відрізняється великою різноманітністю агротехнічних прийомів і складністю їх виконання. Обґрунтовується це тим, що в садівництві, крім звичайних агротехнічних прийомів по обробці ґрунту, внесенню добрив і збиранню врожаю, виконують ще такі важливі та обов'язкові операції, як глибоке рихлення міжрядь для поновлення плантажу, обробка ґрунту між деревами та кущами з метою створення сприятливих умов для живлення і розвитку кореневої системи насаджень. Велике значення мають агротехнічні засоби по догляду за деревами та кущами: обрізання, підв'язка, катарування і зелені операції, щоб управляти ростом рослин та створити оптимальні умови плодоношення.

Для захисту врожаю і насаджень від шкідників і хвороб, підвищення якості врожаю вирішальне значення має хімічна обробка садів: обприскування, обпилення і фумігація. Не менш трудомістка і важка закладка нових насаджень, особливо при використанні для цих цілей схилів і незручних земель. Також потребує великих затрат праці виробництво прищеп та іншого посадкового матеріалу.

На обробці садів і виноградників, починаючи від закладки нових насаджень і закінчуючи збиранням урожаю, необхідно виконати більше 60 операцій. До особливостей міжрядного обробітку садів і виноградників слід також віднести наступне: – велика ширина міжрядь; – необхідність обробки ґрунту з різною глибиною по ширині міжрядь.

Для збереження кореневої системи рослин близько рядків глибина обробки невелика, а для поновлення плантажу в середній зоні міжряддя глибина обробки досягає до 30 см.

На сьогоднішній день відомі різні конструкції робочих органів для розпушування ґрунту – плоскорізи-глибокорозпушувачі, культиваторні лапи, чизельні наральники, дискові знаряддя і ін.

Для виконання комплексу робіт по догляду за садовими насадженнями застосовують серійні машини: плуг-розпушувач виноградників ПРВМ-3 з пристроями: ПРВМ-11000 - для обробітку ґрунту в рядках; ПРВМ-12000 – для накривання ґрунтом рядків виноградника, ПРВМ-13000 - для укладання виноградної лози, ПРВМ-14000 – для внесення в ґрунт мінеральних добрив на глибину до 25 см і ПРВМ-19000 – для нарізування поливних борозен завглибшки до 25 см. Проте приведені машини не виконують важливої функції знищення бур'янів та трави між деревами, а також не забезпечують внесення добрив в прикореневій зоні.

В даний час для глибокого рихлення використовують пасивні робочі органи (стійки з лапами) пристосування ПРВМ-53, які монтуються на машину ПРВМ-2,5А. Як показав досвід їх використання, вони не повністю задовольняють агротехнічним вимогам: недостатня зона рихлення по ширині міжряддя, тому корені перерізаються в одному і тому ж місці, туди ж і попадають добрива; часті випадки обриву скелетних коренів; на важких ґрунтах, через великий тяговий опір, машину приходится агрегатувати з трактором класу 3 т, що не дозволяє виконувати цей агрозахід на масивах, де вирощуються ягідні кущі смородини, агрусу.

Різними дослідниками приймалися спроби створення робочих органів і машин, які б могли реалізувати нові ідеї виконання операції поновлення плантажу. Однак всі спроби зводились до збільшення кількості розпушувальних стійок, які йдуть на одній і тій же глибині (50...60 см), що дозволяє тільки розширити зону розпушування. Але розширення зони і глибини розпушування за рахунок простого збільшення кількості пасивних робочих органів приводить до різкого збільшення тягового опору машини. Причому інші недоліки – обривання коренів, можливість зміни місця розрізування коренів, локальне в зону рядка внесення добрив не ліквідуються.

Тому пошуки більш раціональних методів глибокого рихлення ґрунту в міжряддях садових насаджень є актуальними. Найбільш перспективним напрямком являється розробка комбінованої машини в якій поєднується застосування різних робочих органів – для основного рихлення ґрунту в міжряддях, спеціального обробітку ґрунту в зоні рядка та внесення добрив. Перспективним напрямком розвитку конструкцій машин для міжрядного обробітку ґрунту в міжряддях содових насаджень є використання активних робочих органів.

1.2. Аналіз патентних рішень

Існує технічне рішення № 43519 (рис.1.1.) в якому щоб лапи не вивертало, а також за рахунок підвищення конструктивної надійності самої стійки для того, щоб витримувати пахотні навантаження.

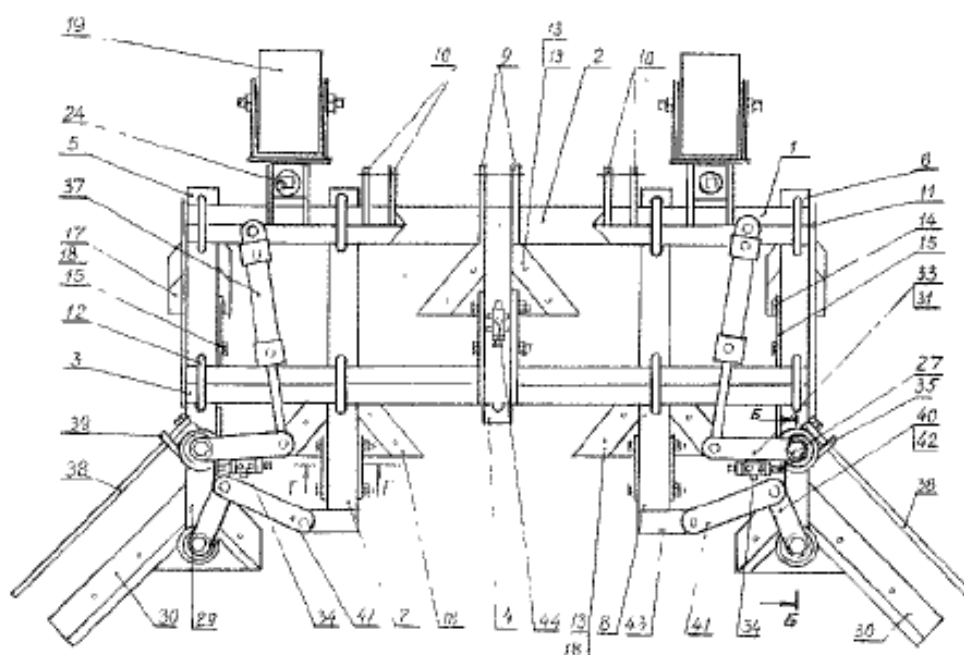


Рис. 1.1. Технічне рішення за А.С. № 43519

Агрегат для обробки ґрунту в рядах та міжряддях (рис.1.1.) містить раму 1, яка складена з двох поперечних брусів 2 і 3 та поздовжніх брусів- грядилей центрального 4, крайніх 5 і 6, проміжних 7 і 8, які створюють тим самим статичну прямокутну форму, яка здатна сприймати значні на-вантаження Брус

представляє собою зварну конструкцію коробчатої форми із сталевих рівнобоких уголків. Рама 1 має засоби кріплення навіски до тягового засобу, в якості якого використовують трактори ХТЗ-121 або Т-150. У винаході засоби кріплення виконані у вигляді проушин 9 для кріплення центральної тяги трактора і змонтованими по обох сторонах рами проушин 10, призначених для кріплення поздовжніх тяг трактора. Проушина 9 жор-стко скріплена з брусами 2 і 3 рами, проушини 10 закріплені на передньому брусі 22.

Для підвищення жорсткості рами 1 до крайніх грядилей 5 і 6 додатково приварені пластини 11. Для кріплення поздовжніх брусів - грядилей (надалі в тексті - грядиль) і створення більш надійного кріплення до рами використовують стрем'янки 12. На центральному 1 і проміжних 7 і 8 грядилях змонтовані робочі органи 13, призначені для обробки ґрунту в міжряддях.

Робочі органи 13 прикріплені до грядилей за допомогою кріпильних деталей 14. При цьому для забезпечення надійності цього кріплення у верхній частині робочих органів із з обох сторін приварені пластини 15. Робочі органи 13 представляють собою стійки 16, до нижніх частин яких приварені основи 17, на яких кріпильними деталями кріплять сапальні лапи 18. Стійки 16 мають в поперечному перетині форму рівнобедреного трикутника, виконані зварними з листової сталі. Стійки 16 спрямовані гострим кутом поперечного перетину в напрямі руху тягового засоба.

Виконання стієк порожнистими з площиною поперечного перетину, яка дорівнює площині суцільного перетину стоеєк, які замінують, встановлення їх гострим кутом поперечного перетину в напрямку руху тяго-вого засоба забезпечує підвищену жорсткість, підвищену МІЦНІСТЬ і більш високу надійність при роботі на важких кам'янистих ґрунтах, що дозволяє витримувати значні навантаження без поломок і вивертання стієк.

Таким чином, у винаході була поставлена задача створення надійної конструкції для обробки важких кам'янистих ґрунтів в рядах між кущами винограджників одночасно з культивацією міжрядь, спрощення системи керування відводом лан, забезпечення мінімального радіусу обробки ґрунту

навколо штабів при збереженні можливості регулювання глибини обробки ґрунту без ускладнення

Конструкції.

Поставлена у винаході задача вирішується тим, що в агрегаті для обробки ґрунту в рядах та міжряддях, який містить тягловий засіб, раму, опорні колеса, пристрій для їх кріплення до рами, робочі органи, пристрій для міжкустової обробки, який містить поворотні лапи, механізм їх повороту з підприводом та датчиком місцеположення куста, згідно до винаходу.

Виконання пристрою для міжкустової обробки розділеним, а саме у вигляді двох опозитно розміщених верхнього та нижнього валів, їх зв'язок (з'єднання), виконаний за допомогою коліна, дозволяє значно спростити конструкцію і забезпечити можливість зменшення до мінімуму радіуса обробки зони навколо штаба при зберіганні відносно високої швидкості переміщення тяглого засобу. Завдяки виконанню механізму переміщення (повороту) поворотних лап у вигляді закріплених на верхньому валі упору та важеля, на якому змонтовано золотник підрозподільника підприводу з можливістю взаємодії із згаданим упором, значно спрощують кінематичну схему і підвищують надійність роботи, тому що механізм переміщення встановлюють на валі у безпосередній близькості від щупа, завдяки чому не потребується багатоланковість кінематичної схеми для передачі руху.

Додаткове забезпечення механізму переміщення (повороту) поворотних лап механізмом від вода (поворотних) лап, який виконаний у вигляді шар-нірно з'єднаних між собою планок, які закріплені на нижньому валі і на рамі з можливістю переміщення при повороті нижнього вала і взаємодії з (поворотними) лапами, дозволяє надати поворотним лапам додаткового імпульсу і тим самим скоротити час у воду та виводу поворотних лап із ряду, а це, в свою чергу, забезпечує мінімальну зону обробки ґрунту навколо штабу з виключенням можливості його пошкодження і необхідності подальшого ви-

користання ручної праці при скопуванні. Бо за агротехнічними вимогами у випадку, якщо необроблена зона навколо штамба значна, потребуються додаткові витрати на цаповку ґрунта.

Завдяки виконанню робочих органів, які призначені для роботи в міжрядді, у вигляді стоек, які мають в поперечному перетині форму рівнобедрених трикутників, і їх встановленню гострим кутом перетину у напрямку загального руху тяглового засобу агрегата, забезпечують сприйняття стойками значних навантажень, яке, однак, виключає їх поломку, вивертання при роботі на важких ґрунтах.

Існує технічне рішення плоско ріжучої лапи за а.с.№1664130 де метою винаходу є покращення ерозійної устойчивості ґрунту і зменшення тягового опору (рис 1.2.)

Ґрунтозахисний робочий орган складається з стійки 1, плоско ріжучої лапи 2, на крилах 3 яких розміщені розсікачі 4, V- подібної форми. Кожний розсікач 4 має розрихлювач 5 з хвостовиком 6. Передній профіль ріжучої кромки 7 стійки 1 і ріжучих кромок 8 хвостовиків 6 зігнутих по кривій «Лемніската» забезпечує вичісування і виніс рослинних залишків в гору з мінімальним опором виконуючи при цьому слой дернини, який зберігає ґрунт від вітрової і водної ерозії.

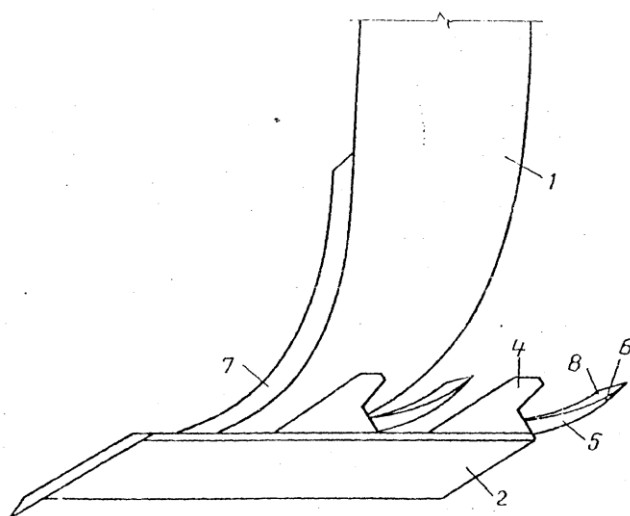


Рис. 1.2. а.с. №1664130 Ґрунтозахисний робочий орган

Ґрунтозахисний робочий орган працює наступним чином. При руху робочого органа в ґрунті ґрунтовий шар підрізається плоскоріжучою лапою лапою 2 і піднімається крилами 3.

При цьому в нижній частині шару ґрунту виникають мілкі тріщини, які при подальшому руху шару заглиблюються і розширюються. Одночасно ріжуча кромка 7 стійки 1 розрізає шар ґрунту на дві частини. При цьому форма переднього профілю ріжучої кромки 7 забезпечує зниження зусилля різання і виносить в гору по криволінійній кромці 7 рослинні залишки для утворення протиерозійної дернини. Потім кожна частина шару ґрунту розрізається розсікачами 4 на паралельні ґрунтові полоски. Нижня частина кожної полоси деформується профільними поверхнями розсікачів 4 і розрихлювачів 5. Верхня частина полоси потрапляючи на ріжучу кромку 8 хвостовика 6, ламається і подрібнюється на мілкі частинки, а рослинні залишки вичісуються і виносяться в верх по криволінійним кромкам 8 хвостовиком 6 з мінімальним опором, при цьому образується шар дернини, який захища ґрунт від вітрової і водної ерозії.

Також існують глибокорозпушувачі типу ГУГ -1 (рис.1.3.) який призначений для розпушування ущільненого ґрунту в міжряддях садових насаджень і кущових ягідниках.



Рис.1.3. Глибокорозпушувач ГУГ-1

Глибокорозпушувач ГУГ-1 має продуктивність 1,4-1,6 га/год, ширина між смугами розпушування 1,1-1,5 м, робоча швидкість 3-4 км, глибина розпушування до 0,45м.

Для знищення бур'янів в міжряддях садів використовують дискові борони типу БД-1 і інші (рис.1.4.)



Рис.1.4. Дискова дорона БД-1

Вона передбачає осінню оранку або дискування, розпушування ґрунту ранньою весною (закриття вологи) та декількаразовий весняно-літній обробіток (культивуація, дискування).

Таким чином, система утримування ґрунту в садах є одним із найважливіших заходів з догляду за ними, від якого значною мірою залежать ріст, урожайність, а також якість, лежкість і собівартість плодів.

Висновок

Аналіз досліджень та практичних напрацювань в галузі удосконалення машин для міжрядного обробітку вказує на такі основні напрямки їх удосконалення: підвищення зносостійкості робочих органів; підвищення підрізаючої спроможності; покращення сталості ходу по глибині та за шириною захвату; оптимізація загальної компоновки машини; створення принципово нових робочих органів.

2.ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ В САДАХ

Підвищення продуктивності сільськогосподарських машин і агрегатів - одна з задач, що стоять перед сільським господарством України, виконання якої пов'язане з подальшою розробкою нових і модернізації вже існуючих машин і агрегатів.

Вдосконалення робочих органів — це правильний підбір їх відповідно до ґрунтово-кліматичних умов даної місцевості. Адже для умов півдня України існує такий ряд проблем, як пересушення ґрунтів, їхня слабка розпушеність унаслідок пересушення.

Розробка теоретичних основ і практичних прийомів отримання високих і стійких урожаїв в різних ґрунтово-кліматичних зонах – найважливіша задача. Тому, при правильному застосуванні техніки та агрегатів на с.-г. угіддях можна добитися значних результатів.

При розгляданні процесу підготовки ґрунту ґрунтообробним агрегатом можливо обрати декілька критеріїв оцінювання роботи :

- ступінь спущування, %;
- ступінь збереження стерні, %;
- глибина обробки, м;
- тягове зусилля процесу обробки ґрунту, Н.

Але при більш детальному розгляданні цих критеріїв для подальших дослідів обираємо лише два критерії, ступінь спущування та ступінь збереження стерні. Ці критерії є більш важливим при розгляданні процесу підготовки ґрунту комбінованим ґрунтообробним агрегатом.

Перший з критеріїв практично відповідає на таке запитання як агрофізичний властивості ґрунту.

Другий з критеріїв, пов'язано із збереженням на поверхні стерні і тим самим захист ґрунту від розвитку ерозійних процесів.

Що стосується тягового зусилля процесу обробки ґрунту, то в свій час про це писав В.П. Горячкін: „Технологічний процес направлений на зниження енергоємності, дуже важливе питання в сільськогосподарському виробництві. Але ні яке зниження не може бути виправданим якщо воно не відповідає якості”. Глибина обробки теж дуже важливе питання. Але, якщо відхилення лежить в агротехнічно припустимих межах, в порівнянні з встановленою глибиною, то це вплине на технологічний процес не дуже значно.

Таким чином, ми вважаємо, що перші два критерії більш значні і складають по значності більш 90%, так як вони позитивно вплинуть на якість обробки ґрунту, що в свою чергу призведе до збільшення економічного ефекту.

2.1 Математичне моделювання процесу

Згідно з експлуатаційними розрахунками рекомендована швидкість чизельного агрегату складає 11 км/год. Агротехнічні норми швидкості знаходяться в діапазоні 7...11 км/год. Розглянемо вплив агропустимої швидкості та кута нахилу стояка на якість спущення ґрунту.

Теоретичну оцінку впливу кута нахилу стояка чизельної лапи та швидкості руху машинно-тракторного агрегату на ступень розпушення ґрунту при роботі чизельного робочого органу здійснюємо у два етапи. Спочатку приймаємо швидкість $V = \text{const} = 2,5$ м/с, а змінним параметром кут нахилу α . Потім сталим параметром приймаємо кут нахилу $\alpha = \text{const} = 45^\circ$, а змінним – швидкість V .

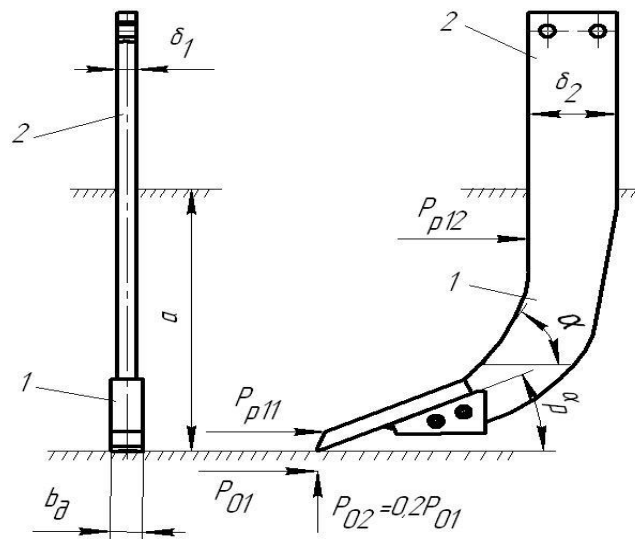


Рисунок 2.1 – Схема сил, діючих на робочий орган чизеля:

1 – долото; 2 – стояк; P_{01} – дотична складова опору розпушення ґрунту робочим органом чизеля; P_{02} – нормальна складова опору розпушення ґрунту робочим органом чизеля; P_{p11} , P_{p12} – тяговий опір різанню ґрунту відповідно долотом та стояком.

Ступень розпушення ґрунту i визначаємо за формулою [14]:

$$i = \frac{1}{i_0} \left(\frac{2 \cdot K_1 \cdot E_v}{G^2} + 1 \right), \quad (2.1)$$

де i_0 - початковий ступень розпушення;

K_1 - питомий коефіцієнт опору розпушування ґрунту чизельною лапою [14]:

$$K_1 = \frac{P_{p11} + P_{p12}}{b_\partial \cdot a}, \quad (2.2)$$

тут P_{p11} - тяговий опір різанню ґрунту долотом, кН;

P_{p12} - тяговий опір різанню ґрунту стійкою, кН.

Тяговий опір різанню ґрунту долотом визначаємо за формулою [2]:

$$P_{p11} = C_{y\partial} \left[\frac{0,66 \cdot a^2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2}{\cos(\alpha_p + \varphi_2)} + b_\partial \cdot a \right] \cdot \operatorname{tg}(\alpha_p + \varphi_2) + 4,9 \cdot b_\partial \cdot a^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi_2) \times$$

$$\times \gamma \cdot \left[\sin \varphi_2 + \cos(\alpha_p - \varphi_2) \cdot \cos \alpha_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \right] + K' (Z + \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot X) \cdot b_\partial + \frac{9,81 \cdot b_\partial \cdot a \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2, \quad (2.3)$$

де $C_{y\partial}$ - питоме зчеплення часток ґрунту, кН/м²;

a - глибина розпушення ґрунту, м;

φ_2 - кут внутрішнього тертя ґрунту, град;

α_p - кут різання долота, град;

b_∂ - ширина долота, м;

γ - щільність ґрунту, т/м³;

φ_1 - кут зовнішнього тертя ґрунту, град;

K' - гранична несуча здатність ґрунту, кН/м²;

$X = Z$ - площадка затуплення долота, м;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

θ - задній кут долота, град;

V - швидкість руху МТА, м/с.

Тяговий опір різанню ґрунту стійкою визначаємо за формулою [14]:

$$P_{p12} = C_{y\partial} \left[\frac{0,66 \cdot (a - a_1)^2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2}{\cos(45^\circ + \varphi_2)} + \delta_1 \cdot (a - a_1) \right] \cdot \operatorname{tg}(45^\circ + \varphi_2) + 4,9 \cdot \delta_1 \cdot (a - a_1)^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi_2) \times$$

$$\times \gamma \cdot \left[\sin \varphi_2 + \cos(\alpha - \varphi_1) \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \right] + 2(a - a_1)^2 \cdot \left(0,5C_{y\partial} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ + \varphi_2) + \operatorname{ctg} \alpha \right] \cdot \left[\frac{0,66 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2}{\cos(45^\circ + \varphi_2)} \right] + \right.$$

$$\left. + 4,9\delta_2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi_2) \sin \varphi_2 \cdot \gamma \right) \times \operatorname{tg} \varphi_1 + \frac{9,81 \cdot \delta_1 \cdot (a - a_1) \cdot \gamma}{g} \cdot V^2, \quad (2.4)$$

де a_1 - робоча висота долота, м;

δ_1 - товщина стійки, м;

δ_2 - ширина стійки, м;

α - кут нахилу стійки до горизонталі, град;

E_v - модуль пружності ґрунту, кН/м²;

G - внутрішня напруга початкового структурного агрегату розміром $D_{\kappa 50н}$, кН/м²;

$$D_{\kappa 50н} = \frac{\sqrt[3]{a \cdot b \cdot K_L}}{i_0}, \quad (2.5)$$

K_L - приведений коефіцієнт довжини, $K_L = 1$;

$$G = \frac{1}{2D \cdot \cos(\alpha_p + \varphi_2) \cdot K_L} + \sqrt{\frac{1}{4D^2 \cos^2(\alpha_p + \varphi_2) \cdot K_L^2} + \frac{2 \cdot K_1 \cdot E_v}{\cos(\alpha_p + \varphi_2) \cdot K_L}}, \quad (2.6)$$

тут D - позначення:

$$D = \frac{9,81\pi \cdot d_{50c}^3 \cdot \Delta(1 - \cos \alpha_0)}{6 \sin \alpha_0} \cdot \left[K_3 - K_4 \left(A_1 + \frac{C_{y0}}{0,25\gamma} \cdot t_2 \right) \right] \cdot [d_{50c}(1 + 2 \sin \alpha_0) + D_{\kappa 50н}], \quad (2.7)$$

тут d_{50c} - розмір часток каркасу ґрунту, складаючих 50% по масі, м;

Δ - питома маса ґрунту, т/м³;

α_0 - кут укладання часток ґрунту, град:

$$\alpha_0 = \arccos \left(0,5 \left(1 + \sqrt[3]{S_1 + S_2} - \left| \sqrt[3]{S_1 - S_2} \right| \right) \right), \quad (2.8)$$

тут S_1, S_2 - позначення:

$$S_1 = 0,5 - 0,172 \frac{\Delta}{\gamma} (1 + \omega), \quad (2.9)$$

$$S_2 = \sqrt{5 - 0,34 \frac{\Delta}{\gamma} (1 + \omega)}, \quad (2.10)$$

тут ω - вагова вологість ґрунту, долі;

K_3, K_4 - аналітичні коефіцієнти:

$$K_3 = 1 + 10^{\epsilon_0} + 10^{2\epsilon_0} + 10^{3\epsilon_0} + \dots + 10^{(n_{kp}-1)\epsilon_0} + 10^{n_{kp}\epsilon_0} = 2,8 \cdot 10^{n_{kp}\epsilon_0}, \quad (2.11)$$

$$K_4 = 1 + 10^{\epsilon_0} + 10^{2\epsilon_0} + 10^{3\epsilon_0} + \dots + 10^{(n_{kp}-3)\epsilon_0} + 10^{(n_{kp}-2)\epsilon_0} (1 + 2\cos^2 \alpha_0 + 4\cos^4 \alpha_0) = 2,8 \cdot 10^{(n_{kp}-3)\epsilon_0} + 2,5 \cdot 10^{(n_{kp}-2)\epsilon_0}, \quad (2.12)$$

$$\epsilon_0 = (\lg 2) \cdot (\cos^2 \alpha_0 + 2\cos^4 \alpha_0) \quad (2.13)$$

n_{kp} - критичний степінь:

$$n_{kp} = \frac{\lg \left\{ 3\gamma \cdot \mu \cdot 9,81 \left[\pi^3 \cdot d_{50c}^3 (9,81 \cdot \Delta)^3 \cdot D_{\kappa 50H}^2 \right]^{-1} \right\}}{a_0 + 2 \cdot \epsilon_0}, \quad (2.14)$$

тут μ - коефіцієнт розпушуваності ґрунту,

$$\mu = \frac{\gamma}{\Delta}, \quad (2.15)$$

a_0 - позначення:

$$a_0 = (\lg 3) \cdot (\cos^2 \alpha_0 + \cos^4 \alpha_0), \quad (2.16)$$

A_1 - аналітичний коефіцієнт, залежний від кутів внутрішнього тертя,
укладання часток ґрунту:

$$A_1 = \frac{2 \sin \varphi_2 \cdot \cos^2 \alpha_0 \cdot \sin(\varphi_2 + \alpha_0) + [\cos \varphi_2 + \sin(\varphi_2 + \alpha_0)] \cdot (1 + 2\cos^2 \alpha_0) \cdot \sin \varphi_2 \cdot \sin \alpha_0}{\sin(\varphi_2 + \alpha_0) [\sin \varphi_2 - \cos(\varphi_2 + \alpha_0)]}, \quad (2.17)$$

t_2 - позначення:

$$t_2 = \cos^2 \alpha_0 (1 + \sin \alpha_0) + \sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 (2 + 3\cos^2 \alpha_0) \quad (2.18)$$

В процесі математичного моделювання факторами від яких залежить ступень розпушення ґрунту виступають [13;14]:

- швидкість руху МТА $V = 1,94...3,06$ м/с з кроком 0,01м/с;
- кут нахилу стійки до горизонталі $\alpha = 45^0...135^0$ з кроком 15^0 .
- початковий ступень здрібнювання, $i_0 = 1$;
- питоме зчеплення часток ґрунту, $C_{\text{yo}} = 1,4$ кН/м²;
- глибина розпушення ґрунту, $a = 0,25$ м;
- кут внутрішнього тертя ґрунту, $\varphi_2 = 30^0$;
- кут різання долота, $\alpha_p = 30^0$;
- об'ємна маса ґрунту, $\gamma = 1,18$ т/м³;
- кут зовнішнього тертя ґрунту, $\varphi_1 = 22^0$;
- гранична несуча здатність ґрунту, $K' = 500$ кН/м²;
- площадка затуплення долота, $X = Z = 0,0015$ м;
- прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²;
- задній кут долота, $\theta = 10^0$;
- робоча висота долота, $a_1 = 0,1$ м;
- товщина стійки, $\delta_1 = 0,025$ м;
- модуль пружності ґрунту, $E_v = 33,5 \cdot 10^3$ кН/м²;
- приведений коефіцієнт довжини, $K_L = 1$;
- розмір часток каркасу ґрунту, складаючих 50% по масі, $d_{50c} = 0,001$ м;
- питома маса ґрунту, $\Delta = 1,475$ т/м³;
- вагова вологість ґрунту, $\omega = 0,151$;
- ширина стійки, $\delta_2 = 0,14$ м.

2.2 Аналіз отриманих залежностей

При розрахунку ступеню розпушення ґрунту використовуємо формули (2.1)-(2.18).

Аналізуючи залежність ступеня розпушення ґрунту від кута нахилу стояка чизельної лапи (рис.2.2), бачимо, що зі збільшенням кута нахилу в діапазоні від 45 до 95 градусів (на рисунку показана зона відокремлена двома червоними вертикальними лініями) ступень подрібнювання ґрунту збільшується від 8,3 до 9,05, що є позитивним в плані підвищення якості підготовки ґрунту чизельним робочим органом.

Аналізуючи графік (рис.2.3) бачимо, що збільшення швидкості призведе до зменшення ступеня подрібнювання ґрунту. Експлуатація МТА на максимальній агродопустимій швидкості 11 км/год. призводить до зменшення майже на 7,3 % якості здрібнювання ґрунту. Згідно цих міркувань оптимальною швидкістю є нижча агродопустима швидкість 7 км/год.

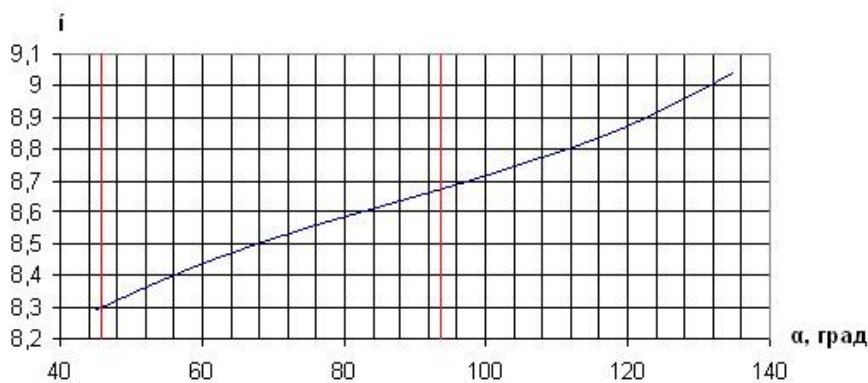


Рисунок 2.2 - Залежність ступеня розпушення ґрунту від кута нахилу стояка ґрунтообробної лапи при $V=2,5$ м/с



Рисунок 2.3 - Залежність ступеня розпушення ґрунту від швидкості руху МТА при $\alpha=45^\circ$

Зробити загальну спільну оцінку того, як впливають різні варіанти комбінацій кута нахилу стояка та швидкості руху на ступень розпушення можливо якщо побудувати поверхню відгуку (рис.2.4)

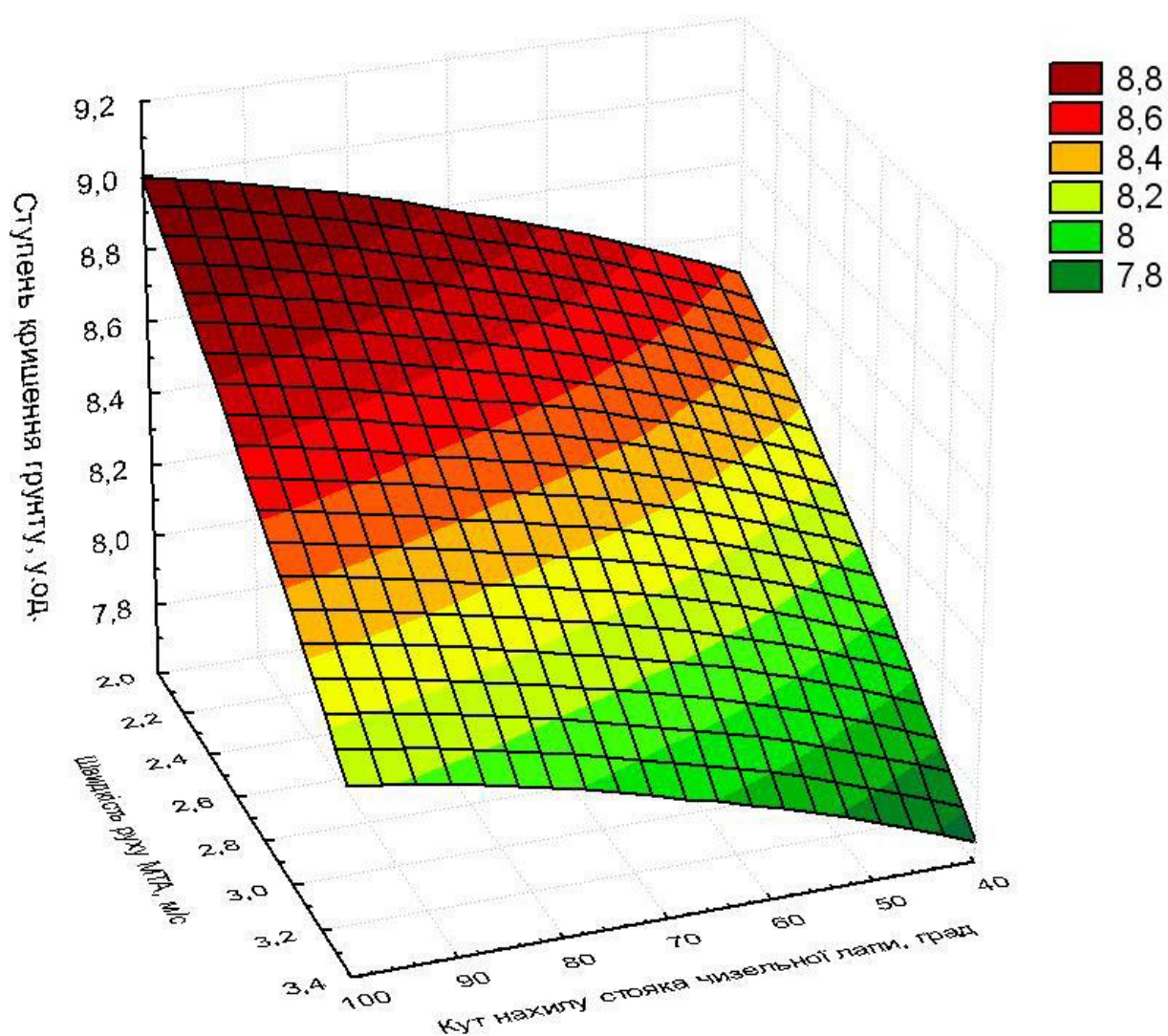


Рисунок 2.4 - Залежність ступеня подрібнювання ґрунту від кута нахилу стояка лапи та швидкості руху МТА

Точки поверхні, які мають коричневе забарвлення, мають найвище значення ступення розпушення ґрунту. Отже визначення координат “коричневих” точок дає змогу знати ті комбінації кута нахилу лапи та швидкості руху при яких отримуємо найвищий ступень подрібнювання ґрунту.

Висновки.

Аналіз результатів теоретичних досліджень показав, що зі збільшенням кута нахилу в діапазоні від 45 до 95 градусів [13] при сталій швидкості 2,5 м/с ступень подрібнювання ґрунту збільшується майже на 9%, що є позитивним в плані підвищення якості підготовки ґрунту робочим органом.

Залежність ступеня розпушення ґрунту від швидкості руху МТА за зазначених умов є зворотно пропорційною. Збільшення швидкості призводить до зменшення якості розпушення. Експлуатація МТА на максимальній агротехнічно допустимій швидкості 11 км/год. призводить до втрат майже на 7,3% в якості здрібнювання ґрунту ніж при мінімальній швидкості. Згідно цих міркувань оптимальною швидкістю є нижча агротехнічно допустима швидкість 7,5...8,5 км/год.

Отримавши поверхню, яка зображує усі можливі значення ступеня розпушення ґрунту, маємо змогу знати ті комбінації кута нахилу та швидкості руху, при яких отримуємо найвищий ступень подрібнювання. Максимум $i=9,06$ досягаємо при швидкості руху 1,8 м/с та куті нахилу стояка 95 градусів.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСНОВНОГО ПОШАРОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

3.1. Аналіз процесу роботи модернізованого ґрунтообробного знаряддя

В умовах центра України однією з головних задач обробітку ґрунту є створення умов для накопичення, збереження і раціонального використання атмосферних опадів у ґрунті та попередження розвитку ерозійних процесів.

Одним з основних факторів в умовах Півдня України, що впливає на формування врожаю зернових культур, є волога. Цю задачу повною мірою вирішує ґрунтозахисна безполицева технологія обробітку ґрунту на глибину до 50см.

Глибокий обробіток до 50см дозволяє одержати на 20...25% більший врожай завдяки більшому накопиченню вологи в нижніх шарах ґрунту. Аналіз літературних джерел підтверджує ефективність впровадження глибокого розпушування ґрунту на переущільнених ґрунтах та ґрунтах зрошувального землеробства. Однією з основних задач зрошувального землеробства, так і півдня України, є обробіток ґрунту який би сприяв рішенню питання недостатчі ґрунтової вологи для формування повноцінних врожаїв сільськогосподарських культур.

Метою нашої роботи є дослідження і обґрунтування геометричних параметрів глибокорозпушувача для пошарового деблокованого обробітку ґрунту, в якому робочі органи другого ряду 2 знаходяться на рамі знаряддя в окремій поздовжньо-вертикальній площині, для забезпечення умови деблокованого різання ґрунту, відносно робочих органів першого 1 і третього 3 ряду які знаходяться в спільній поздовжньо-вертикальній площині. Це дозволяє зменшити енергоємність і виконання робочого процесу в умовах деблокованого різання ґрунту.

Під час технологічного процесу передній ряд робочих органів 1, зминає певний об'єм ґрунту на глибині h_1 , після цього, в процесі сколу шару ґрунту залишається вільний простір S , який заповнюється об'ємом ґрунту деформованого

робочими органами другого ряду 2, що розміщенні відносно робочих органів першого ряду на відстані a_1, d_1 . Другий ряд робочих органів 2 в цей же момент часу зминає об'єм ґрунту на глибині h_2 , в процесі сколу шару ґрунту утворюється аналогічний вільний простір S , який заповнюється об'ємом ґрунту деформованого робочими органами третього ряду 3, що працюють на глибині h_3 , і розміщенні відносно робочих органів другого ряду на відстані a_2, d_1 .

3.2. Методика визначення основних якісних показників в польових випробуваннях ґрунтообробного знаряддя для основного пошарового обробітку ґрунту

У відповідності з програмою експерименту розроблено загальну методику проведення польових досліджень. В основу цієї методики покладені ГОСТ 20915-75 “Сільськогосподарська техніка. Методи визначення умов випробовування” і ОСТ 70.4.1-80 “Випробування сільськогосподарської техніки. Машина та знаряддя для глибокого обробітку ґрунту”.

Програмою досліджень передбачалось [15]:

1. Обґрунтування конструктивної схеми установки для дослідження робочих органів ярусного глибокорозпушувача.
2. Польові експериментальні дослідження робочих органів ярусного глибокорозпушувача.
3. Розробка і аналіз математичної моделі технологічного процесу розпушення ґрунту робочими органами глибокорозпушувача.

Об'єктом досліджень є технологічний процес розпушення ґрунту при поярусному розташуванні робочих органів глибокорозпушувача.

Застосування глибокорозпушувача з пошаровим обробітком ґрунту на важких ґрунтах, за рахунок доцільного розташування робочих органів, є ефективним як з енергетичної сторони (зменшення тягового опору знаряддя у

порівнянні з існуючими) так і з агрономічної (розущільнення нижніх шарів ґрунту).

Доцільне розташування робочих органів (по довжині) знаряддя забезпечує задньому робочому органу вільне різання.

Після проходження робочих органів першого ряду виникає так звана зона при наявності двох відкритих стінок (від ґрунту), в якій відбувається процес сколювання ґрунту робочими органами другого ряду. Внаслідок цього руйнування шару ґрунту відбувається при меншому зусиллі. Задача досліджень полягає в визначенні впливу схеми розташування робочих органів глибокорозпушувача на ступень кришення ґрунту, ступень збереження стерні та тяговий тяговий опір.

Польові дослідження проводили з метою одержання агротехнічної та енергетичної оцінки роботи експериментального знаряддя. Енергетична оцінка полягає у визначенні тягового опору глибокорозпушувача із застосуванням методу тензометрирування.

При агротехнічній оцінці визначаються такі показники:

- якість кришення ґрунту;
- щільність ґрунту;
- вологість ґрунту;
- глибина обробітку;
- висота підняття ґрунту;
- поверхня дна борозни після проходу робочих органів;
- агрегатний склад ґрунту (на глибину обробітку);
- швидкість руху;
- наявність стерні;
- фотографування: фон обробленого поля, забивання та налипання ґрунту на робочих органах.

У відповідності до ОСТ 70.4.1-80 на кожному етапі польових досліджень перед початком дослідів визначились основні водно-фізичні показники ґрунту, а після – якісні показники. Точки взяття проб представлено на рисунку 3.1

часток; B^* - відстань між стійками 1-го і 3-го ряду (залежить від реалізації вибраного плану)



Рисунок 3.2 - Визначення якості розпушення ґрунту

Проби обережно відкопують і розділяють на фракції більше 150мм, 150...100мм, 100...50мм, менше 50мм. Спочатку вибирали крупні фракції, потім ґрунт просіювали на спеціальному наборі решіт з діаметром отворів менше 150мм і більше 50мм. Решета в наборі розміщують в порядку зменшення діаметрів отворів.

Ґрунтові фракції діаметром менше 50мм просипались на дно набору решіт. Обережними коливаннями решіт забезпечувалось розподілення ґрунту у відповідні фракції. Кожну фракцію зважували з точністю до 10г і заносили у відомість.

Обґрунтування швидкості руху та оптимального складу агрегату:

Умови виконання роботи

- 1) тип ґрунту – чорнозем;
- 2) агрофон – стерня непарових попередників;
- 3) агрегування – ХТЗ-17221;
- 4) Умовна марка сільгоспмашини - ГРС-3,1М;
- 5) розміри ділянки: довжина $L = 1300$ м;
ширина $B = 1000$ м;
- 6) питомий тяговий опір агрегату

$$K_a=6,0\ldots 7,0 \text{ кН/м [24]}$$

7) коефіцієнт опору перекочування

$$f=0,06\ldots 0,09;$$

8) вид роботи – підготовка ґрунту до посіву;

9) рельєф місцевості і найбільший схил $i_{\max}=3\%$.

10) сезонне навантаження 300 га

Виходячи з агротехнічних вимог швидкість руху агрегату знаходиться в межах 9...11 км/год. Відповідне тягове зусилля трактора, буксування та витрати палива заносу до таблиці 5.1.

Тяговий опір агрегату R , кН, визначаю за формулою:

$$R = K_v \cdot B_k \pm G_M \frac{i}{100}, \quad (3.1)$$

де K_v – питомий тяговий опір агрегату з врахуванням швидкості руху, кН/м;

B_k – конструктивна ширина захвату, м, $B_k=1,7$ м, робоча 1,5 м;

G_M – експлуатаційна маса машини, кН, $G_M=36,5$ кН;

$i_{\max}$ – найбільший схил поля, відсотків, $i_{\max}=3\%$.

Таблиця 3.1

Тягова характеристика трактора Т-150К при роботі на агрофоні – стерня ($N_{кр}=0,9N_{кр\max}$)

Передача трактора	Швидкість руху, V , м/с (км/год)	Тягове зусилля, $P_{кр}$, кН	Витрати палива, G , кг/год	Буксування, δ , відсоток	Потужність, $N_{кр \max}$, к.с.
1	2,15 (7,74)	34,3	25,1	1,8	73,7
2	2,41 (8,70)	30,6	26,0	1,5	74,0
3	2,61 (9,40)	28,1	23,8	1,4	73,4
4	3,03 (10,9)	23,8	24,0	1,2	72,1

Питомий тяговий опір агрегату K_v , кН/м, визначаю за формулою:

$$K_v = K_0 \left[1 + (V_p + V_0) \frac{\Delta C}{100} \right], \quad (3.2)$$

де K_0 – питомий тяговий опір агрегату при швидкості

$$V_0 = 5 \text{ км/год} = 1,39 \text{ м/с}$$

$$K_0 = 6 \text{ кН/м}$$

V_p – робоча швидкість руху агрегату, м/с;

ΔC – темп наростання питомого тягового опору в залежності від швидкості руху агрегату, відсотків, $\Delta C = 2 \%$

$$K_{v1} = 6 \cdot \left[1 + (2,15 - 1,39) \frac{2}{100} \right] = 6,09 \text{ кН/м}$$

$$K_{v2} = 6 \cdot \left[1 + (2,41 - 1,39) \frac{2}{100} \right] = 6,12 \text{ кН/м}$$

$$K_{v3} = 6 \cdot \left[1 + (2,61 - 1,39) \frac{2}{100} \right] = 6,15 \text{ кН/м}$$

$$K_{v4} = 6 \cdot \left[1 + (3,03 - 1,39) \frac{2}{100} \right] = 6,20 \text{ кН/м}$$

Тоді:

$$R_1 = 6,09 \cdot 2,6 + 36,5 \cdot \frac{3}{100} = 26,7 \text{ кН}$$

$$R_2 = 6,12 \cdot 2,6 + 36,5 \cdot \frac{3}{100} = 26,8 \text{ кН}$$

$$R_3 = 6,15 \cdot 2,6 + 36,5 \cdot \frac{3}{100} = 26,9 \text{ кН}$$

$$R_4 = 6,20 \cdot 2,6 + 36,5 \cdot \frac{3}{100} = 27,1 \text{ кН}$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора ξ , на вибраних передачах визначається за формулою:

$$\xi = \frac{R}{P_{кр} - G_e \cdot \frac{i_{\max}}{100}}, \quad (3.3)$$

де G_e – експлуатаційна маса машини, кН, $G_e = 76$

$$\xi_1 = \frac{26,7}{34,3 - 72,5 \cdot \frac{3}{100}} = 0,83$$

$$\xi_2 = \frac{26,8}{30,6 - 72,5 \cdot \frac{3}{100}} = 0,93$$

$$\xi_3 = \frac{26,9}{28,1 - 72,5 \cdot \frac{3}{100}} = 1,04$$

$$\xi_4 = \frac{27,1}{23,8 - 72,5 \cdot \frac{3}{100}} = 1,25$$

Грунтуючись на розрахунках, приймаємо швидкість $V_p = 2,41$ м/с (8,70 км/год) з коефіцієнтом використання тягового зусилля, рівним 0,93, тому що в цьому випадку агрегат буде завантажений цілком і мається можливість одержати більш високі економічні показники.

Вологість ґрунту визначалась взяттям ґрунтових проб (таблиця 3.1), які робили з допомогою ручних і механічних бурів.



Рисунок 3.2 - Забір проб для визначення вологості ґрунту безпосередньо при профілюванні робочих органів ґрунтообробного знаряддя

Відібрану пробу ґрунту (маса до 20г) поміщали в бюкс, який попередньо зважували. Потім на аналітичній вазі зважували бюкс разом з ґрунтом. Після цього пробу сушили до постійної маси у сушарній шафі, потім на протязі 20...30 хв. охолоджували і знову зважували. Температура сушки повинна становити 105⁰С, а тривалість – 24 години. Зважування після охолодження не слід затягувати і категорично забороняється виконувати його на слідуючий день.

Для визначення абсолютної вологості використовували формулу:

$$V = \frac{M_b - M_c}{M_c} \cdot 100\% \quad (3.4)$$

де M_b – вага вологого ґрунту;

M_c – вага сухого ґрунту.

Для визначення щільності ґрунту застосовували переносний радіоактивний щілиномір РПП-2, який складається з перетворювача РИП-3 і лічильника імпульсів СИП-1М, з'єднаних між собою за допомогою гнучкого кабелю.

Конструкція і електрична схема перетворювача передбачає роботу в трьох режимах: контроль (К), поверхневі виміри (ПВ), глибинні виміри (до 30см) (ГВ).



Рисунок 3.3 - Радіоізотопний щільномір РПП-2

Значення щільності (кг/м^3) реєструвався лічильником імпульсів СИП-1М і визначався за допомогою градуйованого графіка по відношенню імпульсів у відповідних режимах. Розпочинаючи роботу перевіряли комплектність щілиноміра, відсутність механічних пошкоджень блоків, що входять до його складу, забруднення та інших, що перешкоджатимуть підготовці приладу до введення в експлуатацію. Перевіряли готовність до роботи перетворювача.

В ґрунті перфоратором пробивали отвір, в який вставляли джерело проміння. Перетворювач РИП-3 щільно притискають до поверхні ґрунту і встановлюють режим “Контроль”, подають напругу живлення і після п’ятихвилинного прогріву робили підрахунок імпульсів протягом 30 або 100с в даному режимі. Переводили перетворювач в режим “ПВ” і робили підрахунок імпульсів, встановивши обмежувач занурення в положення “О”.

За результатами підрахунку обчислюють відношення:

$$n_{01} = \frac{2N_{n01}}{N_{k01} + N_{k02}} \quad (3.5)$$

де N_{n01} – кількість імпульсів в режимі “ПВ”;

N_{k01} , N_{k02} – кількість імпульсів при першому і другому вимірах в режимі “К”.

По градуйованому графіку визначали значення щільності ρ_n (кг/м^3).

В режимі роботи “ГВ” порядок роботи аналогічний режиму “ПВ” тільки підрахунок кількості імпульсів робили на заданій глибині. Значення N_{k02} є значенням N_{k01} для наступного дослідження.

Прогнозована продуктивність агрегата.

Робота агрегата характеризується кількома основними показниками, один із яких – продуктивність. Продуктивність – це кількість роботи, що виконує агрегат за одиницю часу. Для комбінованого агрегату вона вимірюється у га/год, га/змін, га/сезон.

Годинна продуктивність характеризує роботу агрегату за годину і цей показник потрібен для нормування працевитрат і порівнювального аналізу однотипових агрегатів. Годинна продуктивність визначається за формулою:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (3.6)$$

де $B_p = 3,0$ м – робоча ширина захвату;

V_p – швидкість поступового руху, км/год;

τ – коефіцієнт використання робочого часу зміни.

Коефіцієнт використання робочого часу зміни визначається за формулою:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{зм}}}, \quad (3.7)$$

де T_p – чистий робочий час зміни, годин;

$T_{\text{зм}}$ – час зміни, годин.

Відповідно до законодавства України робочий час зміни складає 8 годин. Для визначення чистого робочого часу зміни у відповідності до нормативних документів назначаємо:

$T_x = 0,12$ години – час холостого ходу на переїздах;

$T_{\text{пз}} = 0,054$ години – підготовчо-заключний час;

$T_{\text{ТО}} = 0,20$ години – час, що витрачається на технічне обслуговування;

$T_{\text{ТУ}} = 0,054$ години – час, що витрачається на зупинки по технічному нагляду;

$T_{\text{см}} = 0,1$ години – час, що витрачається на усунення технологічних відмов;

$T_{\text{відп}} = 0,20$ години - час відпочинку;

З урахуванням цього чистий робочий час зміни:

$$T_p = 7 - 0,12 - 0,054 - 0,20 - 0,054 - 0,1 - 0,20 = 6,22 \text{ годин}$$

(3 робочого часу забрано одну годину на обідню перерву)

Коефіцієнт використання робочого часу зміни:

$$\tau = 6,22/7 = 0,8$$

Питання раціонального використання робочого часу завжди є предметом особливої уваги з боку організаторів виробництва і трактористів, тому що це є підставою для нарахування заробітної платні.

Продуктивність за годину:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 3,0 \cdot 8,7 \cdot 0,8 = 2,08 \text{ га/год,}$$

де $V_p = 2,41 \text{ м/с} = 8,7 \text{ км/год}$

Продуктивність за зміну:

$$W_{\text{зм}} = 2,08 \cdot 7 = 19,6 \text{ га/зм}$$

Витрати паливно-мастильних матеріалів

Агрегат складається з спроектованого глибокорозпушувача і трактора Т-150К. З урахуванням конструктивних особливостей спроектованої машини вважаємо, що режим роботи двигуна завжди буде наближеним до оптимального. Витрати паливно-мастильних матеріалів для такого режиму можна обчислити за формулою:

$$q = \frac{Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_o \cdot T_o}{0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p} \quad (3.8)$$

де q - питомі витрати паливно-мастильних матеріалів, кг/га;

Q_p – часові витрати пального у робочому режимі, 31 кг/год;

Q_x – часові витрати пального на холостих переїздах, 10 кг/год;

Q_o – часові витрати пального на зупинках (при включеному двигуні), 2,3 кг/год;

T_p - час роботи у номінальному режимі, годин;

T_x – час на холості переїзди, годин;

T_0 – час роботи на зупинках, годин.

У відповідності до виконаних раніше розрахунків:

$$T_P = 6,22 \text{ год}$$

$$T_X = 0,12 \text{ год}$$

$$T_0 = 7 - 6,27 - 0,12 = 0,61 \text{ год (вважаємо, що при перерві на обід двигун не працює)}$$

$$\text{Тоді } q = \frac{27 \cdot 6,22 + 10 \cdot 0,12 + 2,3 \cdot 0,45}{0,1 \cdot 3,0 \cdot 8,7 \cdot 6,22} = 12,01 \text{ кг/га}$$

У результаті розрахунків за формулою (отримано, що прогнозовані витрати пального складають $q = 12,01 \text{ кг/га}$.

3.3. Вибір основних параметрів оптимізації та факторів впливу на якісні показники в польових випробуваннях ґрунтообробного знаряддя для основного пошарового обробітку ґрунту

Параметрами оптимізації в дослідженнях є:

- Y_1 – показник якості кришення ґрунту у шарі 0...20 см;
- Y_2 – показник ступеня збереження стерні %;
- R_x – питомий тяговий опір робочих органів, кН/мм^2 .

Якість кришення визначали взяттям проби ґрунту в шести точках (три – в напрямку руху, три – назад). Забір проводили на площадках $0,25\text{м}^2$ (рамка $0,5 \times 0,5 \text{ м}$), на глибину 0...20см.

Взяту пробу зважували і поміщали на набір решіт з різними діаметрами. Решета в наборі розміщені в порядку зменшення діаметрів. Одержані в кінцевому результаті фракції розміром менше 50мм зважували і визначали якість кришення по відношенню до маси взятої проби.

$$Y_1 = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100\% \quad (3.9)$$

де Y_1 – якість кришення ґрунту, %;

m_1 – маса агрегатів розміром менше 50мм, кг;

m_2 – загальна маса проби, кг.

Збереження стерні перевірялось методом зважування. До проходу агрегату в шести місцях накладають рамки шириною, рівній ширині захвату знаряддя, довжиною 0,5м. В області рамки збирають чи зістригають всю стерню і зважують з точністю до 1г. Після проходу агрегату рамки розташовують поряд з рамками, які наклалися до проходу. Стерню, яка залишилась на поверхні ґрунту після проходу агрегату зістригають, а вільно лежачу збирають і відрізають від коріння. Всю стерню з кожної рамки зважували, дані заносили у відомість.



Рисунок 3.4 - Визначення ступеню збереження стерні на поверхні поля

Збереження стерні визначають за формулою:

$$Y_2 = \frac{Q_f}{Q_n} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

де Y_2 – відсоток збереження стерні;

Q_n – середня вага стерні з 1 м² до проходу агрегату, г;

Q_f – середня вага стерні з 1 м² після проходу агрегату.

Енергетична оцінка (питомий тяговий опір робочих органів). [15.16]

Визначення параметрів енергетичної оцінки для машини глибокого пошарового обробітку ґрунту проводимо тензометричним методом, водночас з реалізацією плану проведення досліджень.

Режим настройки тензометричної апаратури повинний бути таким, щоб величина максимальної ординати осцилограми при деформації тензометричних вимірювальних елементів в робочому режимі дорівнювалась не менше $1/3$ ширини осцилографічної стрічки, і що досягається за рахунок четвертого положення основних властивостей мостової схеми.

Реєстрацію (запис) показників в польових умовах проводимо на заліковій ділянці в двократному напрямку у відповідності до плану реалізації досліджень, при встановленому режимі не менше 20 с.

Випробування експериментальних робочих органів та їхньої розстановки на рамі знаряддя проводилися на базі центральної секції серійного глибокорозпушувача ГРН-3, що був переобладнаний для експериментальних досліджень із тензометричною навіскою. Експериментальна установка і тензометричне обладнання монтувалися на тракторі Т-150К.

3.4. Проведення польових випробувань

Для побудови математичної моделі, технологічного процесу глибокого пошарового обробітку ґрунту, оцінки ступеню впливу окремих факторів та їх взаємодія на якісні показники, пошук оптимальних значень основних його параметрів, потрібно було проведення багатofакторного експерименту. Для його реалізації було прийнято центральне композиційне рототабельне уніформ планування, який містить в ортогональній частині повний факторний експеримент, дослід на зірчкових точках, і в центрі плану на нульовому рівні.

План експерименту та інтервали варіювання факторів вибрано виходячи з попередніх досліджень та розрахунків та представлено в таблицях 3.1 ... 3.4

Умови проведення експериментальних досліджень

Агрофон - стерня озимої пшениці.

Тип ґрунту - темнокаштановий середньосуглинний.

Швидкість агрегату - 2,15...3,33м/с.

Глибина обробітку – до 45см.

Характеристику ґрунту (вологість і щільність) представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристика умов проведення експериментальних досліджень

Показники	Шар ґрунту, см			
	0 ... 10	10 ... 20	20 ... 30	30 ... 40
Вологість ґрунту, %	15,9...16,1	14,9...15,4	16,1...16,9	11,6...11,9
Щільність ґрунту, г/см ³	1,02...1,06	1,18...1,24	1,26...1,28	1,36...1,38

Забір проб для визначення вологості виконувався в бюкси із подальшим застосуванням вагового методу Для визначення щільності ґрунту було застосовано радіоактивний щільномір РПП-2.

Постійні параметри у експериментальних дослідженнях

- глибина обробітку першого ряду чизельних робочих органів - 250мм;
- глибина обробітку другого ряду чизельних робочих органів - 350мм;
- глибина обробітку третього ряду чизельних робочих органів - 450мм

(рис. 3.5);

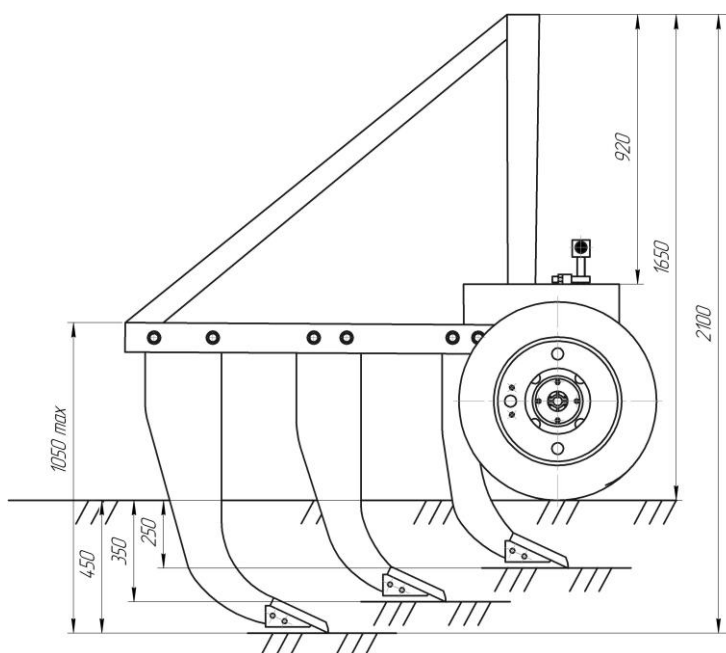


Рисунок 3.5 – Схема розташування робочих органів I,II і III рядів по глибині обробітку

- відстань між робочими органами в другому та третьому ряду по ширині захвату відповідає плану проведення експерименту і повністю відповідає відстані між робочими органами в першому ряду (рис. 3.6)

Параметри, що варіюються у експериментальних дослідженнях

Таблиця 3.2 - Фактори та рівні варіювання

№ п/п	Інтервал варіювання і рівень факторів	ФАКТОР		
		Відстань між робочими органами першого, другого та третього ряду, мм (Рис.2)	Відстань між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя, мм (Рис.3)	Відстань між робочими органами третього ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя, мм (Рис.3)
	Кодове позначення	X1	X2	X3
	Нульовий рівень X = 0	500	160	500
	Інтервал варіювання	150	80	200
	Верхній рівень X = +1	650	240	700
	Нижній рівень X = -1	350	80	300
	Зірчкові точки X = +1,682	752	295	836
	X = - 1,682	248	25	164

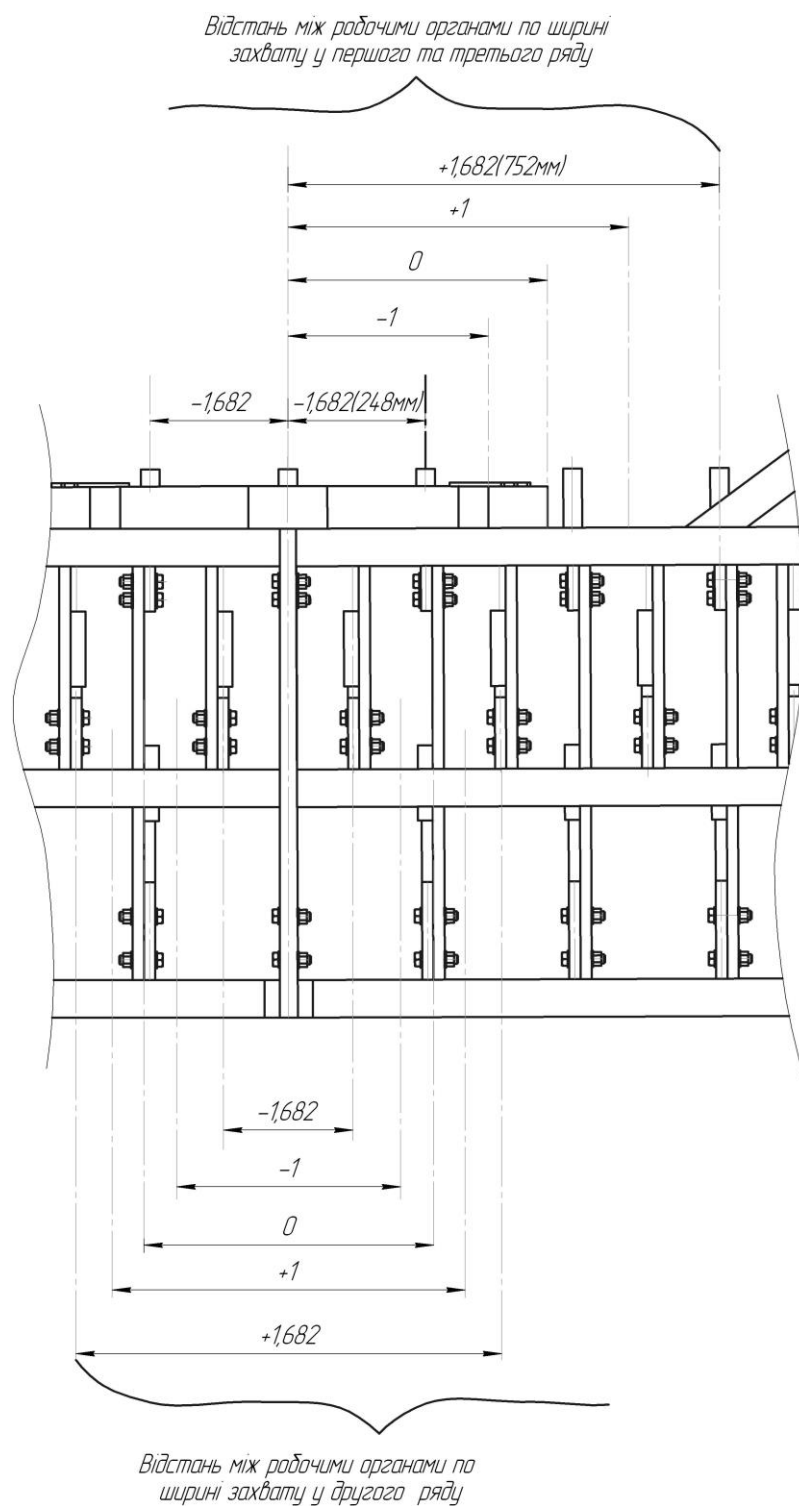


Рисунок 3.6 – Схема розташування робочих органів і рівні варіювання для I, III і II рядів по ширині захвату

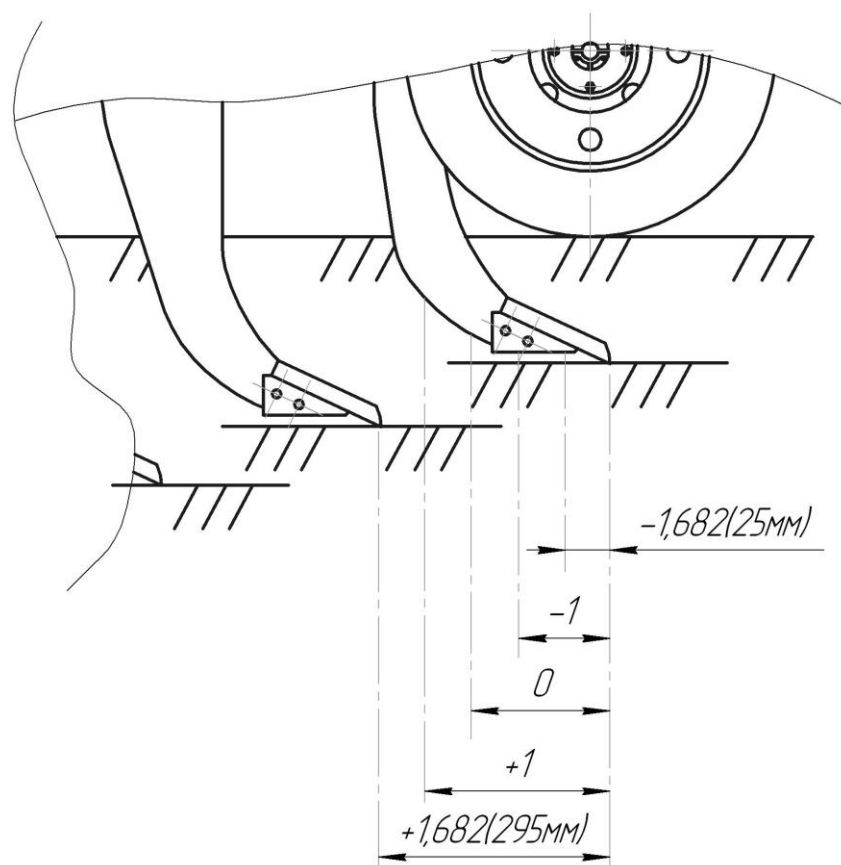


Рисунок 3.7 – Схема розташування робочих органів II ряду і рівні варіювання по відношенню до першого ряду

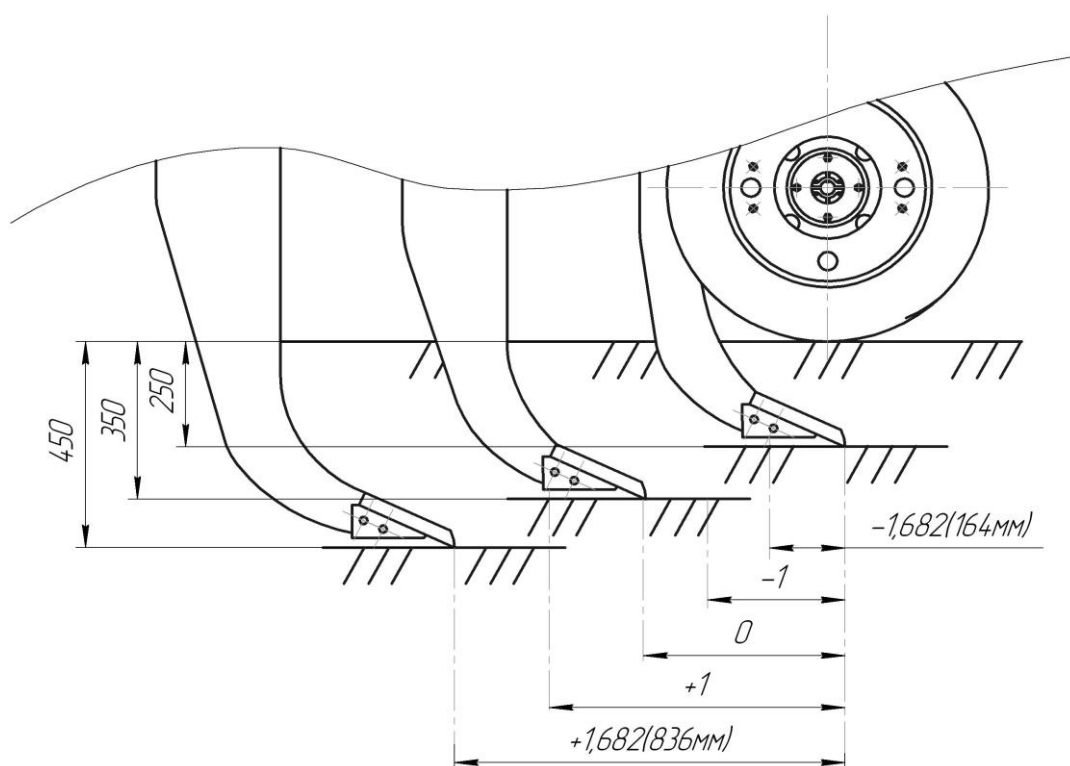


Рисунок 3.8 – Схема розташування робочих органів III ряду і рівні варіювання по відношенню до першого ряду

3.5 Результати експериментальних досліджень. Аналіз результатів польових випробувань

Фактори та рівні варіювання представлено в таблиці 3.2 та на рисунках 3.9...3.14

Матриця планування експериментів і параметри кривих, що утворюють поверхні робочих органів-аналізаторів приведені в таблицях 3.3...3.4.

По ступеню кришення

Таблиця 3.3 - Матриця математичного планування та середні значення результатів експериментів по ступеню кришення в активному шарі ґрунту [17,18]

Варіанти	Фактори						Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y _{1CP}
	X ₁		X ₂		X ₃					
1	+1	650	+1	240	-1	300	48,7	46,3	49,1	48,03
2	+1	650	+1	240	+1	700	43,2	45,3	44,1	44,2
3	+1	650	-1	80	-1	300	71,3	73,2	69,4	71,3
4	+1	650	-1	80	+1	700	54,6	52,3	56,3	54,4
5	-1	350	+1	240	-1	300	78,1	79,5	79,0	78,87
6	-1	350	+1	240	+1	700	55,1	53,4	54,8	54,43
7	-1	350	-1	80	-1	300	81,2	83,9	81,0	82,03
8	-1	350	-1	80	+1	700	68,4	64,5	68,7	67,2
9	-1,682	248	0	160	0	500	38,0	36,7	39,2	37,96
10	+1,682	752	0	160	0	500	71,3	72,9	73,3	72,5
11	0	500	-1,682	25	0	500	45,8	44,5	47,3	45,86
12	0	500	+1,682	295	0	500	53,3	52,1	55,5	53,63
13	0	500	0	160	-1,682	164	47,1	45,2	47,7	46,67
14	0	500	0	160	+1,682	836	58,5	59,8	61,1	59,8
15	0	500	0	160	0	500	60,1	58,4	57,3	58,6
16	0	500	0	160	0	500	64,7	66,2	61,1	64,6
17	0	500	0	160	0	500	58,1	57,9	55,7	57,23
18	0	500	0	160	0	500	64,3	61,4	65,0	63,56
19	0	500	0	160	0	500	62,1	64,4	62,0	62,83
20	0	500	0	160	0	500	58,9	63,1	62,8	61,6

По ступеню збереження стерні

Таблиця 3.4 - Матриця математичного планування та середні значення результатів експериментів по ступеню збереження стерні на поверхні ґрунту [17,18]

Варіанти	Фактори						Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y _{2CP}
	X ₁		X ₂		X ₃					
1	+1	650	+1	240	-1	300	75,3	74,1	76,0	75,13
2	+1	650	+1	240	+1	700	94,8	92,3	90,1	92,4
3	+1	650	-1	80	-1	300	76,2	78,2	75,1	76,5
4	+1	650	-1	80	+1	700	64,3	66,2	66,0	65,5
5	-1	350	+1	240	-1	300	48,1	47,2	46,4	47,23
6	-1	350	+1	240	+1	700	56,2	53,8	57,3	55,77
7	-1	350	-1	80	-1	300	44,9	46,2	41,9	44,33
8	-1	350	-1	80	+1	700	57,4	55,3	57.0	56,56
9	-1,682	248	0	160	0	500	54,2	53,9	51.7	53,26
10	+1,682	752	0	160	0	500	90,7	89.4	93,5	91,2
11	0	500	-1,682	25	0	500	62,9	60,7	64,4	62,66
12	0	500	+1,682	295	0	500	65,4	66,9	63.1	65,13
13	0	500	0	160	-1,682	164	58,3	57,1	56.1	57,16
14	0	500	0	160	+1,682	836	67,5	69,1	66.3	67,63
15	0	500	0	160	0	500	70,1	69,5	72.4	70,66
16	0	500	0	160	0	500	73,8	71.4	70,9	72,03
17	0	500	0	160	0	500	71,6	70,1	72,8	71,5
18	0	500	0	160	0	500	70,6	72,3	74,4	72,43
19	0	500	0	160	0	500	74,2	70,1	72,2	71,46
20	0	500	0	160	0	500	71.9	72,9	70,2	71,66

В результаті реалізації матриці планування експерименту отримано математичні моделі залежності по ступеню кришення Y₁; по ступеню збереження стерні Y₂; і по питомому опору R₁.

по ступеню кришення Y₁:

$$Y_1 = 60,97 - 0,477X_1 - 2,66X_2 - 2,776X_3 - 2,192X_1X_2 + 2,316X_1X_3 + 0,433X_2X_3 + 0,034X_1^2 - 1,904X_2^2 - 0,673X_3^2. \quad (3.6)$$

по ступеню збереження стерні Y₂:

$$Y_2 = 71,802 + 12,33X_1 + 2,254X_2 + 3,341X_3 + 2,804X_1X_2 - 1,687X_1X_3 + 3,196X_2X_3 - 0,204X_1^2 - 3,15X_2^2 - 3,68X_3^2. \quad (3.7)$$

Математична модель процесу дозволяє оцінити характер впливу кожного з факторів на параметр оптимізації по ступеню кришення Y₁:

Графічна інтерпретація математичної моделі процесу кришення (рис. 3.9), ступеня збереження стерні (рис.3.10) представлено поверхнею відгуку в області

експерименту з її двомірними перетинами контурні лінії яких відповідають відповідним значенням параметра оптимізації при фіксованому значенні X_1 відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду по ширині захвату на нульовому рівні.

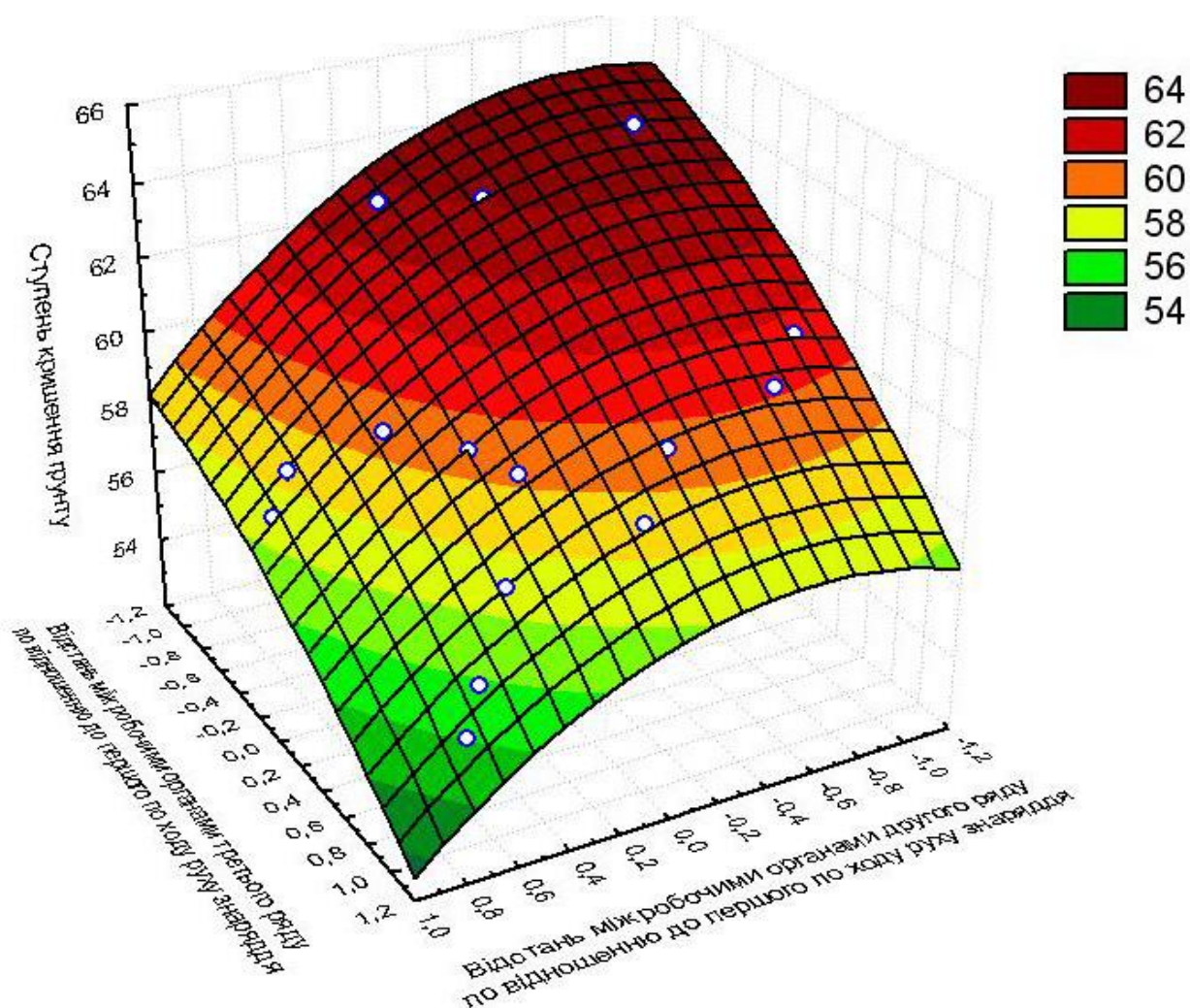


Рисунок 3.9 – Графік впливу ступеню кришення ґрунту Y_1 від відстані між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя X_2 та відстані між робочими органами третього ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя X_3 при фіксованому значенні X_1 відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду по ширині захвату на нульовому рівні.

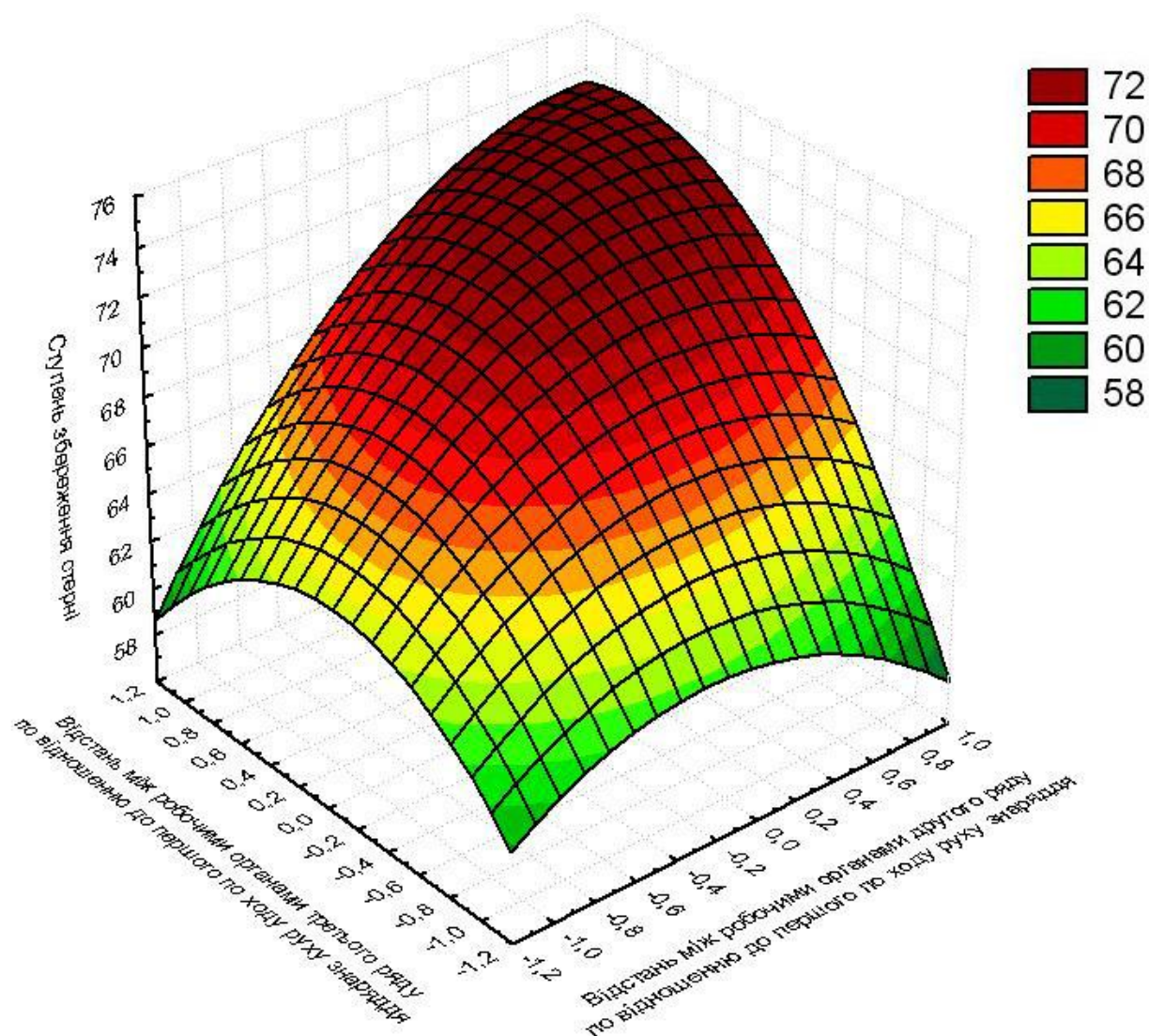


Рисунок 3.10 – Графік впливу ступеню збереження стерні Y_2 від відстані між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя X_2 та відстані між робочими органами третього ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя X_3 при фіксованому значенні X_1 відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду по ширині захвату на нульовому рівні.

Аналіз представлених залежностей показує, що підвищенні кришення ґрунту, при фіксованому значенні X_1 відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду по ширині захвату на нульовому рівні, тобто відстань складає 500мм, досягає 66,33% за умови, що відстань між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя X_2 - складає 80мм, а відстань між робочими органами третього ряду по відношенню

до першого по ходу руху знаряддя X_3 - 300мм. В той же час ми бачимо різке зниження ступеня збереження стерні.

Графічна інтерпретація математичної моделі процесу кришення (рис. 3.11), ступеня збереження стерні (рис.3.12) представлено поверхнею відгуку в області експерименту з її двомірними перетинами контурні лінії яких відповідають відповідним значенням параметра оптимізації при фіксованому значенні X_2 відстані між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя на нульовому рівні.

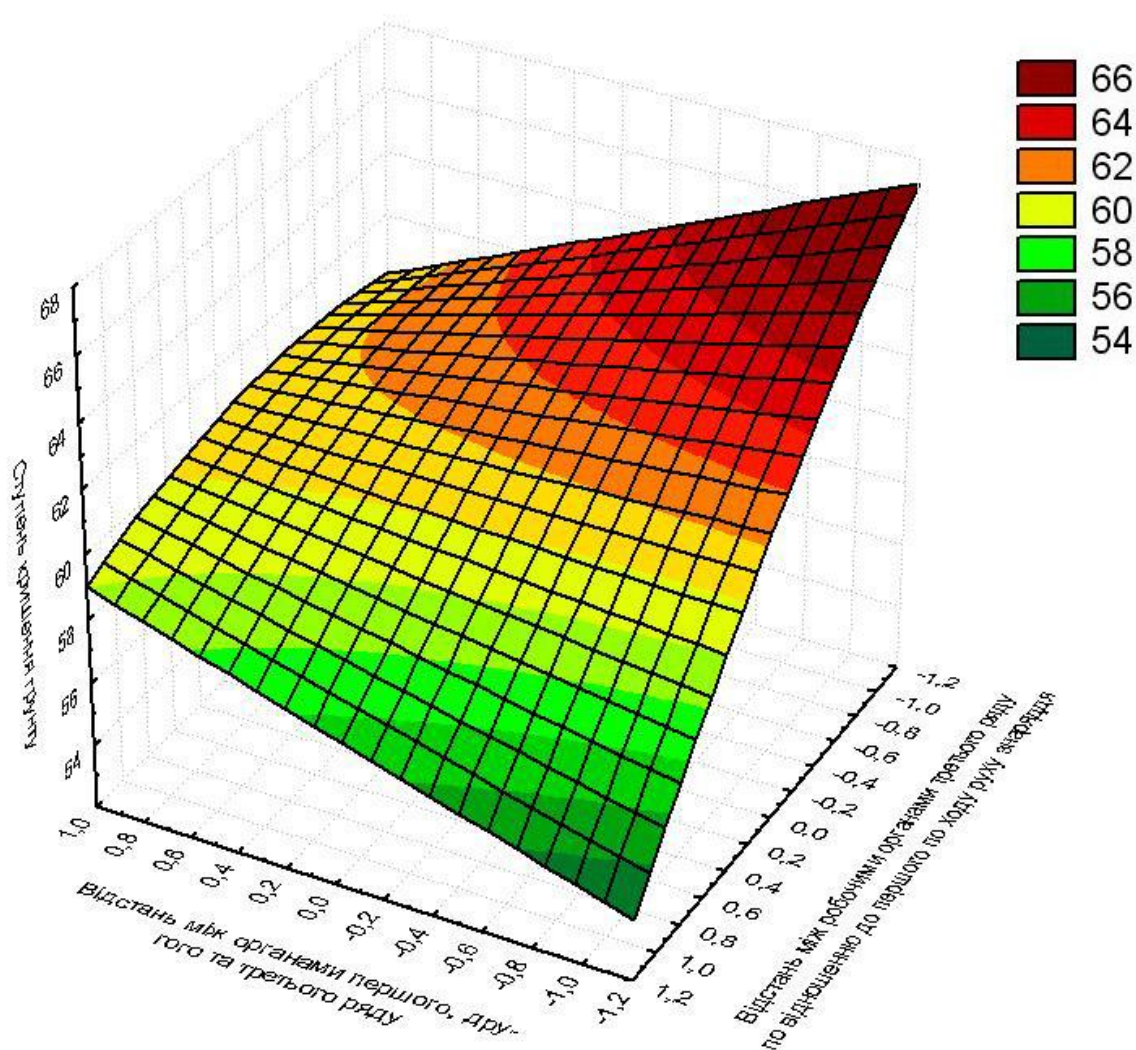


Рисунок 3.11 – Графік впливу ступеню кришення ґрунту Y_1 від відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду по ширині захвату X_1 , відстані між робочими органами третього ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя X_3 при фіксованому значенні X_2 відстані між робочими

органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя на нульовому рівні.

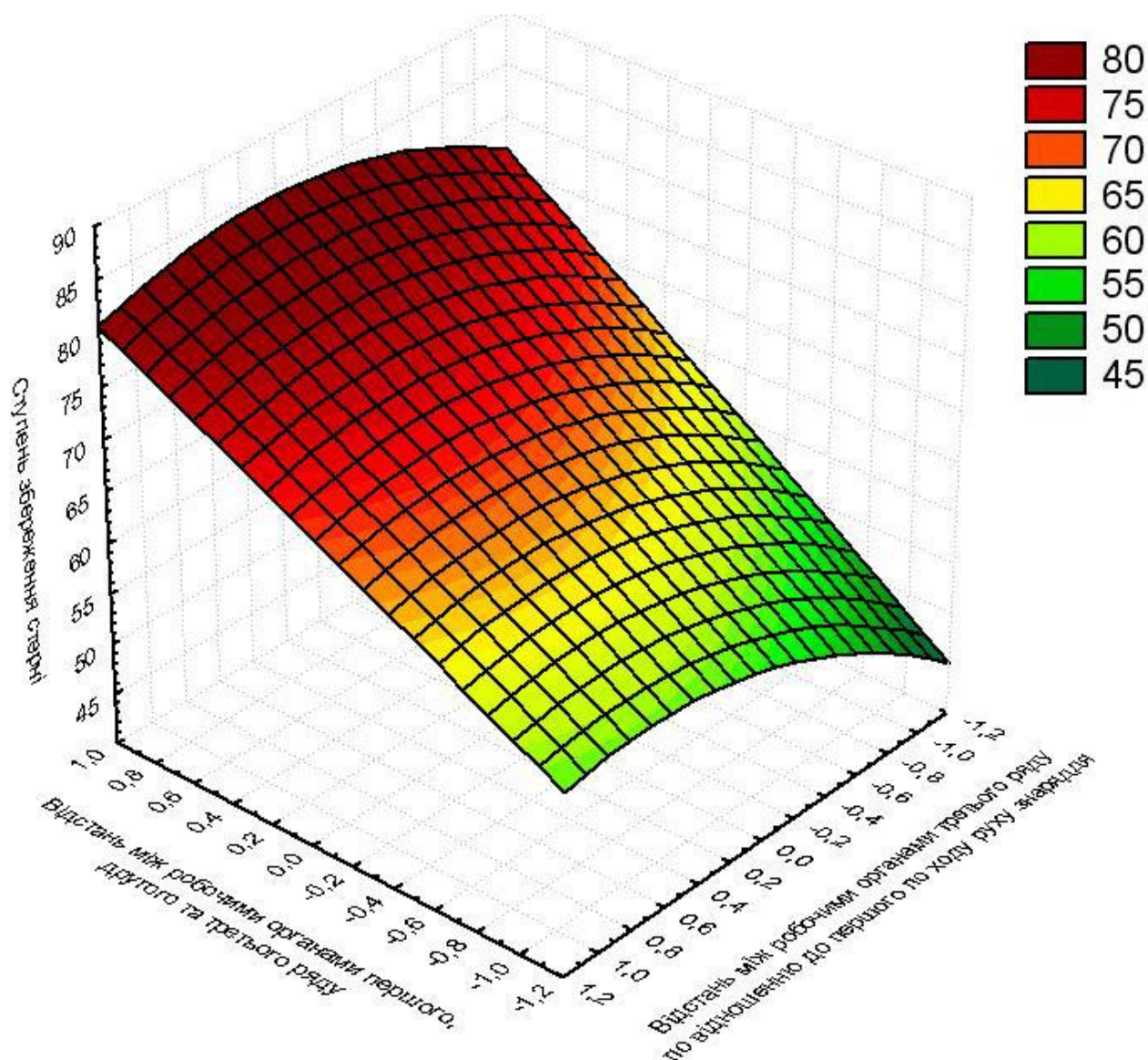


Рисунок 3.12 – Графік впливу ступеню збереження стерні Y_2 від відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду по ширині захвату X_1 , відстані між робочими органами третього ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя X_3 при фіксованому значенні X_2 відстані між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя на нульовому рівні.

Аналіз представлених залежностей показує, що максимальне значення кришення досягає 65,9% (рис. 3.12) при відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду по ширині захвату X_1 – 350мм, та відстані

між робочими органами третього ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя $X_3 - 300\text{мм}$.

Ступінь збереження стерні, (рис. 3.12) як й попередньому случаю, має строгу тенденцію із зменшенням відстані між робочими органами чизелів, зменшуватись.

Графічна інтерпретація математичної моделі процесу кришення (рис.3.13), ступеня збереження стерні (рис. 3.14) представлено поверхнею відгуку в області експерименту з її двомірними перетинами контурні лінії яких відповідають відповідним значенням параметра оптимізації при фіксованому значенні X_3 відстані між робочими органами третього ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя на нульовому рівні.

Аналіз представлених залежностей показує, що максимальне значення кришення досягає 63,48% (рис. 3.13) при відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду по ширині захвату $X_1 - 350\text{мм}$ та відстані між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя $X_2 - 240\text{мм}$.

Ступінь збереження стерні, (рис. 3.14) із збільшенням відстані між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя, досягає 85,96%, тобто вище за агротехнічні вимоги. В той же час ми бачимо, що кришення при цьому досягає 55,16% (рис. 3.14)

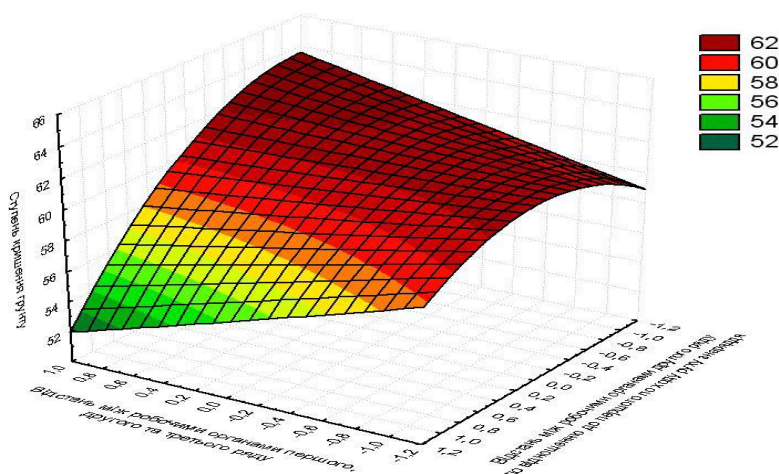


Рисунок 3.13 – Графік двомірного перетину впливу ступеню кришення ґрунту Y_1 від відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду по ширині захвату X_1 , відстані між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя X_2 при фіксованому значенні X_3 відстані між робочими органами третього ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя на нульовому рівні.

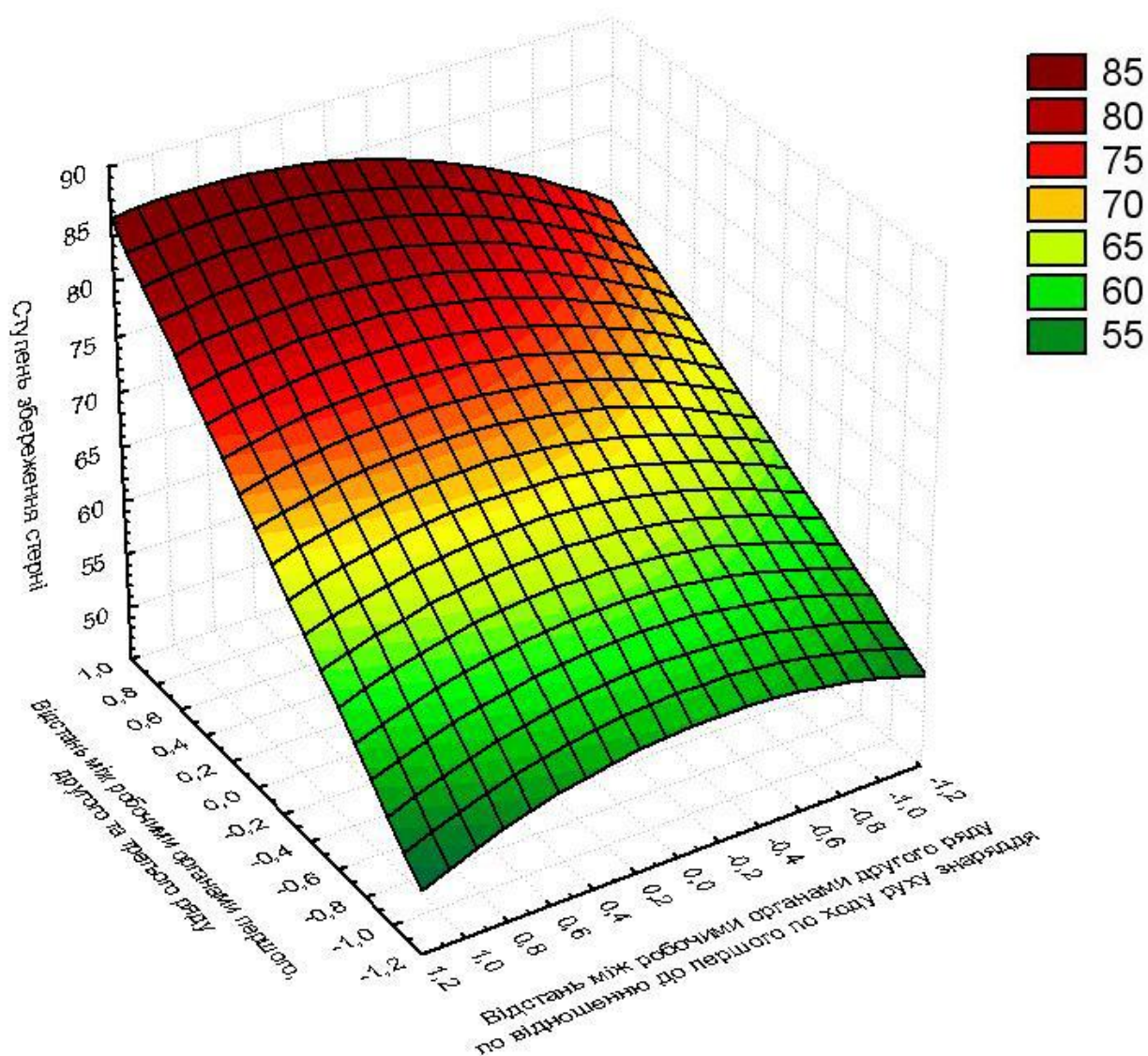


Рисунок 3.14 – Графік двомірного перетину впливу ступеню збереження стерні Y_2 від відстані між робочими органами першого, другого та третього

ряду по ширині захвату X_1 , відстані між робочими органами другого ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя X_2 при фіксованому значенні X_3 відстані між робочими органами третього ряду по відношенню до першого по ходу руху знаряддя на нульовому рівні.

Висновки

За результатами попередніх польових випробувань глибокорозпушувача для пошарового обробітку ґрунту в садах з використанням моделювання експерименту встановлено:

1. Аналіз залежностей по кришенню ґрунту в активному шарі показує недостатню ступінь кришення. В межах центру плану від -1 до +1 не досягає рівня вимог агротехніки і максимум складає до 65%.

2. Ступінь збереження стерні із збільшенням відстані між робочими органами, як по ширині так і по ходу машини – збільшується, а із зменшенням - зменшується.

При цьому кришення ґрунту в активному шарі із збільшенням відстані між робочими органами погіршується, а із зменшенням – поліпшується.

Питомий тяговий опір із збільшенням відстані між робочими органами збільшується, а із зменшенням – зменшується [16].

3. Питомий тяговий опір знаходиться за межами центру плану, а це показує, що ми не попали в зону деблокованого різання, робоча швидкість руху агрегату $V_p = 8,70$ км/год.

- Виключити використання серійних робочих органів. (Очікувалось за рахунок нових робочих органів і їх геометрії зменшення тягового опору і кришення ґрунту в активному шарі ґрунту)

- Переглянути рівні варіювання. Виконати оптимізацію рівнянь регресії. (Результати досліджень показують, що тяговий опір і ступінь кришення ґрунту знаходяться в межах зірочкових точок, тобто за центром плану).

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Вимоги безпеки праці під час обробітку ґрунту.

4.1.1. Загальні положення

Загальні вимоги, безпеки роботи при операції обробітку ґрунту під посів озимого ріпаку:

- до керування трактором допускаються трактористи які пройшли спеціальне навчання і права, на водіння трактора даної категорії;
- перед початком виконання технологічного процесу тракторист обслуговуючий агрегат проходить інструктаж з охорони праці і розписується в журналі реєстрації, одержує на руки пам'ятку по техніці безпеки;
- одяг механізатора не повинний мати довгих звисаючих частин і кінців, дозволяється працювати тільки в застебнутої, ретельно заправленому одягу і головному уборі, робота у фартуху також забороняється;
- категорично забороняється буксирування трактора разом з комбінованим ґрунтообробним агрегатом;
- у кабіні трактора повинна знаходитися аптечка з повним комплектом медикаментів;
- надійність роботи гальм і рульового керування повинна перевірятися систематично;
- забороняється перевезення вантажів на рамі комбінованого агрегату чи використання його не за призначенням;
- забороняється заходити чи входити в кабіну трактора до його повної зупинки;
- постійно стежити за справним станом агрегату і наявністю справних захисних протипожежних засобів (вогнегасник з кріпленням, лопата);
- господарствам забороняється вносити конструктивні зміни в агрегат без узгодження з органами держтехнадзору.

4.1.2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Перевірте відсутність тріщин, налипань, сторонніх предметів тощо на лопатнях вентилятора двигуна та на шківу пускового двигуна.

Перевірте справність деталей і цілісність проводів пристрою, що запобігає запуску двигуна на ввімкненій передачі.

До заправного пункту пально-мастильними матеріалами під'їжджайте так, щоб вихлопна труба знаходилась з протилежного боку від пункту, загальмуйте агрегат, вимкніть двигун.

Перевірте комплектність причіпного пристрою агрегатованого знаряддя (машини), відсутність на його деталях пошкоджень, тріщин, деформацій.

4.1.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

Крім перерахованих загальних вимог безпеки, варто враховувати специфічні умови роботи агрегату на поле і ряд додаткових небезпек зв'язаних з цим. Вимоги враховуючі ці фактори перераховані нижче:

- трактористу забороняється передавати роботу на агрегаті особам не закріпленим за даним агрегатом ;
- під час роботи забороняється знаходитися перед агрегатом;
- не можна робити ремонт чи регулювання вузлів під час роботи і пересування агрегату, усі види регулювань і технічне обслуговування робити після повної зупинки агрегату при виключеному двигуні;
- не доторкатися до рухливих деталей машин при працюючому двигуні;
- під час роботи агрегату забороняється надягати ремені і ланцюги на шківи і зірочки, а також змазувати підшипники;
- після зупинки агрегату варто переводити важіль коробки передач у нейтральне положення;
- у секторі повороту агрегату не повинні знаходитися люди і транспортні засоби;

- після проведення яких-небудь регулювальних чи ремонтних робіт забороняється залишати на агрегаті інструмент чи інші сторонні предмети;
- з наступом темряви дозволяється робота тільки з включеними в достатній кількості фарами.

4.1.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. Травмування осколками деталей, що обертаються під час запуску двигуна.
2. Травмування внаслідок раптового рушення трактора під час запуску двигуна.
3. Опіки внаслідок загоряння пального під час заправки трактора.
4. Травмування, наїзд на сторонніх осіб під час агрегатування трактора із знаряддями.
5. Травмування під час технологічної наладки агрегованих знарядь.

4.1.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

1. Вигнати агрегат із загінки і, по затвердженим у господарстві маршрутам руху, поставити його на місце стоянки. Заглушити двигун, загальмувати трактор, у холодний період року злити воду і впевнитись, що вона повністю витекла з системи охолодження.
2. Очистити агрегат від бруду, пилу, рослинних решток. Оглянути та усунути виявлені недоліки.
3. Зняти одяг, вмитися, по-можливості прийняти душ.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Розрахунки техніко-економічних показників виконуємо у порівнянні з серійним грунтообробним агрегатом ГР-3,0. Основна відмінність агрегатів – за рахунок встановлення допоміжних робочих органів розроблена машина має менше технологічних зупинок для чищення і регулювання. Це підвищує коефіцієнт використання робочого часу зміни і, як наслідок, продуктивність агрегата.

Вихідні дані для розрахунків зведено до табл.5.1.

Таблица 5.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг гоботи	га	180	180
2	Продуктивність	га/год	1,8	2,08
3	Витрати ПММ	кг/га	13,5	11,6
4	Вартість:	грн		
	- Трактора		860000	860000
	- Машини		163000	163700
	- Всього		1023000	1023700
5	Кількість обслуговуючого персонала		1	1

У відповідності з виданим на дипломний проект завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий

Проект

$$K_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{180}{1,8} = 100 \text{ год}$$

$$K_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{180}{2,08} = 86,54 \text{ год} \quad (5.1)$$

Витрати праці:

Базовий

Проект

$$V_{\Pi} = K_{\text{нг}} \cdot n = 100 \cdot 1 = 100 \text{ год}$$

$$V_{\Pi} = K_{\text{нг}} \cdot n = 86,54 \cdot 1 = 86,54 \text{ год}, \quad (5.2)$$

де $n=1$ - кількість обслуговуючого персонала.

Експлуатаційні витрати.

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегата.

Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{\text{год}}} \cdot K_1 \cdot K, \quad (5.3)$$

де C_T - тарифна ставка, 47,54 грн/год;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,375$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.

Базовий

Проект

$$\Pi = \frac{47,54}{1,8} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 43,58 \text{ грн/га}$$

$$\Pi = \frac{47,54}{2,08} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 37,71 \text{ грн/га}$$

Амортизаційні відрахування.

Норма амортизації для трактора – 15%, ґрунтообробної машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550год;
- машини - 580год

Базовий

Проект

$$\text{Трактор: } A_{\text{ТР}} = \frac{860000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 1,8} = 46,24 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{ТР}} = \frac{860000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 2,08} = 40,01 \text{ грн/га}$$

$$\text{машина: } A_{\text{М}} = \frac{163000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 1,8} = 23,42 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{М}} = \frac{163700 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 2,08} = 20,35 \text{ грн/га}$$

$$\text{Всього: } A_{\Sigma} = 46,24 + 23,42 = 462,3 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 40,01 + 20,35 = 60,36 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ.

Базовий

$$C_{\text{ПММ}} = 34,5 \text{ грн/кг}$$

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 34,5 \cdot 13,4 = 462,3 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{ПММ}} = 34,5 \cdot 11,6 = 400,2 \text{ грн/га}$$

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_{\text{з}} = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{\text{ТР}} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_{\text{Б}} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_{\text{з}} + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \cdot K, \quad (5.4)$$

де $B_{\text{Б}}$ – балансова вартість, грн;

K – коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

Базовий

$$\text{Трактор: } V_{\text{ТР}} = \frac{860000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 100 \cdot 1,8} = 917,33 \text{ грн/га}$$

Проект

$$V_{\text{ТР}} = \frac{860000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 86,54 \cdot 2,08} = 917,32 \text{ грн/га}$$

Базовий

$$\text{Машина: } V_{\text{М}} = \frac{163000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 100 \cdot 1,8} = 173,87 \text{ грн/га}$$

Проект

$$V_{\text{М}} = \frac{163700 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 86,54 \cdot 2,08} = 174,61 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегатам:

$$V = V_{\text{ТР}} + V_{\text{М}} = 917,33 + 173,87 = 1091,2 \text{ грн/га}$$

$$V = 917,32 + 174,61 = 1091,93 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

$$E_{\text{В}} = 43,58 + 69,66 + 462,3 + 917,33 = 1492,87 \text{ грн/га}$$

Проект

$$E_{\text{В}} = 37,71 + 60,36 + 400,2 + 917,32 = 1415,59 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

$$E_{\Sigma} = E_{\text{В}} \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 1492,87 \cdot 180 = 268716,6 \text{ грн}$$

Проект

$$E_{\Sigma} = 1415,59 \cdot 180 = 254806,2 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Базовий	Проект
Трактор: $K_B = \frac{B_B}{W_{CEZ}} = \frac{860000}{180} = 4777,78 \text{ грн/га}$	$K_B = \frac{860000}{180} = 4777,78 \text{ грн/га}$

Машина: $K_B = \frac{163000}{180} = 905,56 \text{ грн/га}$	$K_B = \frac{163700}{180} = 909,44 \text{ грн/га}$
--	--

Всього:

$$K_B = 4777,78 + 905,56 = 5683,34 \text{ грн/га} \quad K_B = 4777,78 + 909,44 = 5687,22 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1 га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$П_B = 1492,87 + 0,15 \cdot 5683,34 = 2345,37 \text{ грн/га}$$

Проект

$$П_B = 1415,59 + 0,15 \cdot 5687,22 = 2268,67 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{CEZ} = 2345,37 \cdot 180 = 422166,6 \text{ грн}$$

Проект

$$П_{B\Sigma} = 2268,67 \cdot 180 = 408360,6 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 422166,6 - 408360,6 = 13806 \text{ грн}$$

Термін окупності:

$$T_o = 706500 - 706000 / 37388,2 = 0,1 \text{ роки}$$

Результати заносимо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	180	180
3	Склад агрегата: Трактор Машина	ХТЗ-17221 ГР-3,0	ХТЗ-17221 ГР-3,0М
4	Продуктивність, га/год	1,8	2,08
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	100	86,54
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Тарифна ставка, грн/год	47,54	47,54
8	Норма витрати пального, кг/га	13,5,	11,6
9	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	860000 163000	860000 163700
10	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	34,5	34,5
11	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини -всього . Витрати на ПММ .Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машина -всього	1492,87 46,24 23,42 69,66 462,3 917,33 173,87 1091,2	1415,59 40,01 20,35 60,36 400,2 917,32 174,61 1091,93
12	Капітальні вкладення, грн/га	5683,34	5687,22
13	Приведені затрати, грн/га	2345,37	2268,67
14	Річний економічний ефект, грн		13806
14	Термін окупності, років		0,1

Висновок

За результатами розрахунків прогнозований річний економічний ефект складає 13806 грн при сезонному навантаженні 180 га, а термін окупності становить 0,1 роки

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналізуючи технології підготовки ґрунту у садах з застосуванням різних знарядь і робочих органів і їх вплив на врожайність с культур показав, що при сполученні різних типів робочих органів , а також як плоскорізні одноопераційні знаряддя при роботі як на схилах так і на рівних полях, врожайність постійно зростає. Проведено аналіз технічних рішень для сполучення технологічних операцій обробітку ґрунту у садах.
 2. Особливу увагу слід звернути на обґрунтування технології догляду за садовими насадженнями, покращення якісних показників агрегатів для обробітку ґрунту в міжряддях шляхом суміщення різних технологічних операцій та диференціації глибини обробітку по ширині міжряддя.
 3. Запропонована конструкція вдосконаленого розпушувача, який забезпечує виконання за один прохід операцій основного рихлення міжрядь та прикореневої обробки ґрунту, дає можливість підвищити технологічну надійність процесу, скоротити більше ніж у 2 рази затрати праці та ресурсів, покращити врожайність культури.
 - 4 Залежність ступеня розпушення ґрунту від швидкості руху МТА за зазначених умов є зворотно пропорційною. Збільшення швидкості призводить до зменшення якості розпушення. Експлуатація МТА на максимальній агротехнічно допустимій швидкості 11км/год. призводить до втрат майже на 7,3% в якості здрібнювання ґрунту ніж при мінімальній швидкості. Згідно цих міркувань оптимальною швидкістю є нижча агротехнічно допустима швидкість 7,5...8,5км/год.
- Отримавши поверхню, яка зображує усі можливі значення ступеня розпушення ґрунту, маємо змогу знати ті комбінації кута нахилу та швидкості руху, при яких отримуємо найвищий ступень подрібнювання. Максимум $i=9,06$ досягаємо при швидкості руху 1,8 м/с та куті нахилу стояка 95 градусів.
5. Аналіз залежностей по кришенню ґрунту в активному шарі показує, що ступінь збереження стерні із збільшенням відстані між робочими органами,

як по ширині так і по ходу машини – збільшується, а із зменшенням - зменшується. При цьому кришення ґрунту в активному шарі із збільшенням відстані між робочими органами погіршується, а із зменшенням – поліпшується.

6. Проведено аналіз стану робіт із забезпечення охорони праці. Описано заходи, що дозволяють значно знизити потенційну небезпеку, поліпшити умови праці працюючих і, як наслідок, підвищити продуктивність їхньої праці.

7. В результаті проведення розрахунків техніко-економічних показників виявили, що річний економічний ефект склав 13806 грн., а строк окупності розробки менше ніж 1 рік, що дозволяє судити про доцільність даного рішення по розробці ґрунтообробного знаряддя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини. / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко. – К.: Вища освіта, 2004. – 458с.
2. Белокопытов А.В. Обоснование рациональных параметров рабочих элементов игольчатых рабочих органов для сплошной обработки почвы в условиях юга Украины. / А.В. Белокопытов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Мелитополь -1997.
3. Кострицин А. К. Обоснование типа и параметров рабочих органов к плугам и безотвальным рыхлителям для щелевания дна борозды. // А.К. Кострицин. ВИМ. — 1981. - Т. 90.-С. 91-108.
4. Ковриков И.Т. Обоснование формы иглы и параметров рабочих органов для поверхностной обработки почвы. /И.Т. Ковриков . Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1988. - №7. – с.22-24.
5. Гордієнко В.П. та ін. Землеробство. —К.: Вища шк., 1991.—268с.
6. Алімов Д. М., Шелестов Ю.В. Технологія виробництва продукції рослинництва: Підручник. – К.: Вища школа, 1995. – 271 с.
7. Гнатенко О.Ф., Петренко Л.Р., Капштик М.В., Вітвицький С.В. Практикум з ґрунтознавства. – К.: НАУ, 2002. – 230 с.
8. . Грицаєнко А.О. Плодівництво. - К.: Урожай, 2000.
9. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство. —К.: Урожай, 1994. —328с.
10. Вітчизняні технології виробництва, зберігання та переробки плодів і ягід в Україні – К.: Преса України, 2012. – 120 с.
11. Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. - М.: Агропромиздат, 1986. - 416 с
12. Василенко П. М. Введение в земледельческую механику / П. М. Василенко; под ред. Л. В. Погорелого. – К.: Сільгоспосвіта, 1996. – 251 с.
13. Ветохін В. І. Системні та фізико-механічні основи проектування розпушувачів ґрунту : автореф. дис... д-ра техн. наук / В. І. Ветохін; ННЦ ІМЕСГ. – Глеваха, 2010. - 40 с.

14. Гуков Я. С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих технологічних засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України / Я. С. Гуков – К.: Нора-прінт, 1999. – 280 с.

15. Кравчук В. І. Енерговитрати при розпушенні ґрунту механічним способом / В. І. Кравчук, Я. С. Гуков // Механізація сільськогосподарського виробництва: збірник наукових праць НАУ.– К, 2000. – Т. VIII. – С. 17-19.

16. Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А. Н. Панченко.- Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.

17. Бурченко П. Н. Механико-технологические основы почвообрабатывающих машин нового поколения / П. Н. Бурченко - М.: ВИМ, 2002. - 212 с.

18. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. - М.: Финансы и статистика, 1981. - 263 с.

19. Галлямов Р.М. Перемещение слоев почвы двухярусным плугом / Р.М.Галлямов. – Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987., №3. – С.32-36.

20. Кобець А. С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А. С. Кобець, Б. А. Волик, А. М. Пугач. - Дніпропетровськ: Свідлер А.Л., 2011. - 140 с.

21. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навч. Посібник / [Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А.]. – Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.

22. Панченко А. Н. Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих и землеройных машин и оценка их эффективности для энергосберегающих технологий: учебное пособие / А.Н. Панченко. – Днепропетровск: ДГАУ, 1995. – 96 с.

23. Установка для дослідження взаємодії робочих органів з ґрунтом / Ю. О. Гуменюк, О. М. Димчев, В. П. Ковбаса, М.М. Кучер // Механізація

сільськогосподарського виробництва: збірник наукових праць НАУ.– К., 2000. - Т. VIII. – С. 262 – 265.

24. Тищенко С.С. Методика определения степени перемещения и оборота почвы при обработке / С.С.Тищенко, А.П.Рыбкин. – Материали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку аграрної механіки» - Дніпропетровськ, 2004. – С.43-45.