

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла САМОКИША

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ТЕМУ:
**«ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ
ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В
ПРИСТОВБУРНИХ СМУГАХ ІНТЕНСИВНОГО САДУ»**

Виконав:

здобувач вищої освіти
освітнього ступеня «магістр»
освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної форми навчання

Андрій ДИКИЙ

Керівник:

кандидат технічних наук,
доцент

Сергій ГРУШЕЦЬКИЙ

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Шкала ECTS _____

«___» грудня 2025 р.

Допускається до захисту:

«___» грудня 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності
208 «Агроінженерія»,
кандидат технічних наук, доцент

Василь ДУГАНЕЦЬ

м. Кам'янець-Подільський, 2025

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	4
АНОТАЦІЯ	5
РЕФЕРАТ	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ .	7
ВСТУП.....	8
1. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ПЛОДОВИХ НАСАДЖЕНЬ В ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІЙ ЗОНІ «ЛІСОСТЕПОВА».....	11
1.1. Способи утримання ґрунту в плодкових насадженнях.....	11
1.2. Аналіз існуючих засобів механізації обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень.....	15
1.3. 1. Машини з пасивними робочими органами	15
1.3.2. Машини з активними робочими органами.....	21
Висновки до першого розділу.....	39
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА РЕЖИМУ РОБОТИ ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ.....	40
2.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми фрезерної машини	40
2.2. Розроблення математичної моделі процесу взаємодії ґрунту з робочими органами фрезерної машини, які обертаються навколо вертикальної осі.....	43
2.2.1. Обґрунтування параметрів напрямної лінії поверхні робочого органу.....	43
2.2.2. Визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по поверхні ножа під дією сил	46
Висновки до другого розділу	51

	3
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	53
3.1. Лабораторні дослідження з визначення змін агрегатного стану ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень під дією води із систем штучного зрошення.....	53
3.1.1. Методика лабораторного дослідження	54
3.1.2. Результати дослідження	56
3.2. Лабораторно-польові дослідження розроблених робочих органів у складі експериментального зразка машини МФ-1М	59
3.2.1. Програма і методика лабораторно – польових досліджень.....	59
Висновки до третього розділу.....	68
4. НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА І ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ	69
4.1. Науково-виробнича перевірка технології комбінованого способу утримання ґрунту в плодових насадженнях і впровадження фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах	69
4.2. Економічна порівняльна оцінки застосування фрезерної машини.....	74
Висновки до четвертого розділу	78
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82
ДОДАТОК А Матеріали комп'ютерної презентації.....	86
ДОДАТОК Б Копії друкованих тез доповідей	94

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Інженерно-технічний університет
Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла САМОКИША
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 208 – Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри,
Анатолій РУДЬ
«04» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу вищої освіти

ДИКОМУ
Андрію Васильовичу

Тема роботи: «ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ПРИСТОВБУРНИХ СМУГАХ ІНТЕНСИВНОГО САДУ»

Керівник роботи: доцент ГРУШЕЦЬКИЙ Сергій Миколайович

Затверджено наказом по Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від «04» квітня 2025 року № 355с.

Строк подання закінченої кваліфікаційної роботи 20 листопада 2025 року.

Вихідні дані до роботи:

1. Науково-технічна література, авторські свідоцтва і патенти на винаходи робочих органів фрезерної машини для обробітку ґрунту.
2. Протоколи випробування робочих органів фрезерної машини для обробітку ґрунту.
3. Результати дослідження та випробування робочих органів фрезерної машини для обробітку ґрунту.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ.

1. Особливості вирощування плодкових насаджень в ґрунтово-кліматичній зоні «Лісостепова».

2. Теоретичні дослідження з обґрунтування параметрів робочих органів та режиму роботи фрезерної машини.

3. Експериментальні дослідження.

4. Науково-виробнича перевірка і економічна ефективність застосування фрезерної машини.

Загальні висновки і рекомендації.

Список використаних джерел.

Додатки.

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі магістра представлено питання підвищення якості обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень шляхом створення оптимального агрегатно-структурного складу ґрунту фрезерною машиною з вертикальною віссю обертання робочих органів за рахунок обґрунтування їх оптимальних геометричних параметрів і режиму роботи машини.

На основі аналізу існуючих робочих органів, теоретичних і експериментальних досліджень визначено конструктивну схему та встановлено оптимальні значення параметрів та створення оптимального агрегатно-структурного складу ґрунту фрезерною машиною з вертикальною віссю обертання робочих органів.

За результатами досліджень розроблено та виготовлено експериментальний зразок робочих органів фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах інтенсивного саду.

Виконано лабораторні дослідження ефективності функціонування робочих органів фрезерної машини для обробітку ґрунту та визначення змін агрегатного стану ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень під дією води із систем штучного зрошення.

Проведено польові дослідження ефективності функціонування робочих органів фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах інтенсивного саду.

Розраховано техніко-економічна ефективність застосування фрезерної машини.

THE SUMMARY

The master's thesis presents the issue of improving the quality of soil cultivation in the stem strips of fruit plantations by creating the optimal aggregate and structural composition of the soil with a milling machine with a vertical axis of rotation of the working bodies due to the justification of their optimal geometric parameters and the mode of operation of the machine.

On the basis of the analysis of existing working bodies, theoretical and experimental studies, a design scheme was determined and the optimal values of the parameters and the creation of the optimal aggregate and structural composition of the soil by a milling machine with a vertical axis of rotation of the working bodies were determined.

Based on the results of the research, an experimental sample of the working bodies of the milling machine for soil cultivation in the trunk strips of an intensive garden was developed and manufactured.

Laboratory studies of the effectiveness of the functioning of the working bodies of the milling machine for soil cultivation and the determination of changes in the aggregate state of the soil in the stem strips of fruit plantations under the action of water from artificial irrigation systems were performed.

Field studies of the effectiveness of the functioning of the working bodies of the milling machine for soil cultivation in the trunk strips of an intensive garden were conducted.

The technical and economic efficiency of using a milling machine is calculated.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 81 аркушах формату А4, яка вміщує 5 розділів, 7 таблиць, 61 рисуноків, 43 найменування використаних джерел і презентаційного матеріалу на 16 аркушах.

Мета магістерської роботи присвячена питанням підвищення якості обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень шляхом створення оптимального агрегатно-структурного складу ґрунту фрезерною машиною з вертикальною віссю обертання робочих органів за рахунок обґрунтування їх оптимальних геометричних параметрів і режиму роботи машини.

Якість ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень за показником агрегатно-структурного складу може суттєво змінюватись під дією води із систем зрошення і механізованого обробітку. Доведено, що для утворення оптимального структурно-агрегатного стану ґрунту (коефіцієнт 0,6-0,8) необхідно застосовувати робочі органи фрези у вигляді ножів, які обертаються навколо вертикальної осі і мають криволінійну поверхню; встановлено, що робоча поверхня ножа має бути лінійчатою у вигляді прямого кругового циліндра, у якого ординати напрямної збільшуються від траєкторії руху ріжучої крайки ножа за лінійним законом і встановлюється величиною заднього кута різання ($\gamma=10^\circ$); розраховано, що на ножах з такою поверхнею, виникають рухомі сили, які є більшими за стримуючі сили і відносна швидкість ґрунту по поверхні ножа стає більшою ніж його окружна швидкість, а це, в свою чергу, сприяє підвищенню рихлення ґрунту; показано, що для збереження структурно-агрегатного стану ґрунту при застосуванні десяти вегетаційних поливів необхідно здійснювати механізований обробіток ґрунту фрезерною машиною з розробленими робочими органами після проведення третього або четвертого поливу, а для ґрунту з початковим значенням коефіцієнту структурності 0,6 – після першого. Результати досліджень упроваджені в технологіях вирощування абрикосу, черешні і яблуні при утриманні ґрунту під «чорним паром», що сприяло заощадженню на кожному гектарі оброблюваної площі не менше 2260 грн.

Ключові слова: ФРЕЗЕРНА МАШИНА, РОТОРИ, НОЖІ, ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, ПЛОДОВІ НАСАДЖЕННЯ, ПРИСТОВБУРНІ СМУГИ, РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ, СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення	Розшифровка скорочень
ВАТ	Відкрите акціонерне товариство
КРМ	Кваліфікаційна робота магістра
ЕК	Екзаменаційна комісія
МТА	Машинно-тракторний агрегат
m	маса проби в природному стані, кг
m_m	маса висушеної проби (твердої фази)
m_v	маса вологи (рідкої фази)
m_c	маси вологи і сухого ґрунту
W_n	польова (загальна) вологоємність
W_a	абсолютна вологість ґрунту
a	глибина заглиблення голок диска, м
k	коефіцієнт пропорційності, $k = 1, 2$ кг/см
P	горизонтальна складова, Н
b	довжина лунки, м
n	число зубів на диску
R	радіус кола, при якому диск рухається без ковзання, м
d	діаметр голки, м
h	глибина обробітку, м
θ	кут сколювання ґрунту
φ	кут тертя голки об ґрунт
h_{max}	максимальна глибина обробітку
a	висота стерні
d	діаметр маточини
n	частота обертання уповільненого диска
n_o	частота обертання диска- шляховимірювача
a_n	деформація стискання пружини, см

ВСТУП

Актуальність роботи. Відомо, що рівень механізації в галузі садівництва є дуже низьким і не перевищує 14%, забезпеченість садівничих господарств технікою становить 20 – 25%, а промисловість України спеціалізовану садову техніку практично не виробляє, що негативно впливає на подальший розвиток галузі.

Дослідженнями вітчизняних вчених встановлено, що найбільш перспективним способом утримання ґрунту в садах інтенсивного типу є комбінований спосіб, при якому вільна частина міжряддя утримується під задернінням, а пристовбурна смуга – під «чорним паром». Також доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в пристовбурних смугах досягається за рахунок застосування фрезерних машин з робочими органами, які обертаються навколо вертикальної осі.

Основним недоліком роботи існуючих фрезерних машин даного типу є те, що ґрунт після обробітку містить тільки біля 51% агрегатів з розмірами від 0,25 мм до 10,0 мм (середня фракція), а це за шкалою оцінки структурно-агрегатного стану ґрунту згідно з ДСТУ4362 вважається «незадовільним». Під впливом вегетаційних поливів структурно-агрегатний стан ґрунту в пристовбурних смугах стає ще більше незадовільним. Це негативно впливає на фізіологічний стан дерев і, як наслідок, на зниження продуктивності плодових насаджень і нераціональні витрати поливної води, а також створює сприятливі умови для розмноження гризунів.

Тому для садівницької галузі збереження «доброго» або «відмінного» структурно-агрегатного стану ґрунту є народногосподарською проблемою, вирішення якої можливе тільки за рахунок ефективного та своєчасного його обробітку. Для цього виробники садівницької продукції повинні мати в своєму розпорядженні ефективні ґрунтообробні машини, як правило фрезерного типу з вертикальною віссю обертання робочих органів. Розробка таких машин з обґрунтованими кінематичними та конструктивно-технологічними параметрами робочих органів, які спроможні забезпечувати «добрий» або «відмінний» структурно-агрегатний стан ґрунту при мінімальних енергетичних витратах є важливим науковим завданням.

Мета і завдання досліджень. Поліпшення якості та зниження енергоємності процесу обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових

насаджень інтенсивного саду шляхом обґрунтування кінематичних та конструктивно-технологічних параметрів фрезерної машини з обертанням робочих органів навколо вертикальної осі.

Відповідно до поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- провести аналіз існуючих конструкції ґрунтообробних машин з обробітку пристовбурних смуг в плодкових насадженнях інтенсивного типу і обґрунтувати конструктивно-технологічну схему машини, яка б забезпечила досягнення поставленої мети;

- визначити оптимальні значення кінематичних та конструктивно-технологічних параметрів робочих органів фрезерної ґрунтообробної машини шляхом розробки та дослідження математичної моделі процесу взаємодії робочих органів з ґрунтом;

- визначити зміни в структурно-агрегатному стані ґрунту пристовбурних смугах інтенсивного саду під впливом вегетаційних поливів та встановити терміни ефективного механізованого впливу на ґрунт.

- експериментально перевірити основні положення математичної моделі та визначити вплив конструктивно-технологічних параметрів роботи фрезерної машини на показники якості і енергоємності її роботи;

- надати техніко-економічну оцінку застосування фрезерної машини з вертикальною віссю обертання робочих органів для утримання пристовбурних смуг під «чорним паром».

Об'єкт дослідження – процес обробітку ґрунту в насадженнях плодкових культур інтенсивного типу в умовах зрошення.

Предмет дослідження – закономірності впливу кінематичних та конструктивно-технологічних параметрів робочих органів фрезерної машини на якісні та енергетичні показники обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень саду інтенсивного типу.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проводилися з використанням методів математичного моделювання та положень теоретичної механіки, диференційного та інтегрального числення із подальшою розробкою прикладних програм.

Експериментальні дослідження проводились у лабораторних і польових умовах відповідно до прийнятих методик та галузевих стандартів. Обробка результатів досліджень здійснювалася методами математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає:

- вперше отримано закономірності впливу вегетаційних поливів саду інтенсивного типу на структурно-агрегатний стан ґрунту, що дозволяє визначати агротехнічні строки механізованого обробітку пристовбурних смуг;

- отримало подальший розвиток теорія проектування робочих органів ґрунтообробних фрезерних машин в частині визначення динаміки руху ґрунту по криволінійній поверхні ножів, які обертаються навколо вертикальної осі, що дозволяє визначати кінематичні та конструктивно - технологічні параметри фрезерних машин;

- вперше отримано рівняння дальності польоту частки ґрунту для ножів з вертикальної віссю обертання, що дозволяє визначити якість формування обробленої зони пристовбурної смуги.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці методичних засад проектування геометричних параметрів робочих органів з урахуванням технологічних режимів роботи фрезерної машини, які можна використовувати при розробці конструкторської документації на даний тип машин. Модернізовано фрезерні ротори експериментального зразка 7 фрезерної машини МФ-1, який було впроваджено в технологічний процес догляду за ґрунтом в пристовбурних смугах плодкових насаджень СФГ «Олександр» Хмельницької області та в навчальний процес ЗВО «ПДУ».

Основні результати, які відображають сутність роботи, отримані автором самостійно. Постановка задач і аналіз результатів досліджень виконано спільно з науковим керівником.

Апробація результатів роботи. Основні положення виконаних теоретичних і експериментальних досліджень роботи доповідались на: щорічних конференціях професорсько-викладацького складу та аспірантів Закладу вищої освіти «Подільський державний університету» (2024-2025 рр.).

Публікації. Основні результати дослідження відображені у 2 публікаціях, з них 2 статті у науково-фахових виданнях.

1. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ПЛОДОВИХ НАСАДЖЕНЬ В ГРУНТОВО- КЛІМАТИЧНІЙ ЗОНІ «ЛІСОСТЕПОВА»

1.1. Способи утримання ґрунту в плодкових насадженнях

Існують три способи утримання ґрунту в плодкових насадженнях [1-8]. В «Лісостепу» найбільш поширеним способом утримання ґрунту в плодкових насадженнях вважався «чорний пар», за якого ґрунт обробляється ґрунтообробними машинами для поверхневого обробітку ґрунту – культиваторами або дисковими боронами. При цьому досягається економія зрошуваної води, але втрачається паливо (кількість обробок може досягати семи). Загальний вигляд такого насадження наведено на рисунку 1.1.



Рис. 1.1. Загальний вигляд плодового саду з утриманням ґрунту під «чорним паром»

Другим способом утримання ґрунту в плодкових насадженнях є суцільне задерніння (рис. 1.2). При цьому способі можливо вирощувати сидерати, або

трави із застосуванням косарки. Цей спосіб вважається екологічним, але потребує додаткових витрат зрошуваної води [2, 5-9].

Також існує комбінований спосіб утримання ґрунту в плодкових насадженнях, при якому міжряддя задерніле, пристовбурна смуга і міжстовбурна пасмуга утримується під «чорним паром» (рис. 1.3) [7].

Цей спосіб в ґрунтово – кліматичній зоні «Лісостеп» є найбільш перспективним за умов, що сади інтенсивного типу вирощуються тільки із застосуванням зрошення, а забезпечення вологою ґрунтово – кліматичної зони не перевищує 400мм. Тобто утримання ґрунту під суцільним задернінням потребує додаткових витрат зрошуваної води, а під «чорним паром» – палива [1, 2].



Рис. 1.2. Загальний вигляд плодового саду з утриманням ґрунту під суцільним задернінням

Враховуючі данні підрозділу 1.2 для реалізації будь якого способу утримання ґрунту міжряддя плодового саду можна умовно поділити на такі три зони: вільна частина міжряддя, пристовбурна смуга і між стовбурна пасмуга (рис. 1.4).



Рис. 1.3. Загальний вигляд плодового саду з утриманням ґрунту комбінованим способом

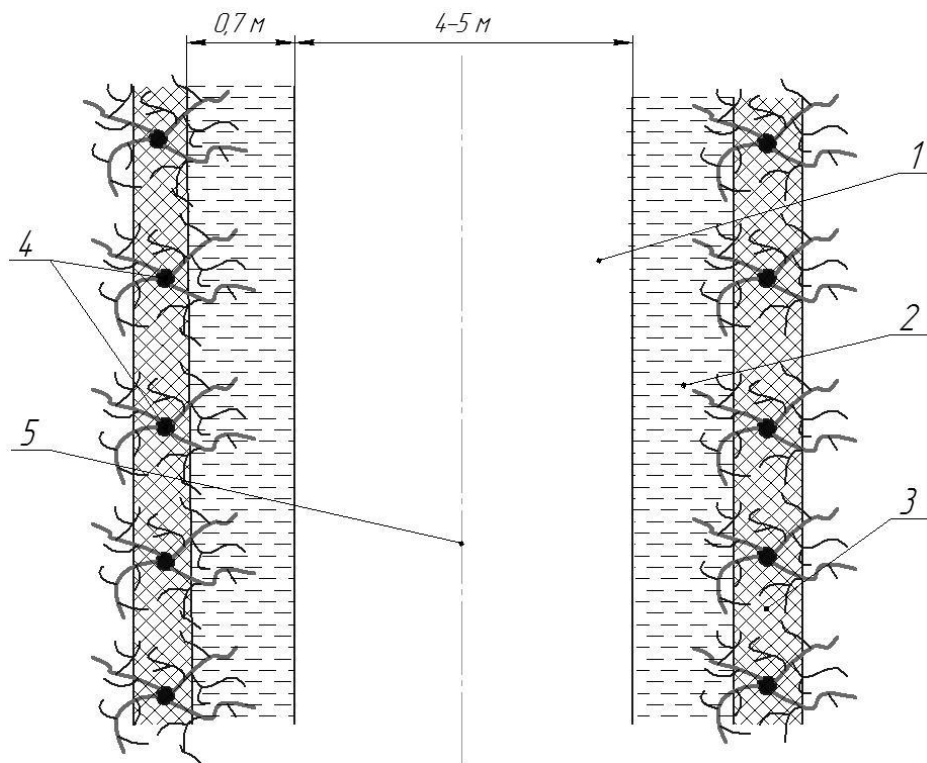


Рис. 1.4. Зони міжряддя плодового саду:

1 - вільна частина міжряддя; 2 - пристовбурна смуга; 3 - міжстовбурна пасмуга; 4 - дерева; 5 - вісь міжряддя саду

Вільну частину міжряддя можна обробляти ґрунтообробними знаряддями без особливих пристроїв (культиватори, дискові борони, косарки).

Щоб обробити пристовбурні смуги, знаряддя необхідно підводити під крону дерева. Це досягається зміщенням знаряддя у бік відносно трактора або із застосуванням симетричних широкозахватних агрегатів.

Складніших засобів механізації потребує обробіток між стовбурних пасмуг, який необхідно проводити, щоб уникнути заростання пасмуг бур'янами. Найпростішим засобом механізації цього процесу є перехресний обробіток ґрунту в садах. Але цей спосіб неекономічний і неможливий у садах з зайнятими міжряддями або з загущеною схемою посадки та в садах, розміщених на схилах.

Для механізації обробітку ґрунту в пристовбурних смугах та міжстовбурних пасмугах застосовують висувні секції. Вимоги до секцій для обробітку пристовбурних смуг [10-13] залежать від породи та віку насаджень, умов вирощування, прийнятої агротехніки. Основні вимоги такі. Висувна секція повинна бути зміщеною від поздовжньої осі трактора в бік ряду. Величина цього зміщення для роботи в молодих садах повинна становити до 2,5м, а у плодоносних – до 4 м. Висота секції не повинна перевищувати 50см. Глибина обробітку ґранту залежно від типу робочих органів повинна бути в межах 5-12 см. Механізми секції не повинні пошкоджувати дерева. Зусилля на органах, що доторкаються до дерева, не повинні перевищувати 30 Н.

В дослідженнях [14] наводиться, що витрати на паливо та техніку є найбільшими при обробітку ґрунту комплексом машин, який був розроблений у 70-і роки для утримання ґрунту під чорним паром в садах екстенсивного типу. До його складу увійшли: фреза ФА-0,76, дискові борони БДС-3,5 та БДСТ-2,5, культиватор КСГ-5 з шириною захвата 3м, 4м, 5м, який обробляє вільну частину міжряддя, пристовбурну смугу і міжстовбурну пасмугу. Такий комплекс машин не є ресурсоощадним для обробки ґрунту в садах інтенсивного типу. Враховуючі те, що в ґрунтово – кліматичній зоні «Лісостеп» комбінований спосіб утримання ґрунту є найбільш перспективним [1-3], то

машини для обробітку пристовбурних смуг і міжстовбурних пасмуг потребують першочергового доопрацювання.

Машини для обробітку пристовбурних смуг поділяються за способом приводу робочих органів висувних секцій на пасивні (різальні лапи і дискові робочі органи) та активні робочі органи – фрези [15-23].

1.2. Аналіз існуючих засобів механізації обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень

1.2.1. Машини з пасивними робочими органами

Культиватор КСГ-5 садовий [30], гідрофікований (рис. 1.5) призначений для обробітку ґрунту в молодих та плодоносних садах з шириною міжряддя від 4 до 10 м. Культиватор забезпечений стрілочастими полільними лапами з захватом 270 мм, 330 мм (10 та 11), розпушувальними лапами з захватом 55 мм, малими та великими зубами борони 12, борозно різами та поворотною лапою для обробітку пристовбурних смуг 10. Культиватор КСГ-5 начіпний, зі змінною шириною захвату: 3,3; 4,3 та 5,3 м.

У залежності від ґрунтових умов, ширини захвату та виконуваної роботи агрегатується з тракторами класу 3, 2 та 1,4.

Для підрізання бур'янів та розпушування ґрунту у пристовбурних та між стовбурних смугах служить поворотна одностороння ножова лапа 10. Ніж лапи встановлений під кутом 60° до напрямку руху агрегату. Стійка лапи регулюється по висоті, що дозволяє зменшувати глибину обробітку коло штамба дерева, порівняно з глибиною обробітку стрілочастими лапами. На більш ущільнених ґрунтах глибину обробітку поворотною лапою зменшують

на 4 см порівняно зі стрілочастими. Для кращого розпушування ґрунту на лапі встановлюють п'ять зубів. Поворотна лапа закріплюється на стійці привареним фланцем.

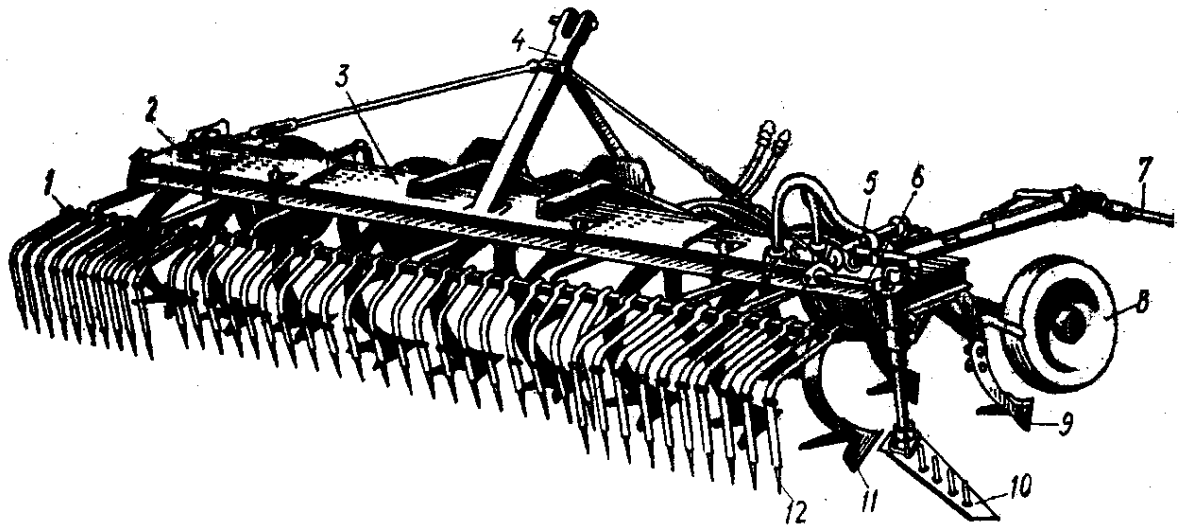


Рис. 1.5. Культиватор КСГ-5:

1 - пружні борінки; 2 - приставна рама; 3 - основна рама; 4 - начіпний пристрій; 5 - золотник; 6 - гідроциліндр; 7 - механізм включення; 8 - опорне колесо; 9 - передня лапа; 10 - поворотна лапа; 11 - задня лапа; 12 - зуб борінки

Автоматичне керування здійснюється гідроприводом, встановленим на правій приставній рамі культиватора (при ширині захвату 5,3 м) чи на правій стороні основної рами (при ширині захвату 3,3 та 4,3 м).

Гідропривід (рис. 1.6) має механізм вмикання, золотник 9, гідроциліндр 1 та редукційний клапан 4. Механізм вмикання гідроприводу складається з вмикача 4, з дерев'яним щупом 5, зворотною пружиною 3, тяги 6.

Весь механізм закріплений на трубі 7, приєднаній до рами культиватора. Золотник закріплюється на задньому кінці труби й з'єднаний через важіль з тягою механізму вмикання та клапанами високого тиску, а через редукційний клапан – з порожнинами гідроциліндра та гідросистемою трактора.

Гідроциліндр вушками стакана з'єднаний з рамою культиватора, а вилкою штока – з важелем поворотної лапи. Під час роботи гідросистеми поворотний ніж культиватора висунутий у ряд та обробляє ґрунь у між стовбурній смузі. При підході до дерева щуп механізму вмикання стикається зі штамбом, відхиляється назад та тягою повертає важіль золотника.

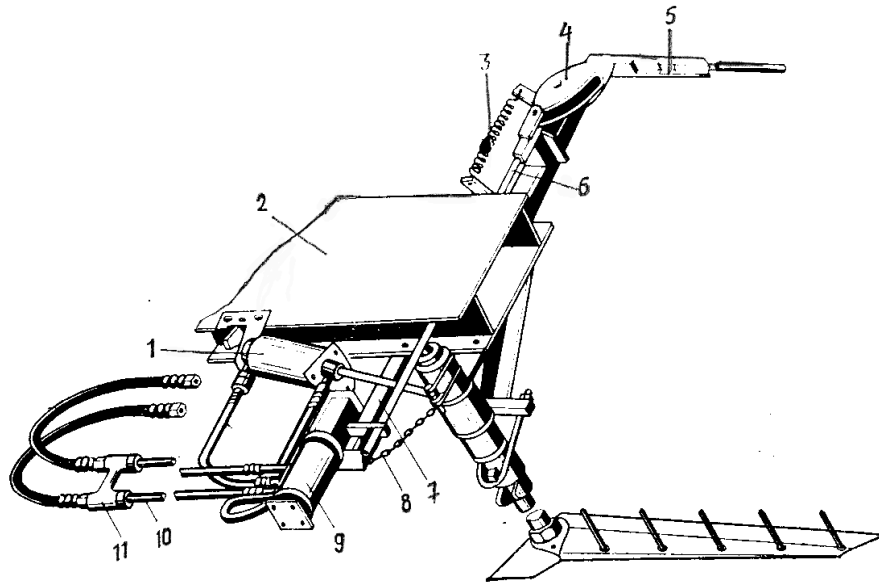


Рис.1.6. Гідропривід поворотної лапи:

1 - гидроциліндр; 2 - рама культиватора; 3 - пружина; 4 - вмикач; 5 - щуп; 6 - тяга; 7 - труба; 8 - ланцюжок; 9 - золотник; 10 - шланг; 11 - редуційно-запобіжний клапан

При цьому важіль іншим кінцем переміщує стакан золотника та відкриває шлях мастилу від гідросистеми трактора у штокову порожнину гидроциліндра. Під тиском мастила шток переміщується усередину циліндра та відводить поворотну лапу від дерева. За деревом щуп ковзає зі штамбу та пружиною повертається у вихідне положення. Через тяги важіль переміщує стакан, відкриває шлях мастилу зі штокової порожнини гидроциліндра на злив з гідросистеми трактора у під штокову порожнину. При цьому, поршень заново переміщується, висувається шток та повертає лапу у ряд, натягує ланцюг, котрий переводить золотник у нейтральне положення. Мастило від гідросистеми й навпаки проходить через редуційно-запобіжний клапан, котрий регулює тиск у шлангах. Швидкість роботи культиватора з висувною секцією – до 5 км/год.

Для обробітку міжстовбурних смуг повністю, без огріхів, кінець лева ножа повинен перекривати смугу ряду на 5-10 см. З цією метою агрегат ведуть по слідовказувачу так, щоб кінець гумового шлангу торкався б штампів дерев.

Культиватор садовий КСМ-5 [24] з лівою та правою висувними секціями (рисунок 1.3) призначений для обробки верхнього шару ґрунту й винищення бур'янів у міжряддях та міжстовбурних смугах саду, а також для глибокого розпушування ґрунту й нарізки поливних вологоутримуючих борозен у середній частині міжрядь шириною від 3,5 до 5 м. Він може бути використаний і для обробки ґрунту з міжряддями до 8 м, а також у польових умовах.

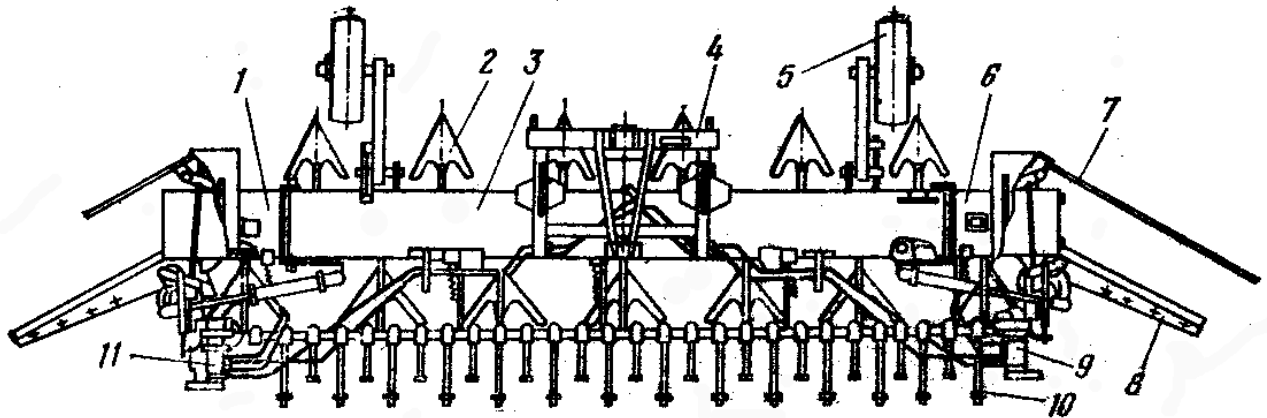


Рис. 1.7. Культиватор КСМ-5:

1 і 6 - приставні рами; 2 - робочий орган; 3 - рама основна; 4 - замок автозчіпки; 5 - опорне колесо ; 7 - вмикач; 8 - ніж поворотний; 9 і 11 - механізми гідроприводу; 10 - пружинні борони

Культиватор КСМ-5 обладнаний таким же набором робочих органів, як і культиватор КСГ-5, але на відміну від нього, він має поворотні ножові лапи з кожної сторони, що дозволяє одночасно обробляти міжстовбурні смуги зліва і справа.

Культиватор КСМ-5 представляє собою широкозахватне шарнірно-секційне начіпне знаряддя з жорстким кріпленням робочих органів. Розташування органів на рамі – дворядне. Рама культиватора спирається на два опорних пневматичних колеса, обладнаних гвинтовим механізмом регулювання глибини ходу робочих органів. Для начіплення на трактор культиватор обладнаний автоматичним замком зчіпки. Агрегатуються культиватор КСМ-5 з трактором класу 3 за допомогою автозчіпки СА-2, а з тракторами класу 1,4 – 2 використовують автозчіпку СА-1.

Перед початком роботи культиватор налагоджують на необхідну ширину захвату й встановлюють на ньому відповідні робочі органи – полільні лапи 2, розпушуючі лапи чи борознорізи. Для обробітку саду з міжряддями шириною 4 м на ньому встановлюють основну раму 3, на котрій монтують поворотні ножі 8.3 міжряддями 5 м обробіток ведуть культиватором з приставними рамами, на яких монтують поворотні ножі.

Після заїзду агрегату у міжряддя тракторист за допомогою гідросистеми опускає культиватор у робоче положення, вмикає необхідну передачу та направляє трактор точно посередині міжряддя й рухається прямолінійно. Для запобігання пошкодженню штабів він спостерігає за слідовказувачем, змонтованим на тракторі, що повинен торкатися штамба дерева кінцем гумової трубки. Щуп вмикача, стикаючись зі штамбами дерев, переміщує стакани золотників і направляє мастило у відповідні порожнини гідроциліндрів. При цьому поворотні ножі виводяться з міжстовбурної смуги. Після обходу дерева поворотні ножі повертаються у вихідне положення.

При русі агрегату усередині міжрядь перекриття між проходами в міжстовбурних смугах дорівнює 15 см. У зв'язку з тим що відстань між рядами дерев значно коливається, трактористу необхідно на початку кожного міжряддя й у середині стежити за ходом поворотного ножа з лівої сторони. При занадто великому перекритті, коли можна зашкодити дерева, ніж вимикають і більш вузькі міжряддя пропускають чи обробляють культиватором, що має менший захват.

Пристрій для обробітку міжстовбурних смуг ПМЛ-0,6 (рис. 1.8) призначений для розпушування ґрунту й знищення бур'янів у рядах між деревами [24, 25].

Його приєднують до навіски, що монтується збоку на тракторі ДТ-75 та МТЗ-80, тому задню навіску трактора можна використовувати для навішування інших знарядь.

Пристрій ПМП-0,6 складається зі змінної навіски 1 на трактор, внутрішньої рами 2, рами зовнішньої 15 з розтяжкою 3, опорного колеса 4, поворотного ножа 11, механізму керування ножем, гідроциліндру 16 підйому

секції у транспортне положення. Одна навіска – для агрегування з трактором МТЗ-80.

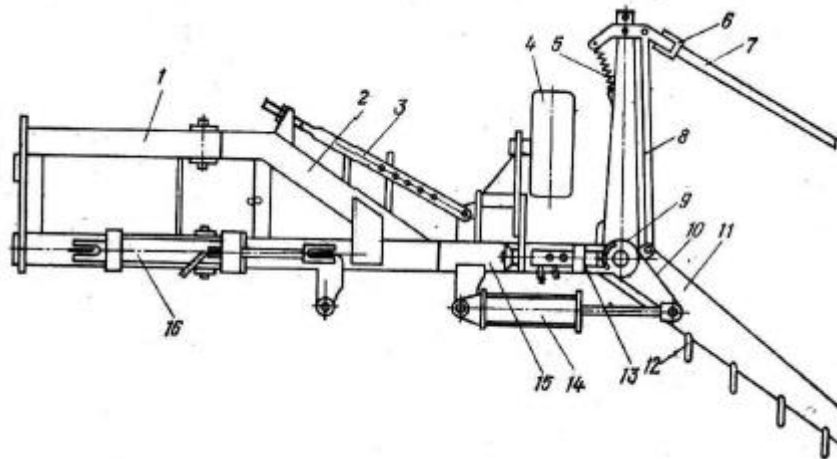


Рис. 1.8. Пристрій ПМП-0,6:

1 - навіска; 2 - рама внутрішня; 3 - розтяжка; 4- колесо; 5 - пружина; 6 - коромисло; 7 - щуп; 8 - тяга; 9 - копір; 10 - важіль; 11 - ніж; 12 - розпушувач; 13 - золотник; 14 та 16 - гідро циліндри; 15 - рама зовнішня

Механізм відводу ножа складається з золотника керування 13, встановленого на кулаку ножа 11, гідроциліндру 14, копіру 9 з пазом, щупа 7 з коромислом 6, тяги 8, що зв'язує щуп з копіром, пружини 5, що повертає щуп у вихідне положення. Золотник з'єднаний з гідроциліндром 14 відводу ножа, а також з розподільвачем гідросистеми трактора шлангом високого тиску, в який встановлюється кульковий запобіжний клапан.

Робочим органом являється односторонній поворотний ніж 11, обладнаний розпушувачами 12. Ніж прикріплений болтами до маточини поворотної осі. За допомогою важеля 10 вісь зв'язана з гідроциліндром відводу ножа.

Процес роботи пристрою ПМП-0,6 відбувається таким чином. Тракторист заїжджає в міжряддя з правої сторони так, щоб при русі агрегату щуп торкався штамба дерева на відстані не менш, ніж на 20 см від осі повороту лапи. Рекомендоване місце зіткнення штамба на щупі відзначається фарбою. Тракторист опускає пристосування в робоче положення. Рукоятка розподільвача гідросистеми переводиться в "плаваюче" положення.

Вмикається гідромагістраль нагнітача, що з'єднана з механізмом відводу поворотної лапи. При цьому золотник знаходиться в “нейтральному” положенні й мастило йде на злив. Поворотна лапа утримується в робочому положенні тиском мастила в гідроциліндрі.

При русі агрегату уздовж ряду дерев щуп від зіткнення зі штаблом відводиться назад і тягою повертає копір, що натискає на ролик штовхача і переміщує стакан золотника в робоче положення. При переміщенні стакану на 3 мм відкривається отвір для проходу мастила в гідроциліндр. Під тиском мастила шток переміщається всередину циліндра і важелем виводить поворотну лапу з ряду дерев, копіюючи хід щупа. При подальшому русі агрегату щуп сходить зі штабла дерева і під дією пружини повертається у вихідне положення. Стакан золотника при цьому переміщується в “нейтральне” положення. Це приводить до зміни напрямку руху мастила. Під тиском мастила шток виштовхується з гідроциліндра і поворотна лапа вводиться в ряд дерев. Процес відводу поворотної лапи повторюється при зустрічі зі штаблом іншого дерева.

Наприкінці гону тракторист вимикає механізм керування поворотною лапою, піднімає пристрій в транспортне положення, повертає агрегат і заїжджає у наступне міжряддя.

1.3.2. Машини з активними робочими органами

До машин з активними робочими органами відносяться фрези, які класифікуються за ознакою розташування валу приводу робочих органів (робочі органи обертаються навколо осі вала) по відношенню до поверхні ґрунту таким чином [25, 26]:

- 1) з горизонтальним розташування валу;
- 2) з вертикальним розташування валу;
- 3) вал приводу розташовано з нахилом.

Фрези з горизонтальним розташування валу робочих органів.

Фреза садова ФА-0,76 (рис. 1.9) призначена для обробки ґрунту і знищення бур'янистої рослинності в міжстовбурних смугах плодкових садів. Фреза може працювати на ділянках, засаджених деревами з високим і низьким штаблом, де міжряддя дозволяє безперешкодному проходженню трактора. Під час роботи машини фрезерна секція рухається в пристовбурній смузі. При зіткненні щупа зі штаблом дерева фреза відхиляється усередину міжряддя й обійшовши його, знову повертається в ряд, залишаючи необробленою лише невелику захисну зону біля штамба дерева.

Фреза агрегатується з тракторами «Беларусь» усіх модифікацій [24, 25]. Фреза ФА-0,76 складається з рами, відхиляючого пристрою, редуктора 7, гідронасоса 6, фрезерного барабана 2, гідророзподільника 4 і масляного бака. Рама фрези має чотири ланки, з'єднаних між собою шарнірами. Вони утворюють рухливий шарнірний чотирьохланник. На рамі установлені усівузли машини. На несучому брусі 9 рами встановлений редуктор, що передає обертання фрезерному барабану. Фрезерний барабан складається з труби з дванадцятьма дисками, до яких болтами прикріплені робочі органи - Г-подібні ножі. Глибина обробки (до 12 см) регулюється ползками 16.

Відхиляючий пристрій складається зі щупа, системи важелів і гідророзподільвача. При зіткненні щупа зі штаблом дерева пристрій приводиться в дію гідророзподільвачем. Фреза може працювати в садах з шириною міжрядь від 5 м і більш при висоті гілок не менш 40 см над ґрунтом. При русі фрези й обробці ґрунту в міжстовбурних пасмугах саду покажчик маркера 12 повинен знаходитися на відстані 5-10 см від стовбура дерева. Висувна секція фрези в поперечному напрямку може висуватися на відстань, рівну 400-450 мм. Обслуговує машину один тракторист.

Фреза садова начіпна ФСН-0,9Г (рис. 1.10) призначена для розпушування ґрунту і знищення бур'янистої рослинності в міжстовбурних пасмугах садів і міжряддях ягідників з одночасним внесенням мінеральних добрив. Агрегатується з трактором Т-25А и шасі Т-16М [26].

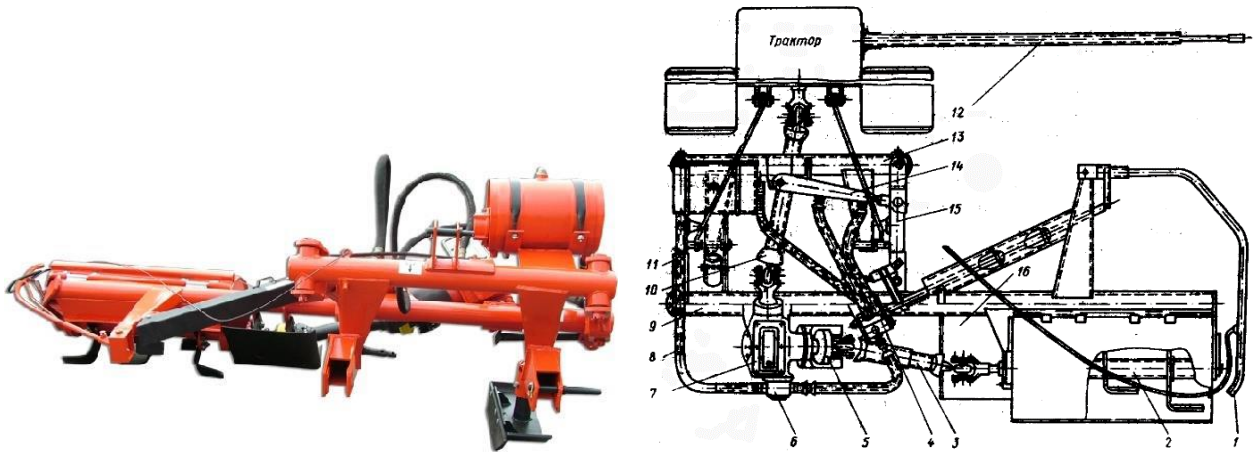


Рис. 1.9. Загальний вигляд і схема фрези садової ФА-0,76:

1 - щуп; 2 - фрезерний барабан (ротор); 3, 10 - вали карданні; 4 - гідророзподільювач; 5 - запобіжна муфта; 6 - насос; 7 - конічний редуктор; 8 - шланги; 9 - несучий брус; 11, 15 - ланки паралелограма повздожні; 12 - маркер; 13 - брус передній; 14 - гідроциліндр; 16 - полозки

Основними вузлами фрези є фрезерний барабан, рама підйому барабана, основна рама, конічний редуктор 8 із запобіжною муфтою 7, поперечний карданний вал, гідравлічна система і механізм для автоматичного об'їзду штамба. Крім перелічених загальних вузлів, фреза комплектується додатковими деталями для: навішення на трактори різних марок.

Робочим органом машини є фрезерний барабан (ротор) шириною захват 0,9 м, діаметром 370 мм і частотою обертання до 403 хв^{-1} . До вала барабана приварені шість дисків 11. До п'яти дисків прикріплені по шість ножів, а до крайнього внутрішнього диска – три ножі. Усього на барабані 33 ножа, що мають Г-подібний вигин у праву і ліву сторони. Вісь барабана обертається в двох підшипниках, змонтованих на кожусі 10, що одночасно є рамою барабана. Кожух являє собою зварений з кутиків каркас, закритий зверху сталевим листом. Кожух забезпечений опорними полозками, що обмежують заглиблення фрезерного барабана в ґрунт. Глибина обробки ґрунту фрезою регулюється зміною висоти положення полозків 12 відносно осі вала. Для цього на стійках полозків мається ряд отворів.

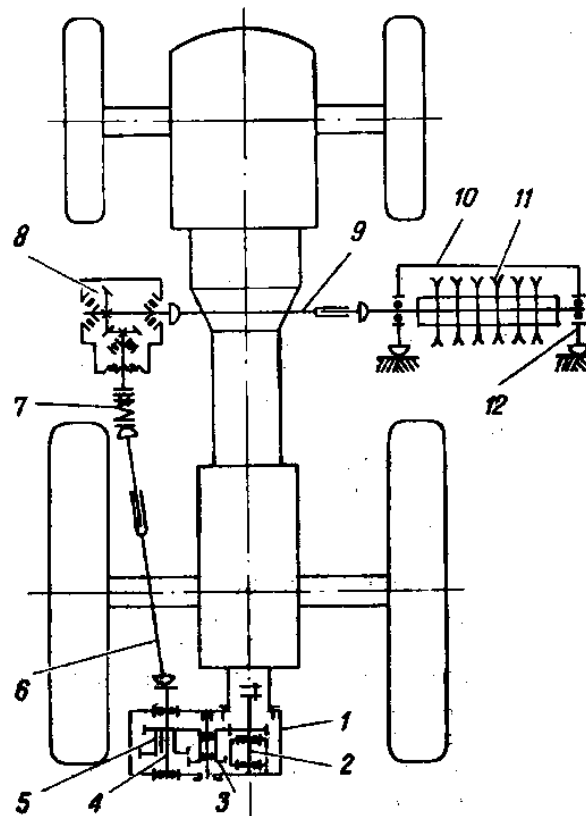


Рис. 1.10. Фреза садова ФСН-0,9Г:

1 - циліндричний редуктор; 2 - верхній вал; 3 - проміжний блок; 4 - нижній вал; 5 - блок шестерень; 6 - повздовжній карданний вал; 7 -запобіжна муфта; 8 - конічний редуктор; 9 - поперечний карданний вал; 10 - кожух барабана; 11 - диск барабана; 12 - опорний полозок

Механізм бічного виносу барабана складається з каретки, траверси і гідроциліндра. Повний винос фрезерного барабана вправо виконується за три цикли. При включенні рукоятки розподільника гідроциліндр штовхає каретку з рамою підйому і барабаном вправо на довжину ходу штока, потім після переключення розподільника підтягує траверсу. Після цього закріплюють траверсу в новій позиції і цикл починають спочатку. За три цикли фрезерний барабан цілком виводять у правий бік. Для відводу вліво також гідроциліндром підтягують його на довжину ходу штока, переміщують траверсу на нову позицію і знову підтягують барабан.

Фрезерний барабан при роботі приводиться в дію від ВВП трактора. Передавальний механізм фрези при навішенні на трактор Т-25А включає циліндричний і конічний редуктори, подовжній і поперечний карданні вали.

Тракторист заїжджає в міжряддя й у залежності від діаметра крон дерев і ширини оброблюваних міжрядь встановлює барабан фрези на необхідний косий винос. Потім включає ВВП трактора, опускає фрезерний барабан і починає обробку ґрунту в пристовбурних смугах. При обертанні барабана його ножі вриваються в ґрунт на глибину 5-11 см, відрізають стружку і рихлять ґрунт, знищують бур'яни в пристовбурних смугах саду.

Механізм автоматичного об'їзду штаблів призначений для обробки фрезою міжстовбурних смуг у садах. Він складається з контактної механізми, механізми розвантаження гідросистеми, шлангів високого тиску і гідроарматури. Контактний механізм встановлюється на кожусі барабана і має щуп із системою важелів і гідрозолотник. Перемикач механізми розвантаження гідросистеми встановлений на каретці бічного виносу барабана. У процесі роботи фрези щуп при зіткненні зі штаблом дерева разом з важелями чотирьохланника відхиляється і діє на валик приводу золотника, що переміщається в протилежне крайнє положення. При цьому мастило подається в штокову порожнину гідроциліндра і відбувається відвід барабана від штабла дерева. Після сходу щупа зі штабла поворотні пружини переводять золотник у вихідне положення.

Механізм автоматичного об'їзду штаблів розрахований для роботи з трактором Т-25А на зниженій передачі.

Фреза FS з горизонтальною віссю обертання робочих органів виробництва італійської фірми «RINIERIS.R.L» (рис. 1.11, 1.12) призначена для обробітку пристовбурних смуг в садах шириною 55-70-80 см [27].

Технічна характеристика моделей фрези наведені в таблиці 1.2 [27].

За даними виробника активний обробіток ґрунту в безпосередньої близьості від дерев на достатню глибину надає змогу суттєво зменшити кількість гризунів, причому це є єдиним прийємлемим рішенням. Привід даної фрези

відбувається від валу відбору потужності трактора і виключає застосування гідравлічної системи.



Рис.1.11. Загальний вигляд фрези FS італійської фірми «RINIERIS.R.L»



Рис. 1.12. Фреза FS італійської фірми «RINIERI S.R.L» обробляє пристовбурну смугу яблуневого саду

Таблиця 1.2

Технічна характеристика фрези FS

Модель	Ширина міжряддя, м	Ширина захвата, м	Боковий зсув, м	Глибина обробітку, см	Потужність трактора, кВт	Маса, кг
FS 100	1,5 - 2,0	0,55	0,4	0,2	14,7	230
FS 130	1,8 - 2,8	0,55	0,4	0,2	14,7	230
FS 160	2,5 - 3,5	0,55	0,5	0,2	18,3	270
FS 160	2,5 - 3,5	0,55	0,5	0,2	18,3	280
FS 200	2,5- 3,5	0,7	0,5	0,2	22,0	350
FS 200	3,0 - 4,5	0,55	0,5	0,2	22,0	360
FS 220	3,5 - 6,0	0,7	0,5	0,2	29,4	380
FS 220	3,5 - 6,0	0,85	0,5	0,2	29,4	390

При роботі трактор розміщують в міжрядді таким чином, щоб повздожня вісь ряду дерев проходила посередині щупа. Щуп здатен своєчасно задіяти гідравлічну систему агрегату і змінити рух робочого органу.

До недоліків машин з активними робочими органами, що мають горизонтальну вісь обертання валу робочих органів відносяться підрізання тільки верхньої частини бур'янів, тоді як корені залишаються непошкодженими, що дає можливість повторної появи бур'янів. Вони також, як і ножові лапи, залишають після проходження ущільнений шар ґрунту. Крім того, при високому травостої (15-20 см і більше) вони забиваються рослинними рештками, що зменшує їх продуктивність та якість виконання технологічного процесу.

Дослідженнями [16-19] доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в пристовбурних смугах досягається за рахунок застосування активних робочих органів(далі – фрез), а саме з вертикальною віссю обертання валу робочих органів.

Фрези з вертикальним розташування валу робочих органів.

Фрезерна машина МПП-1,2 (рис. 1.13) обладнана вертикально-роторними робочими органами з Г-подібними ножами і призначена для обробітки пристовбурних смуг в садах. Вона не має гідроприводу й обходить штамби дерев від реакції робочих органів із ґрунтом [24].

Машина має раму 1 з паралелограмним механізмом 2 і начіпним пристроєм, на кінці якої закріплений корпус 3 з можливістю повороту навколо центральної осі, на вихідних валах якого змонтовані вертикальні ротори 4 з Г-подібними зовнішньо загнутими ножами. Привід фрезерних роторів здійснюється від ВВП трактора за допомогою карданних передач 5 і 6, конічних редукторів 7 і 8, пасової передачі 9 і розміщеної в корпусі зубчастої передачі 10. Зубчаста передача забезпечує однобічне обертання роторів (проти годинникової стрілки на виді зверху). Корпус обладнаний двома упорами 11, взаємодіючими з фіксатором 12, що керується щупом 14. Машина обладнана опорним колесом 13.

У процесі роботи агрегат рухається по середині міжряддя. Права половина корпусу 3 знаходиться в лінії ряду дерев з деяким перекриттям

останнього. При торканні щупа 14 штамба дерева фіксатор 12 звільняє упор лівої половини корпусу. Під дією реактивного моменту, спрямованого протилежно напрямку обертання фрез барабанів (по годинниковій стрілці на виді зверху), корпус повертається, обходячи дерево. Після сходу щупа зі штамба упор правої половини корпусу утримує його від провертання. Біля наступного дерева цикл повторюється. Опорне колесо 13 призначене для зміни глибини обробки. Повна обробка міжстовбурної смуги (з наявністю захисної зони, рівної $0,5 \text{ м}^2$) відбувається за два суміжних проходи агрегату. Технологічні параметри фрези наведено у таблиці 1.3.

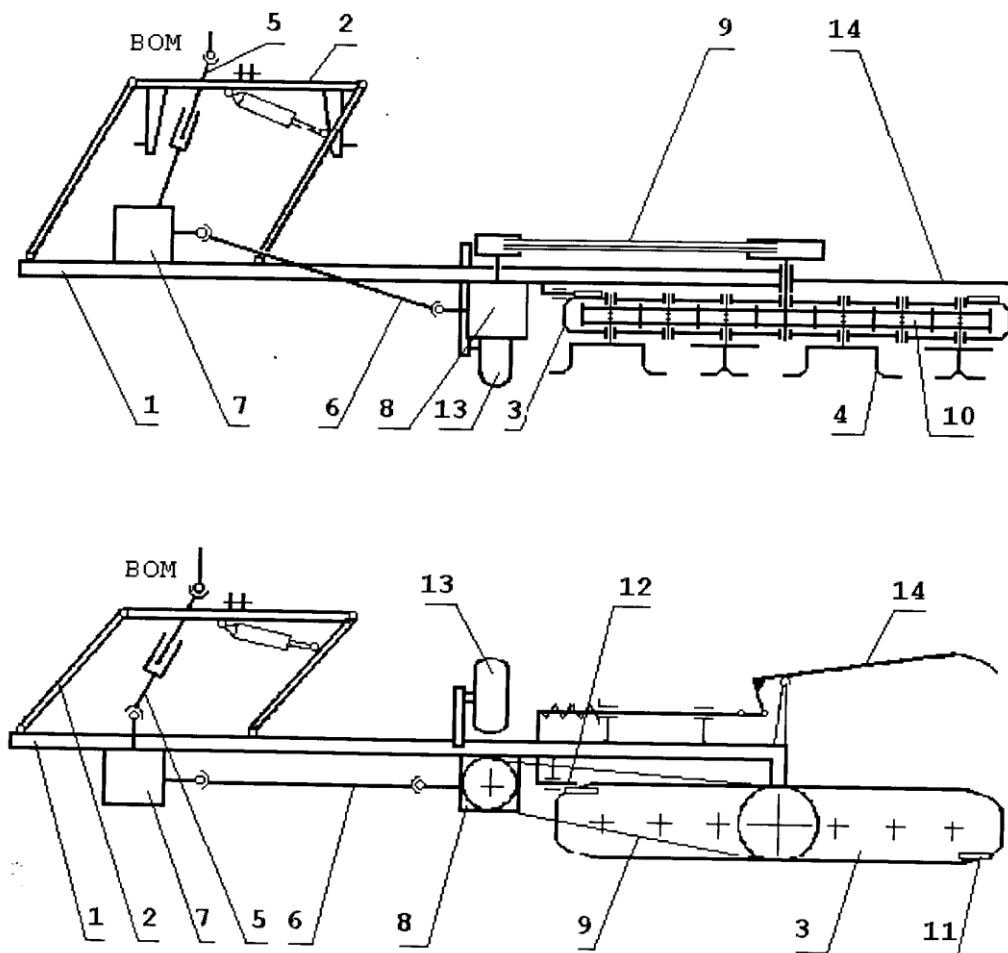


Рис. 1.13. Схема машини МПП-1,2:

1 - рама; 2 - паралелограмний механізм; 3 - корпус; 4 - ротори з ножами; 5, 6 - карданні передачі; 7, 8 - конічні редуктори; 9 - пасова передача; 10 - зубчасті передачі; 11 - упори; 12 - фіксатор; 13 - опорне колесо; 14 - щуп

Технічна характеристика фрези МПП-1,2

Модель	Робоча швидкість, км/год	Ширина захвата, м	Боковий зсув, м	Глибина обробітку, см	Потужність трактора, кВт	Продуктивність, га/год
МПП-1,2	4,3	1,2	1,8	12	14,7	0,7

Основними недоліками даної машини є недостатня якість обробітку ґрунту, яка оцінювалась за показником його структурно-агрегатного складу [29]. За цим показником середня фракція ґрунту складає 44%, що за шкалою ДСТУ 4362 [30] знаходиться на межі незадовільного стану. Також L - образні ножі подрібнюють бур'яни, що сприяє їх розмноженню і утворюють плужну підосшу.

Експериментальний зразок фрезерної машини МФ-13 вертикальною віссю обертання робочих органів був розроблений в НПО "Плодмашпроект" (рис. 1.14).

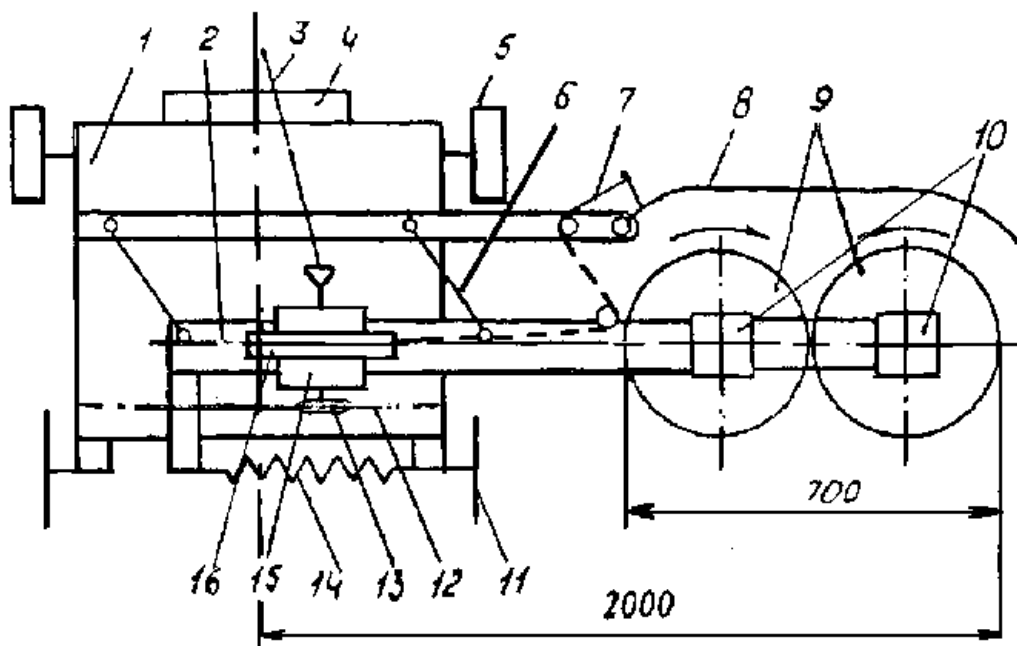


Рис. 1.14. Конструктивна схема фрези [28]:

1 - рама; 2 - висувна секція; 3 - карданна передача; 4 - автозчеплення; 5 - опорно-регулюючі колеса; 6 - паралелограмний механізм; 7 - трос; 8 - щуп; 9 - фрезерні ротори; 10 - конічні редуктори; 11 - дисковий ніж; 12 - ланцюг; 13 - зірочка; 14 - зворотна пружина; 15 - редуктор; 16 - фрикційна муфта

Фрезерні барабани 9, впливають на ґрунт робочими органами, які мають циліндричну форму у вигляді стрижень діаметром 20 і довжиною 200 мм з нахилом від вертикалі в напрямку обертання на кут 30° , що забезпечує їхнє самоочищення від рослинних залишків. Кожний ротор фрези має по три робочих органи, які розташовані в шаховому порядку. Між робочими органами фрези і редуктором 10 встановлені фрикційні муфти для запобігання аварійних поломок при влученні в зону розпушування великих каменів, дроту та інших перешкод. Фрезерні барабани обертаються з частотою $3,5 \text{ с}^{-1}$, але в різних напрямках, і розташовані від осі МТА на відстані 2000 мм, що дає можливість застосування фрези в молодих і низькорослих насадженнях. Агрегатується фреза із тракторами класів 9,14 і 30 кН, а швидкість руху знаходиться в межах від 0,41 м/с до 1 м/с. Конструкція фрез передбачає можливість регулювання глибини обробки ґрунту. Дана фреза пройшла попередні випробування в Інституті зрошувального садівництва в насадженнях яблуні (схема садіння саду 4 x 2,5м) і персика (схема садіння саду 6 x 4м). Відповідно до програми випробувань визначалась якість обробітку ґрунту в пристовбурних смугах саду робочими органами фрези. За результатами [28] встановлено, що фреза при обробітку чорнозему південного легкосуглинкового вологістю від 15% до 20% утворюється такий агрегатний склад:

- менш 0,25 мм – 23,3% ;
- від 0,25 до 1 – 16% ;
- від 1 до 3 – 13,7% ;
- від 3 до 7 – 15,4 ;
- від 7 до 10 – 7,9% ;
- більш 10 – 23,7% .

Недоліком даної машини є також недостатня якість обробітку ґрунту, яка оцінювалась за показником його структурно - агрегатного складу. За цим показником середня фракція ґрунту від 0,25 мм до 10 мм складає 53%, що за шкалою ДСТУ 4362 [30] не відповідає стану «добрий».

З наведених даних можна отримати коефіцієнт збереження структури ґрунту, який визначається як відношення кількості агрегатів ґрунту розміром від 0,25 мм до 7 мм (у нашому випадку 45,1%) та суми агрегатів менше 0,25 мм і більше 7 мм (54,9%). Враховуючи наведене, значення коефіцієнту збереження структури ґрунту буде дорівнювати 0,82.

На даний час найбільш поширеними на міжнародному ринку є серії фрез для обробітку пристовбурних смуг італійської фірми «RINIERIS.R.L» [27].

Серія EL представлена гідравлічним висувним вертикально – фрезерним культиватором EL (рисунок 1.15). Ця фреза з вертикальною віссю обертання робочих органів призначена для обробітку пристовбурних смуг в садах з відстанню між рослинами не менш ніж 40см. А також в садах на схилах і кам'янистих ґрунтах, з діаметром каміння не більше 12см. Технічна характеристика моделей фрези наведені в таблиці 1.3 [27]. Усі моделі фрези забезпечують оптимальне рихлення ґрунту без утворення канав при боковому зміщенні робочих органів.



Рис. 1.15. Загальний вигляд фрези EL італійської фірми «RINIERI»

Фреза має регулювання нахилу роторного агрегату і чотири вертикально розташованих ножа (зубові робочі органи), які призначені для, в основному для обробітку важких кам'янистих ґрунтів.

Таблиця 1.4

Технічна характеристика фрези EL

Модель	Ширина міжряддя, м		Ширина захвату, м	Боковий зсув, м	Потужність трактора, кВт	Маса, кг
EL90	0,12	0,20	0,65	0,4	22,0	260
EL 115	0,15	0,25	0,65	0,4	22,0	300
EL 140	0,20	0,30	0,65	0,5	22,0	320
EL170	0,25	0,38	0,65	0,5	22,0	340
EL 200	0,30	0,45	0,65	0,5	29,4	410
EL 225	0,35	0,60	0,65	0,5	29,4	430
EL 260	0,45	0,60	1,0	0,5	44,1	500

Серія EL – А [33]. Це нова серія вертикальних фрез з боковим зміщенням для тракторів з переднім начепом (рис. 1.17). Серія складається з 6 моделей з боковим зміщенням від 120см до 600см. Технічна характеристика наведена у таблиці 1.5.



Рис. 1.16. Фреза EL італійської фірми «RINIERI» обробляє пристовбурні смуги в плодкових насадженнях



Рис. 1.17. Загальний вигляд фрези EL-A.

Таблиця 1.5

Технічна характеристика фрези EL- A

Модель	Міжряддя, см	Ширина захвату, см	Бокове зміщення, см	Глибина обробітку, см	Потужність трактора, л.с.	Маса, кг
EL-A 90	120-200	65	40	0,5-10	30	260
EL-A 115	150-250	65	42	0,5-10	30	300
EL-A 140	200-300	65	42	0,5-10	30	320
EL-A 170	250-380	65	42	0,5-10	30	340
EL-A 200	300-450	65	42	0,5-10	40	410
EL-A 225	350-600	65	42	0,5-10	40	430

Технічна характеристика фрези ELX

Модель	Міжряд- дя, см	Ширина захвату, см	Бокове зміщення, см	Глибина обробіт- ку, см	Потуж- ність трактора, л.с.	Маса, кг
ELX 115	170-230	65	50	0,5-10	60	370
ELX 140	200-300	65	50	0,5-10	60	390

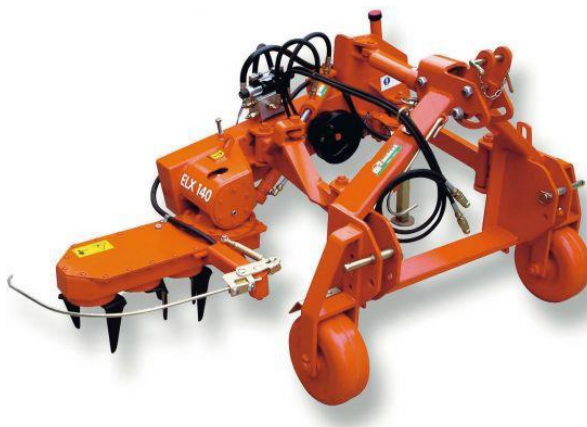


Рис. 1.18. Загальний вигляд фрези ELX італійської фірми «RINIERI»



Рис. 1.19. Фреза ELX італійської фірми «RINIERI» обробляє пристовбурні смуги в плодкових насадженнях

Серія E-DUE [27]. Це 2-х стороння вертикальна фреза (рис. 1.20). Призначена для обробітку пристовбурних смуг багаторічних насадженнях на

великих площах. Має чотири електрогідравлічних сенсори з незалежним гідравлічним розподіленням, що забезпечує центральне положення машини в міжрядді насаджень (рис. 1.12). Технічна характеристика наведена у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Технічна характеристика фрези E-DUE

Модель	Міжряд- дя, см	Ширина захвату, см	Бокове зміщення, см	Глибина обробіт- ку, см	Потуж- ність трактора, л.с.	Маса, кг
E-DUE	120-250	40+40	35	10-15	70	700



Рис. 1.20. Загальний вигляд фрези E-DUE італійської фірми «RINIERI»



Рис. 1.21. Фреза E-DUE італійської фірми «RINIERI» обробляє пристовбурні смуги виноградників

Серія EP [27]. Фрези цієї серії мають чотири ротори з боковим зміщенням і гідравлічним приводом (рис. 1.22). Такі фрези забезпечують добре видалення

бур'янів при мінімальній глибині роботи і рихлить ґрунт без утворення канав при боковому зміщенні (рис. 1.23). Технічна характеристика наведена у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7

Технічна характеристика фрези EP

Модель	Міжряддя, см	Ширина захвату, см	Бокове зміщення, см	Глибина обробітку, см	Потужність трактора, л.с.	Маса, кг
EP 10/100	170-200	100	38	0,5-10	40	380
EP 15/125	200-250	150	45	0,5-10	55	470
EP 15/150	225-300	150	45	0,5-10	55	490
EP 20/175	280-350	200	45	0,5-10	70	600
EP 20/200	300-400	200	45	0,5-10	70	610
EP 20/250	400-550	250	45	0,5-10	70	650



Рис.1.22. Загальний вигляд фрези EP італійської фірми «RINIERI»



Рис. 1.23. Фреза EP італійської фірми «RINIERI» обробляє пристовбурні смуги в плодovих насадженнях

Серія VELOX $\frac{1}{2}$ [27]. Фрези серії VELOX призначені для швидкого і точного рихлення пристовбурних смуг в садах і виноградниках (рис. 1.24). Технічна характеристика наведена у таблиці 1.8.



Рис. 1.24. Загальний вигляд фрези VELOX

Таблиця 1.8

Технічна характеристика фрези VELOX

Модель	Міжряд- дя, см	Ширина захвату, см	Бокове зміщен- ня, см	Глибина обробітку, см	Потуж- ність трактора, л.с.	Маса, кг
VELOX 1/130	150-380	60	35	15	40	450
VELOX 2/130	250-500	60	35	15	50	480
VELOX 2/180	300-600	60	35	15	50	480



Рис.1.25. Фреза VELOX італійської фірми «RINIERI» обробляє пристовбурні смуги в плодкових насадженнях

Серія VELOX 8 [27]. Ця серія фрез має 2-х стороннє розташування фрезерних роторів з вертикальним розташуванням ножів і має можливість переднього або заднього навішування (рис. 1.26, 1.27). Технічна характеристика наведена у таблиці 1.10.

Таблиця 1.10

Технічна характеристика фрези VELOX 8

Модель	Міжряд- дя, см	Ширина захвату, см	Бокове зміщен- ня, см	Глибина обро- бітку, см	Необхідна потуж- ність трактора, л.с.	Маса, кг
VELOX8- S	180-220	60	35	15	50	580
VELOX8- L	240-280	60	35	15	50	630



Рис. 1.26. Загальний вигляд фрези VELOX 8

Перелічені машини є основними машинами для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах з вертикальним розташуванням валу робочих органів. Робочі органи даних машин виконані у вигляді ножів, робочі поверхні яких є площинами. Ножі з такими поверхнями сприяють утворенню сколюючого ефекту і більш придатні для обробки ґрунтів з камінням. Враховуючі данні підрозділу 1.1 по типам ґрунтів ґрунтово-кліматичної зони «Лісостепова» можна зробити висновок, що такі робочі органи не можуть сприяти утворенню оптимального структурно-агрегатного складу ґрунтів південного степу.



Рис. 1.27. Фреза VELOX 8 обробляє пристовбурні смуги виноградників

Удосконалення конструкцій машин для обробки ґрунту в пристовбурних смугах багаторічних насаджень йде по двом напрямкам:

- удосконалення конструкції керуючого пристрою, яке спрямоване на збільшення його чутливості, зниження зусиль спрацьовування [30-35];
- удосконалення конструкції робочих органів, спрямоване на поліпшення якості виконання технологічного процесу, зниження його енергоємності та екологічного навантаження на ґрунт [37-42].

Висновки до першого розділу

1. Умови ґрунтово-кліматичної зони «Лісостепова» є такими, що вирощування плодкових насаджень інтенсивного типу з максимальним ефектом досягається тільки при наявності систем зрошення і комбінованому способі утримання ґрунту.

2. Пристовбурні смуги в плодкових насадженнях інтенсивного типу доцільно утримувати під чорним паром за допомогою механізованого способу обробітку ґрунту активними робочими органами з вертикальною віссю обертання.

3. На підставі даних технічної літератури визначено, що найбільш близьким технічним рішенням експериментальний зразок фрезерної машини МФ-1 з вертикальною віссю обертання робочих органів, які виконані у вигляді стрижень.

4. Встановлено, що фреза МФ-1 обробляє ґрунт із забезпеченням коефіцієнту структурно-агрегатного стану 0,53. Це значення за ДСТУ4362 знаходиться на межі незадовільного стану ґрунту, що не сприяє створенню умов для оптимального проходження біологічних процесів у ґрунті і, як наслідок, відбуваються погіршення росту і розвитку плодкових дерев.

5. Для підвищення коефіцієнта збереження структури ґрунту в пристовбурних смугах саду необхідно визначити граничні значення показників його фракційного складу та їх оптимальне співвідношення для різних типів ґрунтів з урахуванням застосування зрошення.

6. Досягти оптимальної структури ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень можна за рахунок застосування обґрунтування робочих органів фрези, параметри форми і положення яких сприятимуть підвищенню кількості агрегатів в обробленому ґрунті з розміром від 0,25 мм до 7(10) мм.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА РЕЖИМУ РОБОТИ ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ

2.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми фрезерної машини

В дослідженнях [14] наводиться, що витрати на паливо та техніку є найбільшими при обробітку ґрунту комплексом машин, який був розроблений у 70-і роки для утримання ґрунту під чорним паром в садах екстенсивного типу. В основу комплексу було покладено такі поняття як «пристовбурна смуга», «підкоронова зона», «вільна частина міжряддя». До його складу увійшли: фреза ФА-0,76, дискові борони БДС-3,5 та БДСТ-2,5, культиватор КСГ-5 з шириною захвата 3м, 4м, 5м, який обробляє вільну частину міжряддя і пристовбурну смугу. Такий комплекс машин не є ресурсощадним для обробки ґрунту в садах інтенсивного типу.

Найбільш перспективним способом утримання ґрунту в садах інтенсивного типу є комбінований спосіб, при якому вільна частина міжряддя утримується під задернінням, а пристовбурна смуга – під чорним паром [19]. Також доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в пристовбурних смугах досягається за рахунок застосування робочих органів з вертикальною віссю обертання [13, 19, 20, 35] (далі – фреза). На основі проведеного аналізу у розділі 1 встановлено, що найбільш перспективним способом утримання ґрунту в садах інтенсивного типу в ґрунтово - кліматичній зоні «Південний степ» є комбінований спосіб, при якому вільна частина міжряддя утримується під задернінням, а пристовбурна смуга – під чорним паром. Також було доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в пристовбурних смугах досягається за рахунок застосування робочих органів з вертикальною віссю обертання.

Аналіз існуючих засобів механізації показав, що конструктивні рішення, які були досягнуті в експериментальному зразку фрезерної машини МФ-1, найбільш близькі до визначених вимог. Машина ефективно звільнює пристовбурну смугу від бур'янів, але рихлення ґрунту остається незадовільним – 53% ґрунтових агрегатів від 0,25 до 10 мм, а відповідно до вимог ДСТУ4362

таких агрегатів повинно бути не менше 80%. Дослідженнями процесу обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень фрезерними машинами займалися такі дослідники, як О.І. Завравжков, О.Г. Караєв, І.П. Привалов, О.Ф. Сафонов, С.М. Саньков, С.Г. Фрішев, В.І. Цимбал та ін. У працях названих науковців запропоновано робочі органи з вертикальною віссю обертання, а саме виконані у вигляді L-образних ножів, які зогнуті зовні. При цьому середня фракція ґрунту складає 44%, що знаходиться на межі незадовільного стану. Також L-образні ножі подрібнюють бур'яни, що сприяє їх розмноженню і утворенню плужної підшви. Також досліджувалися робочі органи виконані у вигляді циліндричних стрижень, що відхилені від вертикальної осі на кут 30% у бік протилежний обертанню ротора. Недоліком такої машини є також недостатня якість обробітку ґрунту, яка оцінювалась за показником його структурно - агрегатного складу. За цим показником середня фракція ґрунту складає 53%, що також не відповідає стану «добрий». На підставі проведеного аналізу сформульовано мету та завдання досліджень.

За результатами узагальнених досліджень, щодо обробітку ґрунту в пристовбурних смугах багаторічних насаджень, дійшли висновку про доцільність обробітку ґрунту в пристовбурних смугах фрезою з робочими органами що повертаються навколо вертикальної осі. Така конструктивна схема була реалізована в дослідному зразку фрезерної машини МФ-1 з робочими органами у вигляді циліндричних розпушувальних стержнів, розташованих під кутом до вертикалі. Але основним недоліком роботи таких робочих органів є незадовільний структурно-агрегатного стану ґрунту.

Тому нами була запропоновано схему фрезерної машини, яка містить два ротори 4 з ножами 7 (рис. 2.1), які обертаються в різних напрямках, обробляють смугу шириною 70 см і розташовані від осі трактора на відстані 200 см, що дає можливість застосування фрези в насадженнях інтенсивного типу. Кожний ротор має диск 5 зі стойками 6, на яких в шаховому порядку розташовані по три ножі (рис. 2.2). Ножі мають циліндричну поверхню і занурюються в ґрунт на глибину до 8-10 см.

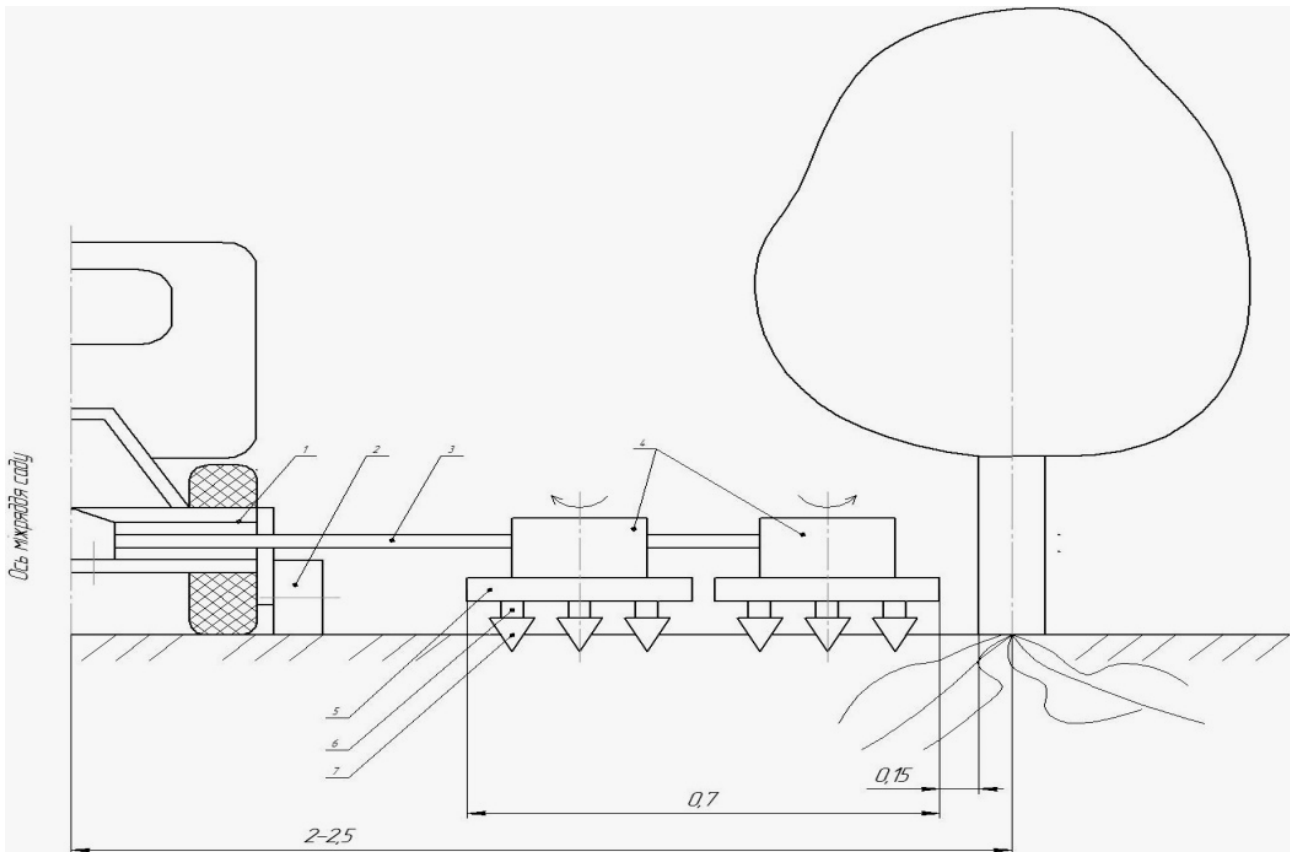


Рис. 2.1. Конструктивно-технологічна схема фрезерної машини:

1 - рама; 2 - опорне колесо; 3 - привідний вал; 4 - ротори; 5 - диск; 6 - стійка; 7 - ніж

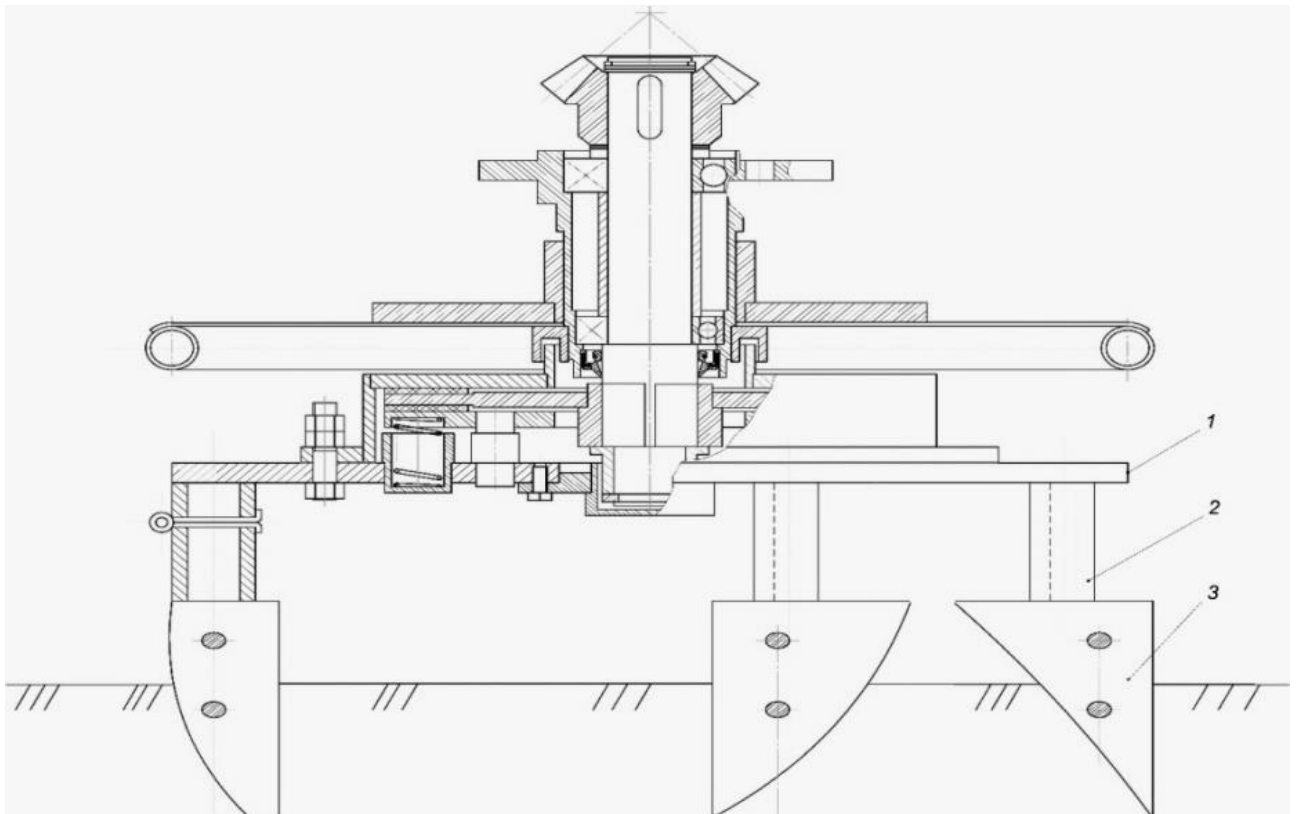


Рис. 2.2. Конструктивно-технологічна схема ротора:

1 – диск; 2 – стійка; 3 – ніж; 4 – вал приводу робочих органів; 5 – запобіжна муфта

2.2. Розроблення математичної моделі процесу взаємодії ґрунту з робочими органами фрезерної машини, які обертаються навколо вертикальної вісі

2.2.1. Обґрунтування параметрів напрямної лінії поверхні робочого органу

Отримати параметри напрямної лінії криволінійної поверхні ножа фрези для обробки ґрунту можливо шляхом визначення її координат графо-аналітичним методом.

Під час роботи фрези її робочі органи з вертикальною віссю обертання рухаються по криволінійній траєкторії, лінія якої є трохоїдою [16]. Згідно з [17] при криволінійному русі ріжучого робочого органу його поверхня має бути криволінійною. Для побудови напрямної такої поверхні рух ріжучої крайки ножа по траєкторії, яка є трохоїдою можна представити рівнянням

$$\begin{cases} x = V_M \cdot t + R \cdot \sin(\omega t) \\ y = R \cdot \cos(\omega t) \end{cases} \quad (2.1)$$

де V_M - швидкість руху агрегату;

R - радіус обертання ріжучої крайки ножа;

ω - кутова швидкість.

Траєкторія руху ріжучої крайки ножа при значеннях $V_M = 0,88$ м/с, $R = 15,8$ рад/с, $\omega = 0,01$ с, має вигляд, який наведено на рисунку 2.3. Початок перетворення частини траєкторії руху ріжучої крайки ножа в криволінійну напрямну CF ножа слід починати з точки на траєкторії де її кривина досягає максимуму. З рисунку 2.3 видно, що найбільшу кривину траєкторія буде мати у точки С, яку обираємо за центр перетворення. Перетворення кривої лінії СВ здійснимо наступним чином. Обчислимо довжину частини криволінійної траєкторії СВ, яка задана рівнянням (2.1).

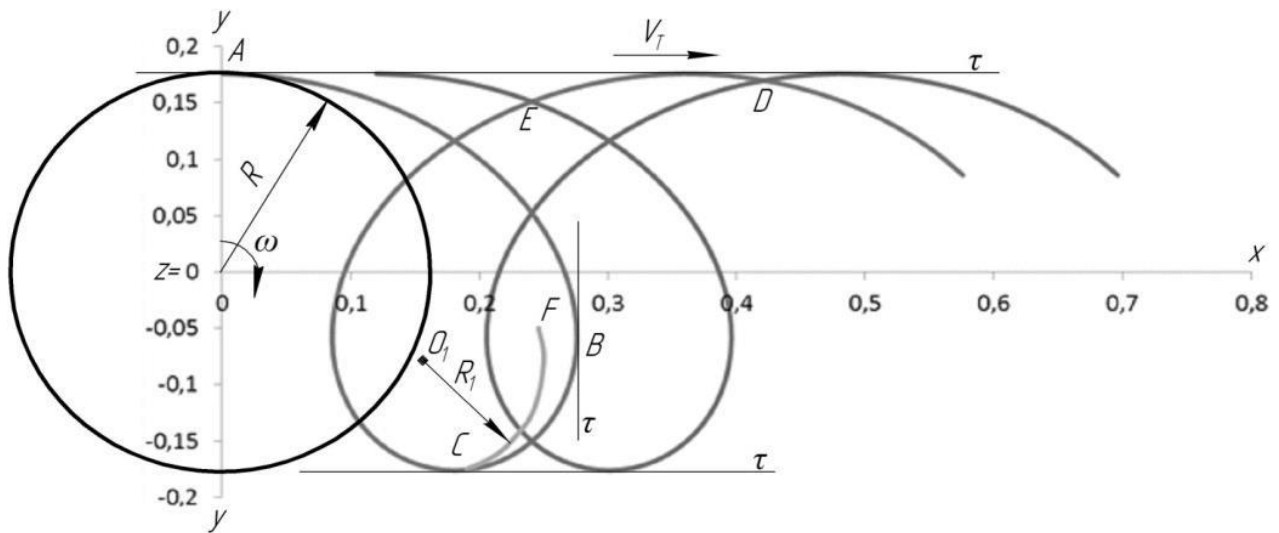


Рис. 2.3. Траекторія руху робочих органів фрези

Для обчислення довжини лінії СВ скористаємось формулою [18]

$$L = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{(x'_t)^2 + (y'_t)^2} dt \quad (2.2)$$

Обчислимо похідні x' , y' .

$$\begin{aligned} x' &= (V_M \cdot t + R \cdot \sin(\omega t))' = V + R \cos(\omega t) \omega \\ y' &= (R \cdot \cos(\omega t))' = -R \sin(\omega t) \omega \end{aligned} \quad (2.3)$$

Підставимо отримані похідні (2.3) у формулу (2.2), та інтегруємо вираз (2.2) на інтервалі $0.124 \leq t \leq 0.205$. Тоді

$$L = \int_{0.124}^{0.205} \sqrt{(V + R \cos(\omega t) \omega)^2 + (-R \sin(\omega t) \omega)^2} dt \quad (2.4)$$

Процес перетворення криволінійної частини траекторії СВ в криволінійну напрямну ножа CF [19] наведено на рисунку 2.4. Точка С' співпадає з початком координат. Згідно з формулою 2.4 довжина L частини траекторії С'В буде дорівнювати 0,169м, яку розіб'ємо на рівні відрізки з інтервалом $\Delta t = 0.01$ с, і отримуємо точки 1,2,...,n, у яких проводимо перпендикуляри. З точки С' проводимо пряму під кутом $\gamma=10^\circ$, який є заднім кутом різання, і на перетині з перпендикулярами отримуємо точки $1', 2', n'$.

Відстані $1'_{0}, 2'_{0}, n'_{0}$ відкладаємо у однойменних точках на частині траєкторії СВ. Координати вершин перпендикулярів $1_{0}, 2_{0}, n_{0}$, визначають криволінійну напрямну CF поверхні ножа фрези.

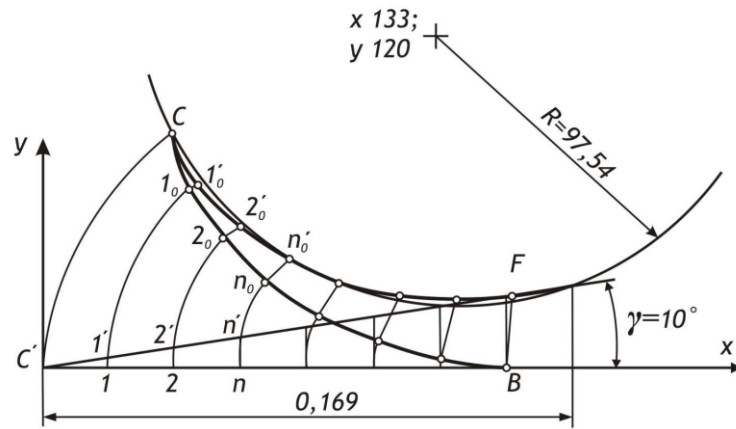


Рис. 2.4. Схема перетворення частини траєкторії руху ножа СВ в криволінійну напрямну поверхні ножа CF

Визначення канонічного рівняння напрямної CF є не тривіальною задачею і для практичного застосування не є доцільним, у зв'язку з тим, що поверхня ножа буде представлена у вигляді циліндричної поверхні, що розгортається, і апроксимованою площинами, які проходять через напрямну CF.

Визначення даних координат проводимо шляхом рішення системи рівнянь

$$\begin{cases} (x_{2_0} - x_{1_0}) \cdot (x_{1'_0} - x_{1_0}) + (y_{2_0} - y_{1_0}) \cdot (y_{1'_0} - y_{1_0}) = 0 \\ (x_{1'_0} - x_{1_0})^2 + (y_{1'_0} - y_{1_0})^2 = 1_0 1'_0 \end{cases} \quad (2.5)$$

Результати обчислення координат точок криволінійної напрямної CF наведено у таблиці 2.1.

Для практичного застосування отриману криву лінію CF з координатами, які наведені у таблиці доцільно представити дугою кола з найменшою похибкою. У нашому випадку приймаємо радіус кола 0,097 м, який дає похибку $\pm 1,9$ мм. Для практичного застосування отриману криву лінію CF з координатами, які наведені у таблиці доцільно представити дугою кола з найменшою похибкою. У нашому випадку приймаємо радіус кола 0,097 м, який дає похибку $\pm 1,9$ мм.

Координати точок криволінійної напрямної CF

Точки	1 ₀	2 ₀	3 ₀	4 ₀	5 ₀	6 ₀	7 ₀	8 ₀	9 ₀
x	0,19	0,206	0,219	0,231	0,24	0,246	0,249	0,25	0,246
y	-0,175	-0,167	-0,157	-0,142	-0,128	-0,109	-0,091	-0,071	-0,05

2.2.2. Визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по поверхні ножа під дією сил

Для розрахунку швидкості руху частки ґрунту по поверхні ножа, у відповідності до рисунку 2.5 маємо наступні вхідні дані [15-20].

Кінематичні параметри фрезерної машини:

V_M - швидкість руху фрезерної машини;

ω_1 - кутова швидкість ротора.

Конструктивні параметри ножа:

R - радіус обертання ріжучої крайки ножа;

R_1 - радіус напрямної поверхні ножа CF;

S - довжина дуги напрямної CF;

H - висота ножа.

Сили, які діють на частку ґрунту (точку M):

mg - сила тяжіння;

F_n - центробіжна сила;

$F_{тр}$ - сила тертя;

F_k - сила Кориоліса;

N_1 - нормальна сила реакції поверхні ножа;

F_v - сила реакції ґрунту, що виникає від різниці швидкостей по шарах скиби;

F_2 - підйомна сила;

N_2 - реакція в шарах скиби від сили тяжіння;

F_p - рухома сила на перміщення т. M по поверхні ножа.

Тоді для визначення швидкостей руху часток ґрунту по ножу згідно з рисунком 2.5 побудуємо прямокутну систему координат з началом в точці M, спрямував ось абсцис M_t по дотичній, ось ординат M_n по головній нормалі і ось аплікату M_b по бінормалі. Прийнята система координат є правою, а проєкції сил в т. M на її осі будуть мати такі рівняння

- на нормаль n

$$N_1 = F_n \cos \varphi - F_k,$$

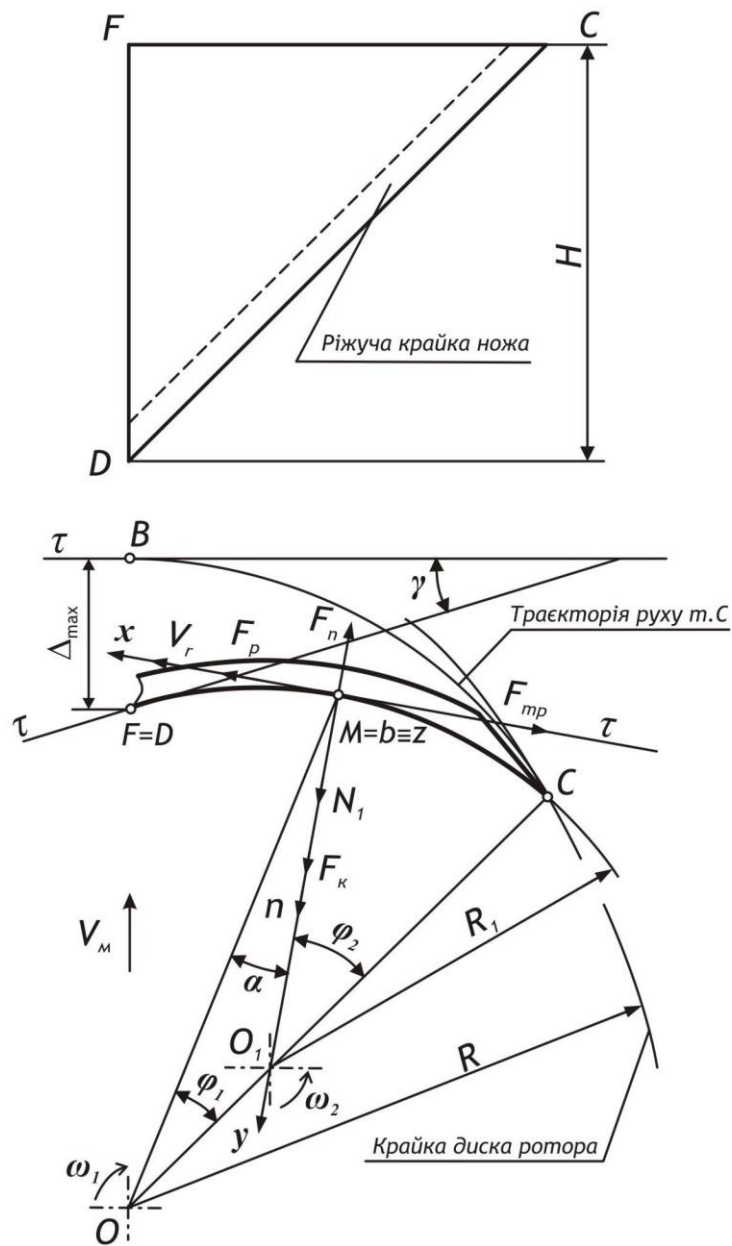


Рис.2.5. Розрахункова схема щодо визначення відносної швидкості руху ґрунту по поверхні ножа

- на біномаль b

$$F_2 = N_2 + F_v - mg,$$

- на дотичну τ , яке є диференціальним рівнянням відносного руху ґрунту по поверхні ножа

$$m a_n = m \frac{dV_r}{dt} \cdot \frac{d\tilde{s}}{d\tilde{s}} = m \frac{d\tilde{s}}{dt} \cdot \frac{dV_r}{d\tilde{s}} = m V_r \frac{dV_r}{d\tilde{s}} = F_p - F_n \sin \alpha - F_{тр},$$

або

$$m V_r \frac{dV_r}{d\check{S}} = F_p - F_n \sin \alpha - \mu F_{\text{тр}} \cos \alpha + \mu 2m \omega_1 V_r, \quad (2.6)$$

де $F_n = m \omega_1^2 OM$ (де $OM = R - \Delta$ (Δ - відстань від трохойди до ріжучої крайки ножа);

$$\check{S} = \varphi_2 R \text{ (де } \varphi_2^{\text{max}} = 2 \arcsin \frac{CFR}{2} \text{)};$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_1 \text{ (де } \mu \text{ - коефіцієнт тертя);}$$

$$F_k = 2m \omega_1 V_r;$$

m - маса ґрунту на ножі.

З урахуванням того, що $m = \rho V$,

де $V = \frac{\check{S}H}{2} d$ (де H - висота ножа; d - товщина скиби ґрунту на ножі);

$$\rho \text{ - щільність ґрунту маємо } m = \rho \frac{\check{S}Hd}{2}.$$

Силу F_p визначаємо із закону збереження імпульсів

$$m V_r = F_p \cdot t,$$

де t - час знаходження ґрунту на ножі $t = \frac{\check{S}}{V_r}$

Тоді

$$m \check{S} = F_p t^2.$$

Звідкіля сила

$$F_p = \frac{m \check{S}}{t^2}.$$

З іншого боку $\omega_2 = \frac{\varphi_2}{t}$ (де ω_2 - кутова швидкість ґрунту по ножу) і якщо врахувати те, що час повертання т.М по ножу дорівнює часу повертання ножа, тоді

$$\frac{\varphi_2}{\omega_2} = \frac{\varphi_1}{\omega_1} \quad (2.7)$$

Якщо врахувати те, що $\tilde{s} = \varphi_2 R_1$, то сила

$$F_\delta = m \varphi_2 R_1 \left(\frac{\omega_2}{\varphi_2} \right)^2 = m \frac{\omega_2^2 R_1}{\varphi_2}$$

В рівняння (2.6) підставляємо значення усіх сил і скорочуємо на масу.

Тоді маємо

$$\frac{Vr dVr}{dS} = 2\mu\omega_1 V_r + \frac{R_1}{\varphi_2} \omega_2^2 - \omega_1^2 (R - \Delta)(\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha) \quad (2.8)$$

Для спрощення обчислення введемо такі позначення:

$$a = 2\mu\omega_1 = const,$$

$$b = \frac{R_1 \omega_2^2}{\varphi_2} - \omega_1^2 (R - \Delta)(\sin \alpha + \mu \cos \alpha).$$

Знайдемо ω_2 з урахуванням рівності (2.7) та рівності $\varphi_1 + \alpha = \varphi_2$ у трикутнику OO_1M (рис. 2.5):

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 \varphi_2}{\varphi_2 - \alpha}$$

Величини S і V_r є функціями ($\varphi_2, \Delta, \alpha$).

Розділяє змінні у рівнянні (2.8) маємо

$$\frac{V_r dV_r}{aV_r + b} = dS$$

Інтегруємо в межах:

$$\begin{aligned} V_r &= (0, V_r') \\ \check{s} &= (0, \check{s}'), \end{aligned} \tag{2.9}$$

$$\int_0^{V_r'} \frac{V_r dV_r}{aV_r + b} = \int_0^{\check{s}'} dS.$$

З урахуванням табличного значення даного інтеграла

$$\int \frac{x dx}{ax + b} = \frac{1}{a^2} (ax + b - b \ln|ax + b|) + C$$

маємо:

$$\frac{1}{a^2} (aV_r' + b - b \ln|aV_r' + b|)_0^{V_r'} = \check{S}'_0^{\check{s}'}$$

Підставимо межі інтегрування (2.9)

$$\frac{1}{a^2} (aV_r' + b - b \ln|aV_r' + b| - b + b \ln b) = \check{S}'$$

і розділяє змінні отримуємо рівняння

$$aV_r' - b \ln|aV_r' + b| = \check{S}' a^2 - b \ln b, \tag{2.10}$$

яке є нелінійним і може бути вирішено наближеними методами аналізу.

Висновки до другого розділу

1. Існуючий експериментальний зразок фрези з вертикальною віссю обертання робочих органів забезпечує обробіток ґрунту з коефіцієнтом збереження його структури 0,82, що не сприяє створенню оптимальних умов для проходження біологічних процесів у ґрунті, і, як наслідок, для росту і розвитку плодових дерев.

2. Для підвищення коефіцієнту структурно – агрегатного стану ґрунту в пристовбурних смугах саду необхідно визначити граничні значення показників його фракційного складу та їх оптимальне співвідношення для різних типів ґрунтів з урахуванням застосування зрошення.

3. Досягти оптимальної структури ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень можна за рахунок застосування робочих органів фрези, параметри форми і положення яких сприятимуть підвищенню кількості агрегатів в обробленому ґрунті з розміром від 0,25 мм до 7 мм.

4. На підставі математичного моделювання процесу взаємодії робочої поверхні ножа з ґрунтом доведено, що для утворення оптимального структурно – агрегатного стану ґрунту (коефіцієнт 0,6-0,8) необхідно застосовувати робочі органи фрези у вигляді ножів, які мають криволінійну поверхню, а також встановлено, що:

- робоча поверхня ножа має бути лінійчатою у вигляді прямого кругового циліндра з радіусом 0,097 м і максимальною довжиною дуги CF рівною 0,114 м при радіусі роторів 0,176 м, їх кутовій швидкості 15,8 рад/с і поступовій швидкості машини 0,88 м/с;

- відстань прямої CF від траєкторії руху ріжучої крайки ножа має збільшуватись за лінійним законом і встановлюється величиною заднього кута різання $\gamma = 10$, починаючи з точки C на ріжучій крайки ножа.

- при визначених геометричних параметрах форми і положення ножа і кінематичних параметрах машини відносна швидкість руху скиби ґрунту по поверхні ножа є більшою ніж його кутова швидкість.

5. Встановлено, що відносна швидкість руху V_r частки ґрунту по поверхні ножа зростає за лінійним законом і на виході з ножа, який має лінійну швидкості $V_n = 2,7$ м/с (значення було прийнято при обґрунтуванні напрямної ножа) при середніх значеннях коефіцієнту тертя (від 0,4 до 0,6) змінюється таким чином:

- при $\mu = 0,4$ $V_r = 5,26$ м/с (V_r збільшується в 2,4 рази);

- при $\mu = 0,5$ $V_r = 5,96$ м/с (V_r збільшується в 2 рази);

- при $\mu = 0,6$ $V_r = 6,68$ м/с (V_r збільшується в 1,8раза), тобто маємо збільшення часток ґрунту в середньому в 2 рази, що свідчить про наявність розпушуючого ефекту запропонованою формою ножа.

6. Визначено, що для отримання значень кінематичних параметрів фрези, а саме частоти обертання роторів з метою досягнення такої швидкості часток ґрунту, при якій забезпечується оптимальна якість обробітку ґрунту і мінімізується потужність роботи фрези шляхом проведення планованого досліду частоту обертання роторів слід приймати в межах від $2c^{-1}$ до $3c^{-1}$ з інтервалом 0,5.

7. Встановлено, що при відносній швидкості частки ґрунту $v_r = 5,9$ м/с ($\mu = 0,5$) середня дальність відкидання частки ґрунту ножем складає 0,51 м, а для радіусу ротора $R = 0,176$ м, швидкості руху фрези $V_m = 0,7$ м/с і частоті обертання роторів = 15,8 рад/с можна прогнозувати, що розкидання ґрунту за межі обробленої фрезою полоси пристовбурної смуги, яка складає 0,7 м не буде перевищувати 0,16 м з кожної сторони полоси.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Лабораторні дослідження з визначення змін агрегатного стану ґрунту в пристовбурних смугах плодових насаджень під дією води із систем штучного зрошення

При поливі плодових насаджень, вода із систем краплинного зрошення потрапляє в пристовбурні смуги. Поливи здійснюються протягом вегетаційного періоду, а їх кількість досягає десяти. Під дією води відбуваються відповідні зміни у ґрунті [14-18], а саме в його агрегатному складі, динаміка яких невідома. Оскільки, основним призначенням фрези є обробіток ґрунту в пристовбурних смугах з метою збереження його якісних властивостей, то час прийняття рішень щодо здійснення коригувальних дій механічного впливу на ґрунт є необхідною умовою для досягнення максимального ефекту від застосування фрези.

Згідно ДСТУ 4362 [16] родючість ґрунту може бути визначена такими агрофізичними показниками:

- агрегатний склад;
- щільність ґрунту;
- найменша вологоємність (НВ);
- запаси продуктивної вологи ґрунту.

Значення показника агрегатного стану визначено шкалою оцінювання структурно-агрегатному стану ґрунту, за якою наявність агрегатів з розмірами від 0,25 мм до 7 (10) мм більш 80% характеризує стан ґрунту як «відмінний». Данні агрегати є мезоагрегатами і відносяться до середньої фракції mII. Агрегати більш 10 мм є макроагрегатами і відносяться до крупної фракції mIII, а агрегати менші за 0,25 мм відносяться до мікроагрегатів – фракція m_п. Тому, для своєчасного впливу на ґрунт фрезою з метою забезпечення 80% агрегатів з розмірами від 0,25 мм до 7 (10) мм необхідно провести дослідження з вивчення змін в структурно-агрегатному стані ґрунту під дією води.

3.1.1. Методика лабораторного дослідження

Назва дослідження: «Дослідити динаміку змін в агрегатному складі ґрунту під дією води».

Мета дослідження: встановити закономірності змін в структурно-агрегатному стані ґрунту під дією води із систем штучного зрошення плодових насаджень протягом вегетаційного періоду.

Об'єкт дослідження – процес зміни агрегатного стану ґрунту «чорнозем» під дією води.

Умови проведення дослідження: дослідження є лабораторними проведені в умовах зовнішнього навколишнього середовища.

Засоби вимірювання: ваги лабораторні, сита лабораторні, вологомір

Схема дослідження. Об'єм ґрунту, який підлягав дослідженню, поділявся ситовим методом згідно з ДСТУ 4362 [19] на такі фракції:

I фракція - розмір частинок ґрунту менше 0,25 мм;

II фракція - розмір частинок ґрунту від 0,25 мм до 10 мм;

III фракція - розмір частинок ґрунту більше 10 мм.

З наведених фракцій, формувалася початковий структурно-агрегатний стан ґрунту, який було представлено коефіцієнтом структурності в п'яти варіантах:

1 – коефіцієнт структурності 0,2;

2 – коефіцієнт структурності 0,4;

3 – коефіцієнт структурності 0,6;

4 – коефіцієнт структурності 0,8;

5 – коефіцієнт структурності 1,0.

По кожному варіанту було підготовлено ґрунт з відповідним коефіцієнтом структурності об'ємом 20 дм³ в трьох повтореннях в окремих судинах. Загальна кількість судин в дослідженні складала 150 шт.



Рис. 3.1. Загальний вигляд судин лабораторного досліду з визначення змін в агрегатному складі ґрунту під дією води

Вологість ґрунту в судинах кожним поливом доводилась до 70% НВ. Після чого ґрунт із судин кожної повторності висушувався в сушильній шафі з наступним визначенням гранулометричного складу ситовим методом згідно з ДСТУ 4362, а коефіцієнт структурності визначався в нормованому вигляді в шкалі від 0 до 1 за формулою

$$K_{c(H)} = \frac{m_{II}}{m_I + m_{II} + m_{III}} = \frac{K_c(m_I + m_{III})}{m_I + m_{III} + K_c(m_I + m_{III})} = \frac{K_c}{1 + K_c} \quad (3.1)$$

де m_I , m_{II} , m_{III} – маса ґрунту I, II и III фракцій, г.

$$K_c = \frac{m_2}{m_1 + m_3}$$

Результати обчислень заносяться до таблиці 3.1. (зразок форми).

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнту структурності ґрунту $K_{c(n)}$ (K_0 – початковий коефіцієнт структурності, j – номер поливу, r – номер стрічки повторності)

j	r	Початковий коефіцієнт структурності K_0				
		0,2	0,4	0,6	0,8	1
1	1					
	2					
	3					
2	1					
	2					
	3					
...						
10	1					
	2					
	3					

3.1.2. Результати дослідження

Після обробки результатів 10-ї поливів по кожному варіанту побудовані залежності змін коефіцієнта структурності, які представлені на рисунках 1-5. На наведених залежностях точками перетину прямих L з кривими лініями визначені інтервали 10% відхилень коефіцієнта структурності ґрунту від максимальних значень. Аналіз характеру змін стану твердої фази ґрунту під дією води показав наступне.

В першому варіанті (початкове значення коефіцієнта структурності ґрунту 0,2) після першого поливи в значенні коефіцієнта відбулися незначні

збільшення і досягли максимального значення на шостому поливі, а потім на десятому поливі відбулося зниження до 0,1 (рис. 3.2).

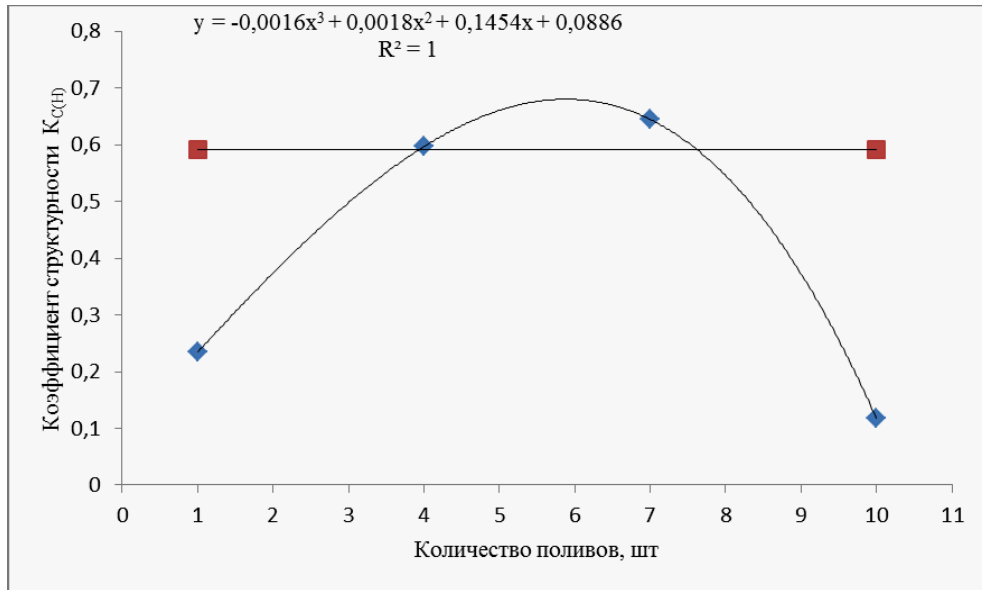


Рис. 3.2. Зміни коефіцієнта структурності ґрунту в залежності від кількості поливів при початковому значенні коефіцієнта 0,2

В другому варіанті (початкове значення коефіцієнта структурності ґрунту 0,4) після першого поливу значення коефіцієнта збільшилося на 0,15 і досягли максимального значення на четвертому поливі, а потім на десятому поливі відбулося зниження до 0,56, тобто до значення першого поливу (рис. 3.3).

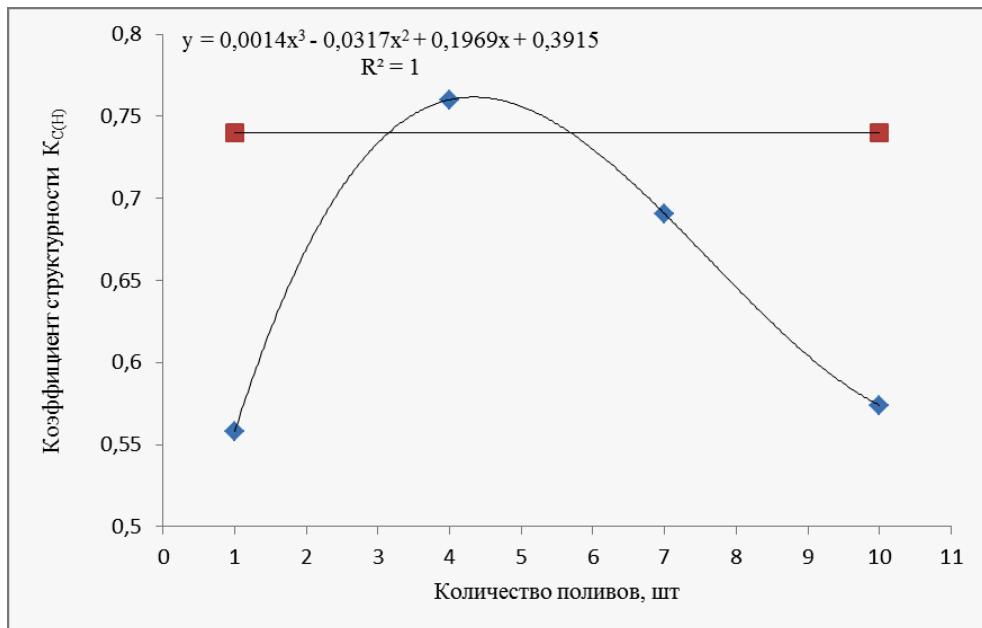


Рис. 3.3. Зміни коефіцієнта структурності ґрунту в залежності від кількості поливів при початковому значенні коефіцієнта 0,4

В третьому варіанті (початкове значення коефіцієнта структурності ґрунту 0,6) після першого поливу значення коефіцієнта збільшилося на 0,10 і досягли максимального значення на восьмому поливі, а потім на десятому поливі відбулося зниження до 0,63, тобто до початкового значення (рис. 3.4).

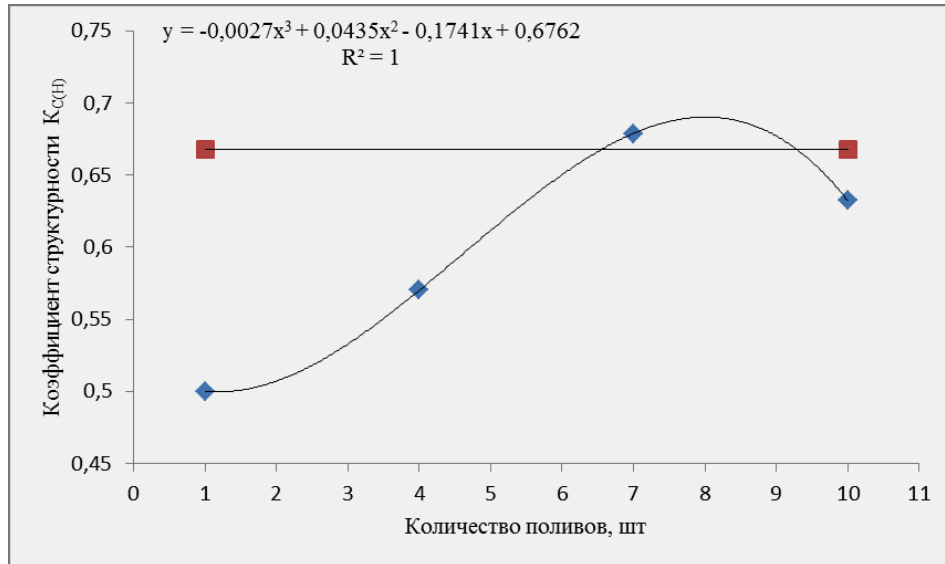


Рис. 3.4. Зміни коефіцієнта структурності ґрунту в залежності від кількості поливів при початковому значенні коефіцієнта 0,6

В четвертому варіанті (початкове значення коефіцієнта структурності ґрунту 0,8) після першого поливу значення коефіцієнта знизилось на 0,085 і досягло максимального значення на четвертому поливі, а потім на десятому поливі відбулося зниження до 0,7, що нижче початкового (рис. 3.5).

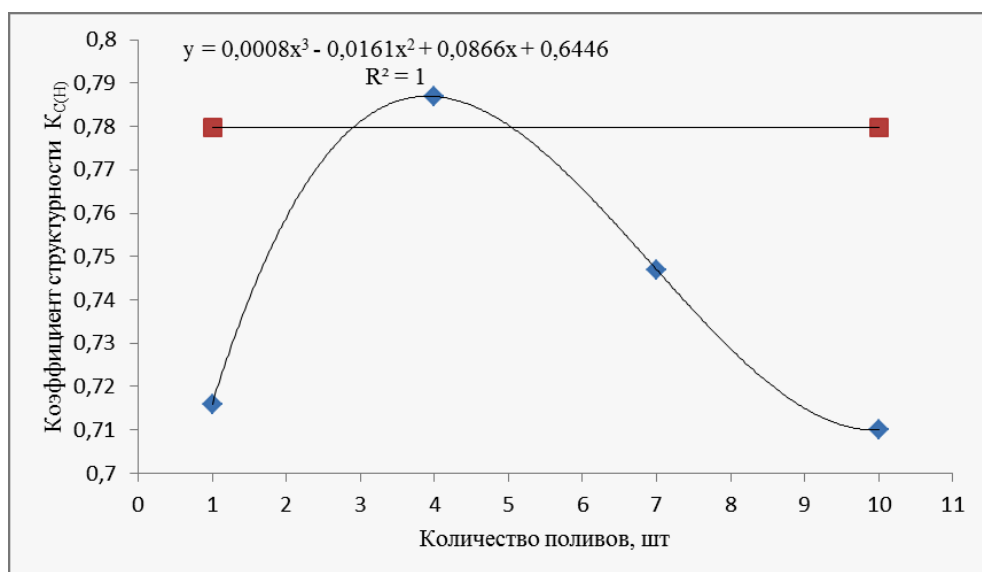


Рис. 3.5. Зміни коефіцієнта структурності ґрунту в залежності від кількості поливів при початковому значенні коефіцієнта 0,8

В п'ятому варіанті (початкове значення коефіцієнта структурності ґрунту 1,0) після першого поливу відбулося значне зниження значення коефіцієнта знизилось (на 0,45) і досягло максимального значення на поливі, п'ятому, а потім на десятому поливі відбулося зниження до 0,45, що нижче початкового значення на 0,55 (рис. 3.6).

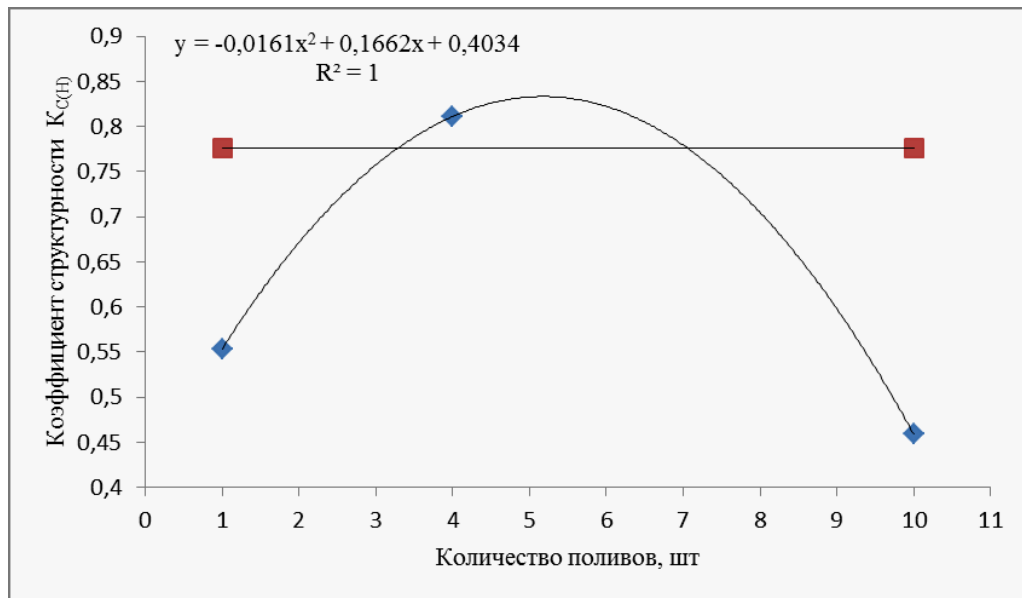


Рис. 3.6. Зміни коефіцієнта структурності ґрунту в залежності від кількості поливів при початковому значенні коефіцієнта 1

3.2. Лабораторно-польові дослідження розроблених робочих органів у складі експериментального зразка машини МФ-1М

3.2.1. Програма і методика лабораторно-польових досліджень

Метою польових досліджень було визначення ефективності роботи розроблених робочих органів у складі експериментального зразка фрезерної машини МФ-1М.

Програмою польових досліджень було передбачено:

- виготовлення опитних зразків роторів для експериментальної фрези МФ-1 з робочими органами (ножами), параметри яких обґрунтовані в теоретичних дослідженнях;

- вивчення впливу конструктивних параметрів робочих органів і режимів роботи фрезерної машини на структурно – агрегатний стан ґрунту в пристовбурних смугах;

- вивчення впливу конструктивних параметрів робочих органів і режимів роботи фрезерної машини на енергоємність, яка витрачається на привід роторів від ВВП;

Для виконання поставлених задач на підставі проведених розрахунків виготовлено ножі (рис. 3.7) і два ротори фрезерної машини (рис. 3.8).



Рис. 3.7. Ніж фрезерної машини

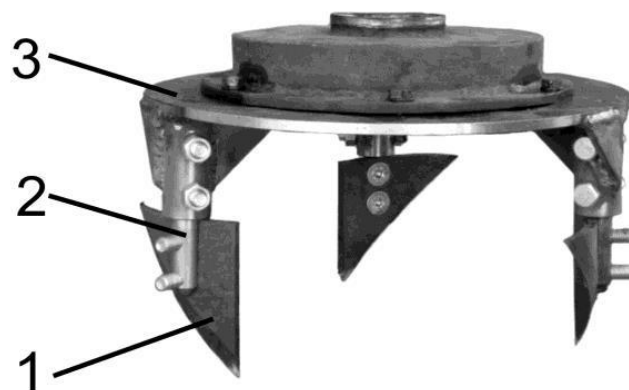


Рис. 3.8. Ножовий ротор фрезерної машини

1 - ніж; 2 - стійка ножа; 3 - диск

Ротори з розробленими ножами було встановлено на експериментальний зразок фрезерної машини МФ-1М, загальний вигляд якої наведено на рисунках 3.9, 3.10.



Рис. 3.9. Експериментальний зразок фрезерної машини МФ-1М



Рис. 3.10. Загальний вигляд експериментального зразка фрезерної машини МФ-1М з трактором ЮМЗ-6

Фрезерна машина містить два ротори 1 і 2 з ножами 3 (рис. 3.11), які обертаються в різних напрямках, обробляють смугу шириною 70 см і розташовані від осі трактора на відстані 200 см, що дає можливість застосування фрези в насадженнях інтенсивних типу.

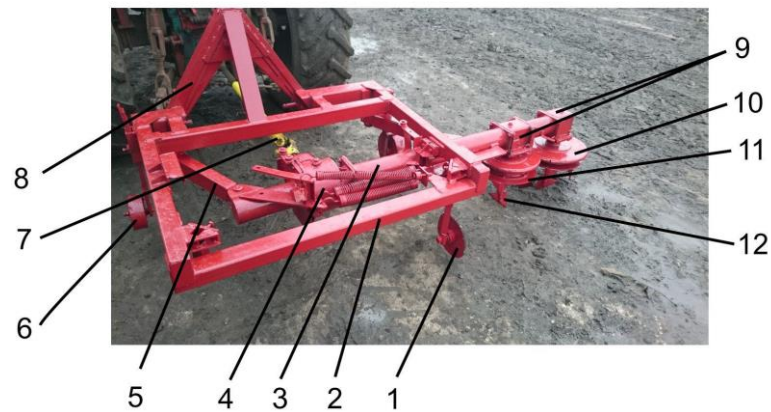


Рис. 3.11. Загальний вигляд експериментальний зразок фрезерної машини МФ-1М з переду і з заду:

1 - дисковий ніж; 2 - рама; 3 - висувна секція; 4 - редуктор; 5 - паралелограмний механізм; 6 - опорно-регулюючі колеса; 7 - карданна передача; 8 - автозчеплення; 8 - конічні редуктори; 7 - фрезерні ротори; 11 - диски; 12 - ножі.

Кожний ротор фрези має диск 1 зі стойками 2, на яких в шаховому порядку розташовані по три ножа 3. Між диском і редуктором встановлені фрикційні муфти 4 для запобігання аварійних поломок при влученні в зону розпушування каміння, дроту та інших перешкод. Фрезерні ротори впливають на ґрунт ножами, які мають циліндричну поверхню. Фрезерна машина працює в такий спосіб.

Ножі роторів занурюються на глибину до 8 см ($2/3$ довжини ножа H). Поступово рухаючись фрезерна машина розрізає ґрунт пристовбурної смуги ножами по трохойдам. Відділена ножем від масиву ґрунту скиба взаємодіє з його внутрішньою поверхнею і під впливом сил набуває відносну швидкість V_A , яка спрямована в сторону денної поверхні ґрунту, а її величина більша окружної швидкості ножа, що має сприяти збільшенню середньої фракції ґрунту до 80%.

Визначення енергоємності процесу обробітку ґрунту в пристовбурних смугах виконувалися згідно ДСТУ 4362 [17].

Під час проведення досліджень реєструвалися:

- крутний момент, який передавався через ВВП трактора, Нм;

- частота обертання ВВП трактора, c^{-1} ;
- швидкість руху агрегату, м/с.

Перші два показники реєструвалися методом тензометрування та записувалися на комп'ютер через АЦП [18].

В якості апаратури використалися:

- посилювач ТОПАЗ-2;
- вимірювач крутного моменту (рис. 3.12);
- тахометр.

Обробка отриманих результатів досліджень проводилося згідно рекомендацій [13, 14, 21].

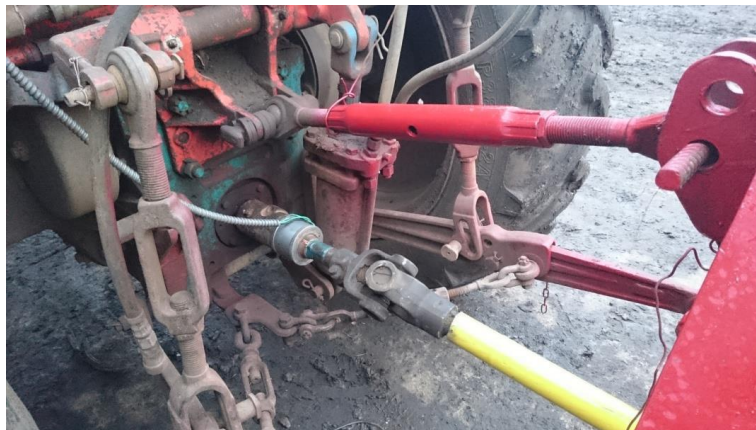


Рис. 3.12. Приєднання вимірювача крутного моменту на ВВП трактора

Результати польових досліджень. Польові дослідження фрезерної машини з експериментальними робочими органами проводилися в ПП «Олександр» Хмельницької області в насадженнях яблунь. Схема посадки 4x0,80 м. Фрезерна машина МФ-1М під час досліджень агрегувалася з трактором ЮМЗ-6. Тип ґрунту чорнозем-південний. Умови при проведенні досліджень визначалися згідно загально прийнятих методик [19]. Фізичний стан ґрунту наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Фізичний стан ґрунту

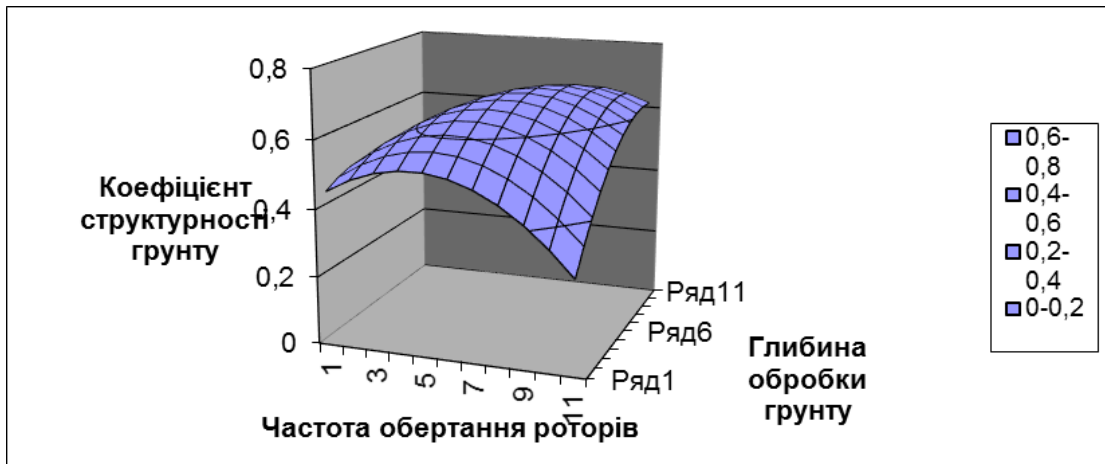
Шар ґрунту, см	Абсолютна вологість, %	Твердість, МПа
0 – 10	15,2	0,6
10 – 20	23,7	0,8

В результаті реалізації матриці планування дослідів були отримані величини, які характеризували якість виконання технологічного процесу розпушення ґрунту в пристовбурній смузі багаторічних насаджень. В якості оцінюючого фактора було обрано коефіцієнт структурно-агрегатного стану ґрунту. Паралельно з цим для оцінки енергоємності процесу обробки ґрунту експериментальними робочими органами фрезерної машини проводилися замірювання крутного моменту на ВВП трактора під час проведення досліджень.

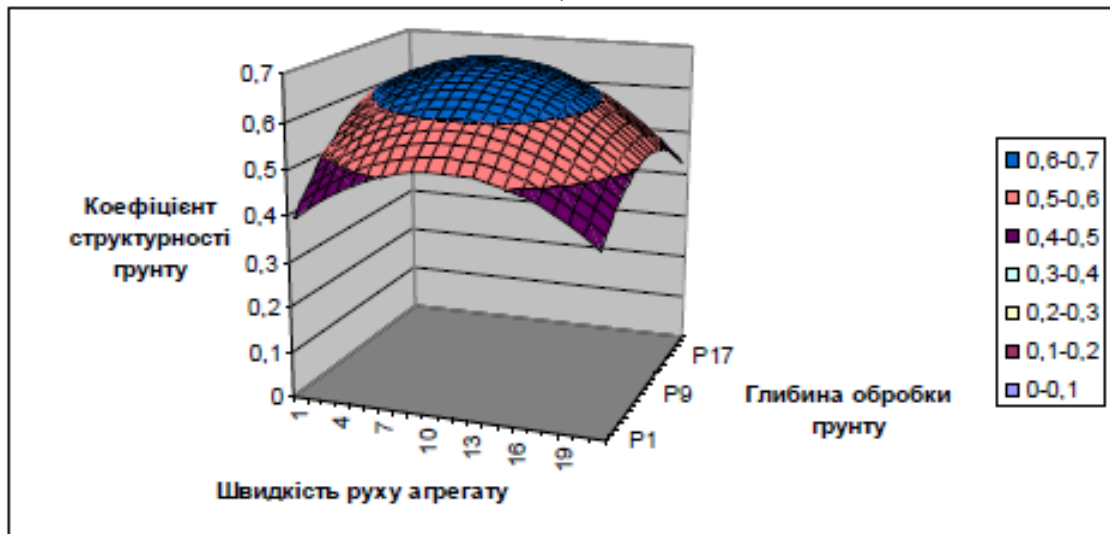
Результати, які були отримані під час проведення досліджень наведено в таблиці 3.1.

Для аналізу отриманого рівняння регресії були побудовані дворівнені перетини поверхонь відгуку в області експерименту на нульовому рівні залежностей коефіцієнта структурно-агрегатного стану ґрунту від обраних факторів (рис. 3.13) та енергоємності процесу розпушення ґрунту експериментальними робочими органами (рис. 3.14).

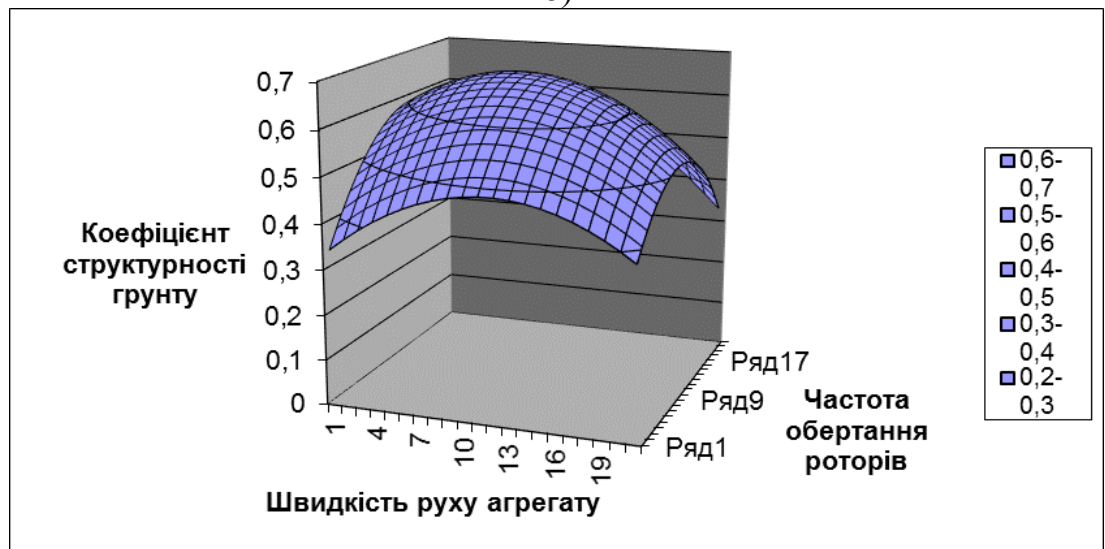
Для визначення показників значень факторів, при яких коефіцієнт структурності ґрунту має оптимальні значення, було досліджене отримано рівняння регресії за допомогою програми Excel. В результаті цього було визначено значення показників незалежних факторів, при яких коефіцієнт структурності ґрунту має максимальне значення в даних умовах роботи фрезерної машини $Y_{1\max} = 0,693$.



а)

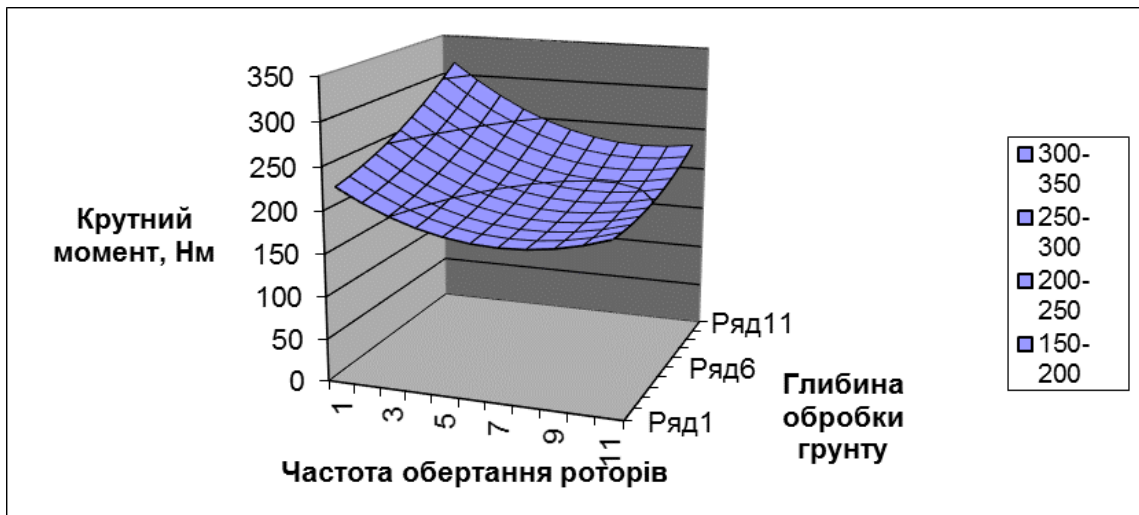


б)

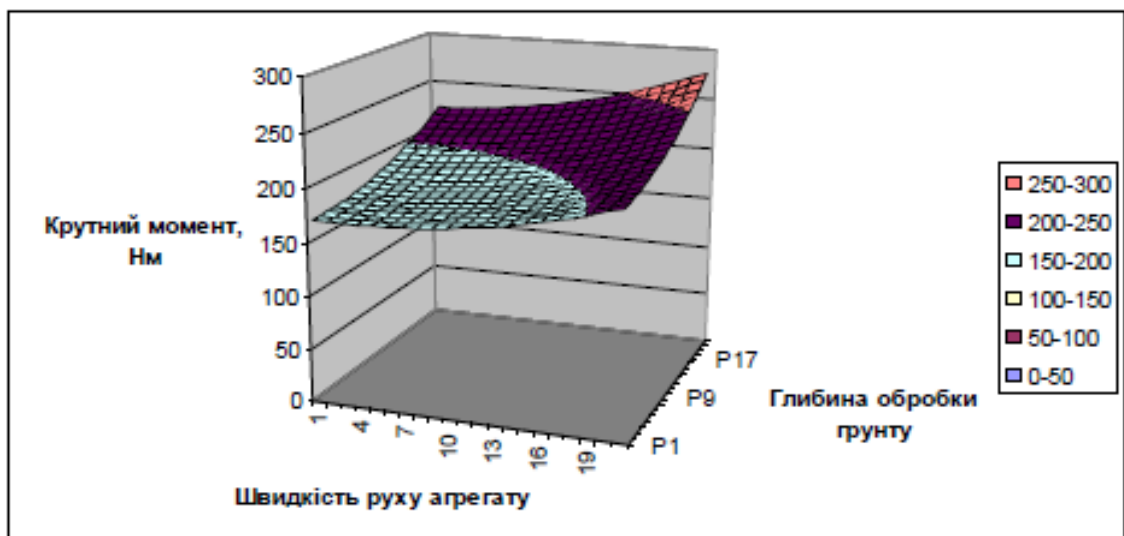


в)

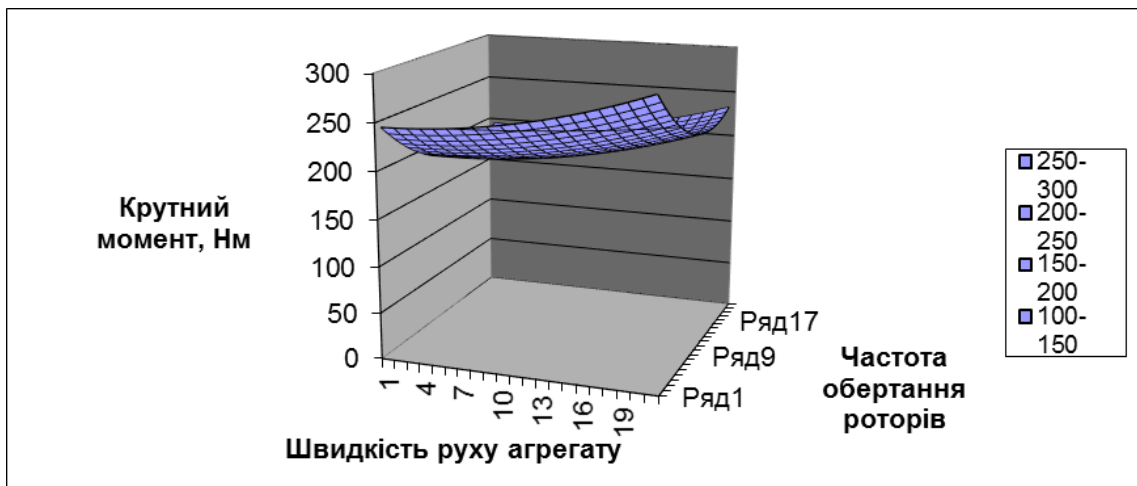
Рис. 3.13. Двомірні перетини поверхні відгуків в області експерименту дослідження впливу технологічних і кінематичних параметрів робочих органів фрезерної машини на коефіцієнт структурно-агрегатного стану ґрунту при: а) $X_1 = 0$; б) $X_2 = 0$; в) $X_3 = 0$



а)



б)



в)

Рис. 3.14. Двомірні поверхні відгуків в області експерименту дослідження впливу технологічних і кінематичних параметрів робочих органів фрезерної машини на енергоємність технологічного процесу обробки ґрунту при: а) $X_1 = 0$; б) $X_2 = 0$; в) $X_3 = 0$

При цьому значення незалежних факторів в кодованому вигляді мають наступні значення:

- швидкість руху агрегату, $X_1 = -0,329$;
- частота обертання ротора, $X_2 = 0,379$;
- глибина обробки ґрунту, $X_3 = 0,558$.

В натуральному вигляді вони мають наступні значення:

- швидкість руху агрегату, $X_1 = 0,61$ м/с;
- частота обертання ротора, $X_2 = 2,7$ с⁻¹;
- глибина обробки ґрунту, $X_3 = 9,1$ см.

Аналіз отриманого рівняння енергоємності процесу обробітку ґрунту експериментальними робочими органами фрезерної машини дозволило визначити технологічні та кінематичні параметри роботи машини, при яких мінімальне значення крутного моменту на ВВП трактора $U_{2min} = 171,84$ Нм.

При цьому значення незалежних факторів в кодованому вигляді мають наступні значення:

- швидкість руху агрегату, $X_1 = -0,679$;
- частота обертання ротора, $X_2 = 0,114$;
- глибина обробки ґрунту, $X_3 = -0,97$.

В натуральному вигляді вони мають наступні значення:

- швидкість руху агрегату, $X_1 = 0,5$ м/с;
- частота обертання ротора, $X_2 = 2,6$ рад/с;
- глибина обробки ґрунту, $X_3 = 6$ см.

При розгляданні процесу вирощування сільськогосподарських культур, в тому числі і плодкових, надважливим аспектом є врожайність. Високу врожайність можливо отримати якщо створити оптимальні умови для його розвитку. Створення оптимального агрегатного стану ґрунту створює сприятливі умови для кореневої системи рослини, розвиток якої забезпечує отримання високих врожаїв.

Таким чином, питання якості обробки ґрунту в пристовбурних смугах багаторічних насаджень має велике значення. В цьому випадку з двох параметрів оптимізації головним є коефіцієнт структурно-агрегатного стану ґрунту. На підставі цього обираємо технологічний і кінематичний режим роботи агрегату, який обґрунтовано при вирішенні першого регресійного рівняння. Отримане друге регресійне рівняння дозволяє отримати значення крутного моменту на валу ВВП трактора на обраному режимі роботи. З цією

метою в рівняння підставляємо значення незалежних факторів в кодованому вигляді, при яких отримано максимальне значення коефіцієнта структурності ґрунту. В результаті вирішення цього рівняння отримано наступне значення крутного моменту $M = 175,8$ Нм на обраному режимі роботи фрезерної машини з експериментальними робочими органами.

Висновки до третього розділу

1. Встановлено, що зміни в твердій фазі ґрунту під дією води десяти поливів змінюється таким чином: при початковому значенні 1,0 відбулося зниження коефіцієнта структурності на 50%, при 0,8 – на 11,3%, при 0,4 – на 45%, при 0,2 – на 50%, а при 0,6 коефіцієнт залишився не змінним.

2. Із отриманих залежностей виходить, що при усіх значеннях початкового коефіцієнта структурності для збереження структурно – агрегатного стану необхідно для усіх початкових значень коефіцієнту структурності слід застосовувати механізований обробіток ґрунту після проведення третього або четвертого поливу, а для коефіцієнту із значенням 0,6 після першого поливу або після сьомого.

3. Лабораторно-польовими дослідженнями модернізованого експериментального зразка фрезерної машини МФ-1М, які були проведені протягом вегетаційного періоду в насадженнях абрикосу, черешні і яблуні насадженнях абрикосу, черешні і яблуні на темно – каштанових ґрунтах при їх середній вологості 23,7% встановлено, що:

- потужність на привід машини МФ-1М з робочими органами у вигляді ножів при глибині обробітку 8 см становила 4,8 кВт, що в 5 раз менше ніж у фрези МФ-1. Це сприяло збільшенню середнього напрацювання на технічну відмову до 500 год., що відповідає вимогам ТЗ;

- максимальне значення коефіцієнта структурності ґрунту досягається при частоті обертання роторів $2,7 \text{ с}^{-1}$, швидкості руху агрегату 0,61 м/с та глибині обробітку 9,1 см і дорівнювало 0,693.

4. НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА І ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ

4.1. Науково-виробнича перевірка технології комбінованого способу утримання ґрунту в плодкових насадженнях і впровадження фрезерної машини для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах

Науково-виробничу перевірку фрезерної машини з розробленими робочими органами МФ-1М у складі з трактором ЮМЗ-6 було проведено в насадженнях яблуні в листопаді 2024 року та у період вегетації дерев 2025 року на площі 15 га. Було застосовано комбінований спосіб утримання ґрунту в плодкових насадженнях, при якому ґрунт в пристовбурних смугах оброблявся фрезою.

Перевіркою було передбачено надати агротехнічну оцінку роботи фрези МФ-1М за такими методикам:

- умови оцінки визначались відповідно до КНД 46.16.02.08-95 [19];
- оцінка якості роботи фрези визначались відповідно до ОСТ 70.4.1. [22].

Вимірюванню підлягали параметри пристовбурних смуг до обробітку фрезерної машини і після, а також параметри машини в процесі обробітку.

Пристовбурні смуги плодового саду характеризувались за такими показниками:

а) ґрунт характеризувався агрофізичними показниками згідно з ДСТУ4362 [27], а саме:

- щільністю - згідно з ДСТУ ISO 11272 [23];
- агрегатним складом (в орному шарі) [24];
- вологістю [25, 26];

б) попереднім способом утримання ґрунту в пристовбурних смугах;

в) наявністю і ступенем подрібнення рослинних решток;

г) ступенем заселення міжрядь гризунами;

д) параметрами машини - згідно з КД 46.16. [27]:

- швидкістю руху;

- шириною і глибиною обробітку пристовбурних смуг,

Перевірка в листопаді 2024 року. Метою перевірки було виявлення ефективності застосування фрези для захисту насаджень від пошкодження дерев гризунами у зимовий період.

Плодові насадження в зимовий період пошкоджуються гризунами. Щільність заселення гризунами оцінюється кількістю нір на 10 м² міжряддя. Оцінювання було проведено в насадження яблуні площею 15 га. В цих насадженнях заселення гризунами складало біля 6-7 нір на 10 м² (рис. 4.1). Така ступінь заселення гризунами в зиму 2025 року призвела до 80% пошкодження дерев.



Рис.4.1. Загальний вигляд міжряддя насаджень яблуні інтенсивного типу з заселенням гризунами

Ґрунт в пристовбурних смугах даних насаджень було оброблено фрезою МФ-1М у листопаді 2024 року (рис. 4.2). За результатами спостережень було встановлено, що заселення гризунами насаджень, пристовбурні смуги в яких були оброблені фрезою МФ-1М знизилось в три рази і не перевищувала 2 нори на 10 м².

Перевірка у період вегетації дерев 2025 року. Метою перевірки було виявлення ефективності застосування фрези для забезпечення оптимального структурно – агрегатного стану ґрунту в пристовбурних смугах на протязі вегетаційного періоду.



Рис.4.2. Оброблення пристовбурних смуг в насадженнях черешні

Обробіток ґрунту проводився фрезою починаючи з травня 2025 року (рис.4.3, 4.4).



Рис. 4.3. Виробнича перевірка МТА МФ-1М + ЮМЗ-6 в насадженнях абрикосу (травень 2025 рік)

Під час обробітку ґрунту перелік кінематичних і технологічних параметри фрези і їх значення відповідали тим, які були визначені при проведенні лабораторно – польових випробувань фрези, а саме:

- швидкість руху агрегату 0,61 м/с;
- частота обертання ротора 2,7 с⁻¹;
- глибина обробки ґрунту 9 см.

Тип ґрунту - чорнозем-південний. Фізичний стан ґрунту наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Фізичний стан ґрунту

Шар ґрунту, см	Абсолютна вологість, %	Твердість, МПа
0 – 10	15,2	0,6
10 – 20	23,7	0,8



Рис. 4.4. Обробіток ґрунту в пристовбурній смузі фрезерною машиною МФ-1М з експериментальними робочими органами

За результатами випробувань встановлено [28], що кількість середньої фракції ґрунту (розмір агрегатів від 0,25 до 10 мм) до обробітку становила 51%, а після обробітку фрезею знаходилась в межах від 70% - 75%. При цьому, щільність ґрунту зменшилась на 76,4% и становила 0,65 г /см³.

Ширина обробленої пристовбурної смуги не перевищувала 0,7м, тобто розкидання ґрунту фрезею не відбувалось, а глибина знаходилась в межах від 8 см до 10 см. Знищення бур'янів дорівнювала 90% при щільності 100-120 рослин на 1 м² . При цьому робочі органи фрези забезпечували видалення бур'янів з кореневою системою (рис. 4.5.).

Під час перевірки спостерігалось забивання рослинними рештками і злипання ґрунтом робочих органів. Але, робоча поверхня ножів залишалась чистою, що свідчить про наявність руху ґрунту по поверхні (рис. 4.6).



Рис. 4.5. Якість обробітку ґрунту фрезею



Рис. 4.6. Забивання рослинними рештками і злипання ґрунтом робочих органів

Витрати палива за зміну визначали методом контрольованої дозправки паливом трактора після завершення зміни. Витрати палива знаходились в межах від 6 л/год до 7 л/год при швидкості руху агрегату 1,8 км/год, що в два рази менше ніж у фрези МФ-1, у якої робочі органи виконані у вигляді стрижень.

4.2. Економічна порівняльна оцінки застосування фрезерної машини

Економічну оцінку агрегату для роботи в саду необхідно робити в порівнянні з існуючими виробничими аналогами сільськогосподарської техніки [29-33].

У наш час для обробітку пристовбурних смуг широко застосовується агрегат, до складу якого входить трактор МТЗ-80 та садова фреза ФА-0,76А. Нами запропонований новий агрегат - трактор ЮМЗ-6 та нова фрезерна машина МФ-1М.

Одним із основних показників ефективності використання сільськогосподарської техніки є зведені витрати (Π) на одиницю виконаної роботи. Вони складаються із суми прямих експлуатаційних витрат (E) та помножених на нормативний коефіцієнт (E_n) питомих капітальних вкладень (K_n)

$$\Pi = E + E_n \cdot K_n, \quad (4.1)$$

Згідно з ДСТУ 23729-06 прямі експлуатаційні витрати розраховують із виразу

$$E = Z + A + R + \Gamma, \quad (4.2)$$

де Z – заробітна платня обслуговуючого персоналу;

A – витрати на реновацію;

R – витрати на ремонти і технічне обслуговування;

Γ – витрати на паливно-мастильні матеріали.

Заробітну платню кожного члена обслуговуючого персоналу визначають за формулою

$$Z = C_p / W_{zm}, \quad (4.3)$$

де C_p – годинна оплата праці, грн/год;

- продуктивність агрегату за 1 год змінного часу, га.

Витрати на реновацію кожної машини знаходять із виразу

$$A = S A / T_{zon} W_{zm} \quad (4.4)$$

де S - балансова ціна нової чи базової машини, грн.;

A - коефіцієнт відрахувань на реновацію машини;

T_{zon} - зональне річне завантаження машини, год;

Зональне річне завантаження машини приймають у відповідності з діючими нормативами. У випадку їх відсутності вказане завантаження визначають за зональними перспективними технологіями за формулою

$$T_{zon} = D \cdot t, \quad (4.5)$$

де D – кількість днів роботи машини за агротехнічний строк;

t – число годин роботи машини в день (експлуатаційного часу), год.

Витрати на капітальний, поточний ремонт та планово-технічне обслуговування кожної машини знаходять із виразу

$$R = S B / T_H \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт відрахувань на капітальний і поточний ремонт та технологічне обслуговування. (значення коефіцієнта визначають із нормативно-технічної документації кожної складової агрегату);

T_H – нормативне завантаження машини, год.

Витрати на паливо-мастильні матеріали для конкретного агрегату розраховують за формулою

$$\Gamma = G \cdot \Pi, \quad (4.7)$$

де G – витрати паливно-мастильних матеріалів на одиницю продуктивності роботи МТА, кг/га (т);

Π – оптова ціна 1 кг палива, грн.

Питомі капіталовкладення на кожну машину (знаряддя) агрегату знаходять із виразу:

$$K_{\Pi} = S / T_{zon} W_{zm} \quad (4.8)$$

У розгорнутому вигляді аналітичний вираз 4.1 для визначення зведених витрат має наступний вигляд

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{1}{W_{33}} \cdot \sum_{p=1}^K C_p \cdot L_p + \frac{1}{100W_{zm}} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{A_i \cdot S_i}{T_{zon,i}} + \frac{1}{100W_{33}} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{B_i \cdot S_i}{T_{H,i}} + \\ & + G \cdot \Pi + \frac{E_H}{W_{33}} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{S_i}{T_{H,i}} \end{aligned}$$

де K – кількість розрядів тарифікаційної сітки;

L_p – кількість обслуговуючого персоналу на агрегаті;

m – кількість машин у складі МТА;

Другим важливим показником ефективності того чи іншого агрегату є питомі витрати праці (Z_T). Для їх визначення достатньо знати змінну продуктивність та кількість обслуговуючого персоналу агрегату:

$$Z_T = \frac{L_P}{W_{\text{зн}}} \quad (4.9)$$

Показники прийняті в якості вихідних даних для розрахунків техніко-економічних показників порівнюваних фрезерних агрегатів заносяться у таблицю 4.2.

Зведені витрати базового агрегату

$$P_B = \frac{12,5 \cdot 1}{0,2} + \frac{1}{100 \cdot 0,2} \cdot \left(\frac{12,5 \cdot 50000}{1700} + \frac{14,2 \cdot 28000}{350} \right) + \\ + \frac{1}{100 \cdot 0,2} \cdot \left(\frac{22 \cdot 50000}{1300} + \frac{18 \cdot 28000}{370} \right) + 33 \cdot 54,6 + \\ + \frac{0,15}{0,2} \cdot \left(\frac{50000}{1300} + \frac{28000}{370} \right) = 8080,0 \text{ грн./га}$$

Таблиця 4.2

Вихідні дані для розрахунку

Назва показник	МТА	
	новий	базовий
Оптова ціна 1 кг палива, грн.	54,6	54,6
Витрати палива агрегатом, кг/га	24,9	33
Продуктивність МТА за 1 годину змінного часу, га/год.	0,23	0,2
Погодинна оплата праці, грн./год	12,50	12,50
Ціна трактора, грн.	478000	478000
Ціна фрези, грн.	96000	124000
Реновація (%) : трактора	12,5	12,5
фрези	14,3	14,3
Норми відрахувань (%) на ремонти і обслуговування: трактора	22	22
фрези	18	18
Нормативне річне завантаження, год. : трактора	1300	1300
фрези	370	370
Зональне річне завантаження, год. : трактора	1700	1700
фрези	350	350
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1

Зведені витрати нового агрегату:

$$\begin{aligned}
 P_H &= \frac{12,5 \cdot 1}{0,23} + \frac{1}{100 \cdot 0,23} \cdot \left(\frac{12,5 \cdot 50000}{1700} + \frac{14,2 \cdot 17000}{350} \right) + \\
 &+ \frac{1}{100 \cdot 0,23} \cdot \left(\frac{22 \cdot 50000}{1300} + \frac{18 \cdot 17000}{370} \right) + 24,9 \cdot 54,6 + \\
 &+ \frac{0,15}{0,23} \cdot \left(\frac{50000}{1300} + \frac{17000}{370} \right) = 5820,0 \text{ грн./га}
 \end{aligned}$$

Питомі витрати праці базового агрегату

$$Z_B = 1/0,2 = 5,0 \text{ люд} \cdot \text{год/га}$$

Питомі витрати праці по новому агрегату:

$$Z_H = 1/0,23 = 4,3 \text{ люд} \cdot \text{год/га}$$

Визначення річного економічного ефекту від застосування агрегату

Показники техніко-економічної ефективності фрезерних агрегатів занесені в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3

Порівняльні показники техніко-економічної ефективності фрезерних агрегатів

Назва показника	Значення показника		Ступінь зменшення, %
	Фреза ФА-0,76А	Фреза МФ-1М	
Витрати праці, люд-год./га	5,0	4,3	14
Прямі витрати, грн./га	1420,1	1160,2	180,2
Питомі капіталовкладення, грн./га	2260,1	1940,3	140,1
Зведені витрати, грн./га	8080,0	5820,0	280
Економічний ефект, грн./га	-	2260,0	-

Аналіз розрахункових даних таблиці 4.2 показав, що впровадження нового фрезерного агрегату, до складу якого входять трактор ЮМЗ-6 та нова машина МФ-1М дозволяє знизити:

- витрати праці – на 14 %;
- прямі експлуатаційні витрати – на 18,2 %;
- питомі капітальні вкладення – на 14,1 %;
- зведені витрати – на 28 %.

Практична експлуатація нового агрегату дозволяє на кожному гектарі оброблюваної площі заощадити не менше 2260 грн.

Визначаємо термін окупності нової машини, років

$$T = \frac{S}{E_p} \quad (4.10)$$

де E_p – річна економія коштів, грн.

$$E_p = E_c \cdot T_{zon} \cdot W_{зм}, \quad (4.11)$$

де E_c – економія коштів з одного гектару, грн.

Термін окупності складає 0,93 років, що дорівнює 11 місяцям.

Висновки до четвертого розділу

1. На підставі виконаної науково-виробничої перевірки фрезерної машини з експериментальними робочими органами в умовах СФГ «Олександр» встановлено що:

- кількість середньої фракції ґрунту (розмір агрегатів від 0,25 до 10 мм) до обробітку становила 51%, а після обробітку фрезею знаходилась в межах від 70% до 75%;
- щільність ґрунту зменшилась на 76,4% и становила 0,65 г /см³;
- ширина обробленої пристовбурної смуги не перевищувала 0,7 м, тобто розкидання ґрунту фрезею не відбувалось;
- глибина обробітку ґрунту в залежності від типу плодових насаджень знаходилась в межах від 8 до 10см.
- знищення бур'янів дорівнювала 95% при щільності 100-120 рослин на 1м²;
- заселення гризунами насаджень після обробітку ґрунту фрезею МФ-1М знизилось в три рази і не перевищувала 2 нори на 10м².

2. Застосування модернізованого зразка фрезерної машини МФ-1М з запропонованими робочими органами надає можливість за рахунок зменшення прямих експлуатаційних витрат заощадити на кожному гектарі площі, що обробляється не менше 2260 грн. в порівнянні з базовим зразком, або 366120 грн./рік при сезонному навантаженні 162 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

На підставі аналізу технологій і засобів механізації обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень, а також проведених теоретичних і експериментальних досліджень процесу обробітку ґрунту обґрунтовано конструктивно-технологічну схему фрези з обертанням робочих органів навколо вертикальної осі, параметри робочих органів і режим роботи фрези, які сприяють поліпшенню якості ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень інтенсивного типу і зменшенню енерговитрат.

За результатами досліджень зроблені такі висновки:

1. Встановлено, що пристовбурні смуги в плодкових насадженнях інтенсивного типу доцільно утримувати під «чорним паром» за допомогою обробітку ґрунту машинами з активними робочими органами, які обертаються навколо вертикальної осі.

2. На підставі даних технічної літератури та інших інформаційних джерел визначено, що експериментальний зразок фрези МФ-1 з вертикальною віссю обертання робочих органів, які виконані у вигляді стрижнів, обробляє ґрунт із забезпеченням коефіцієнта структурно-агрегатного стану 0,53. Це значення за ДСТУ 4362 знаходиться на межі незадовільного стану ґрунту, що не сприяє створенню умов для оптимального проходження біологічних процесів у ґрунті і, як наслідок, відбувається погіршення росту і розвитку плодкових дерев.

3. На підставі математичного моделювання процесу взаємодії робочої поверхні ножа з ґрунтом доведено, що для утворення оптимального структурно-агрегатного стану ґрунту, необхідно застосовувати робочі органи фрези у вигляді ножів, які мають криволінійну поверхню, а також встановлено, що:

- робоча поверхня ножа має бути лінійчатою у вигляді прямого кругового циліндра з радіусом 0,097 м і максимальною довжиною дуги CF рівною 0,114 м при радіусі роторів 0,176 м їх кутовій швидкості 15,8 рад/с.

- відстань напрямної CF від траєкторії руху ріжучої крайки ножа має збільшуватись за лінійним законом і встановлюється величиною заднього кута різання $\gamma = 10^\circ$, починаючи з точки C ріжучої крайки ножа;

- відносна швидкість V_r руху частки ґрунту по поверхні ножа зростає за лінійним законом і на виході з ножа при його лінійній швидкості $V_n = 2,8$ м/с у межах зміни коефіцієнта тертя μ від 0,4 до 0,6 у середньому зростає в 2 рази;

- для забезпечення найкращої якості обробітку ґрунту швидкість руху частинок ґрунту V_r на виході з ножа не повинна бути більшою ніж в 2 рази за лінійну швидкість ножа, для чого частота обертання роторів має бути в межах від 2 c^{-1} до 3 c^{-1} .

5. Встановлено закономірності змін в агрегатно-структурному складі ґрунту під впливом вегетаційних поливів і доведено, що незалежно від початкового значення коефіцієнта структурності ґрунту для збереження його структурно-агрегатного стану необхідно застосовувати механізований обробіток ґрунту після проведення третього або четвертого поливу, а для початкового коефіцієнту 0,6 – після першого поливу.

6. Лабораторно-польовими дослідженнями експериментального зразка фрези МФ-1М установлено, що максимальне значення коефіцієнту структурності ґрунту 0,7, який відповідає оцінки «добрий» запропонованими ножами досягається при частоті обертання роторів $2,7 \text{ c}^{-1}$, швидкості руху машино-тракторного агрегату 0,65 м/с та глибині обробітку до 9 см. При цьому значення крутного моменту дорівнює 175,8 Н м, що у 5 разів менше ніж у фрези МФ-1. Коефіцієнт варіації дослідних даних знаходився в межах від 25% до 45%, а похибка – від 2,5% до 4,5%.

7. За результатами науково-виробничої перевірки фрези МФ-1М, швидкість якої знаходилась в межах від 0,5 м/с до 0,7 м/с установлено, що:

- кількість середньої фракції ґрунту в пристовбурній смузі (розмір ґрунтових агрегатів від 0,25 мм до 10 мм) до обробітку ґрунту в середньому складала 0,51, а після обробітку фрезою дорівнювало 0,70. При цьому щільність ґрунту зменшилась на 76,4% и становила $0,65 \text{ г/см}^3$;

- полоса, яка оброблялась збільшувалась з однієї сторони в середньому на 14 см (за теоретичними розрахунками 16 см), що не перевищує значень нормативних вимог;

- знищення бур'янів досягало 90% при щільності рослин 100-120 шт. на 1 м² з видаленням їх кореневої системи;

- заселення гризунами насаджень, пристовбурні смуги яких були оброблені фрезою знизилось в три рази і не перевищувало 2 нори на 10 м²;

- середнє напрацювання фрези на технічну відмову досягало 500 мото-год., що перевищувало вимоги нормативної документації в 3 рази.

8. Застосування модернізованого зразка фрезерної машини МФ-1М з запропонованими робочими органами надає можливість за рахунок зменшення прямих експлуатаційних витрат заощадити на кожному гектарі оброблюваної площі не менше 2260 грн. в порівнянні з базовим зразком, або 366120 грн./рік при сезонному навантаженні 162 га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол. : М. В.Зубець (голова) та ін. Київ : Аграрна наука, 2010. 98бс.
2. Рульєв В. А. Садівництво півдня України. Запоріжжя : Дике Поле, 2003. 240с.
3. Бублик М. О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва. Київ : Нора-Друк, 2005. 288с.
4. Довідник з механізації садівництва / А. Є. Бабенко, В. П. Бабій, М. О. Демидко та ін.; За ред. М. О. Демидка. 2-е вид., перероб. і доп. Київ : Урожай, 2002.
5. Якість ґрунтів. Показники родючості ґрунтів : ДСТУ 4362: 2004. чинний від 2006-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 19с. (національний стандарт України).
6. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / Д. Г. Войтюк та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464с.
7. Мінько С. А. Механізація обробітку гранту в плодкових насадженнях / Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь : ТДАТУ, 2015. Вип 14, Том 2, С.61-66.
8. Дідур В. А., Мінько С. А. Проектування робочих органів фрези для обробітку ґрунту // Праці таврійського Державного агротехнологічного університету. Мелітополь : ТДАТУ, 2015. Вип 14, Том 2, С. 61-66.
9. Дідур В. А., Караєв О. Г., Мінько С. А. Математична модель визначення відносної швидкості руху частки ґрунту по поверхні робочого органу фрезерної машини // Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, ТДАТУ. 2015. Вип. 5. Т.2 С. 201-210. Режим доступу : <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/V15T2.html>.
10. Дослідження сільськогосподарської техніки: практикум науковцю / В. І. Кравчук та інш. Дослідницьке: УкрНДПІТ ім. Л. Погорілого, 2015. 328 с.
11. КНД 46.16.02.08-95.Техніка сільськогосподарська. Методика визначення умов випробувань.

12. ДСТУ ISO 11272 Якість ґрунту. Визначення щільності складення на суху масу.
13. Коваленко П. І., Михайлов Ю. О. Раціональне використання води при зрошенні. Київ : Аграрна наука, 2000. 154 с.
14. Іванишин В. В., Рудь А. В., Грушецький С. М. Технічне обслуговування машин і обладнання : підручник. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ» : ТОВ «Друкарня «Рута».», 2023. 360 с.
15. Експлуатація машин і обладнання : навч. посіб. / І. М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2013. 576 с.
16. Експлуатація машин і обладнання : навч. посіб. / М. А. Ружицький, В.І. Рябець, В. М. Кіяшко та ін. Київ : Аграрна освіта, 2010. 617 с.
17. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : технологія : підручник. Київ : Вища школа, 2007. 527 с.
18. Мельника І. І. Практикум із машиновикористання в рослинництві : навч. посіб. Київ : Кондор, 2004. 284 с.
19. Лімонт А. С. та ін. Практикум з машиновикористання в рослинництві. Київ : Кондор, 2009. 280 с.
20. Павліський В. М., Нагірний Ю. П., Мельник І. І. Проектування технологічних систем рослинництва : навч. посіб. Тернопіль : Збруч, 2003. 264 с.
21. Проектування механізованих технологічних процесів у рослинництві : навч. посіб. / І. М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. 556с.
22. Основи механізації сільськогосподарського вирощування : навч. посіб. / І. І. Ріпка та ін. Львів : ЛНАУ, 2013. 224 с.
23. Головчук А. Ф., Лімонт А. С., Бондаренко М. Г. Машиновикористання та екологія довкілля. Київ : Грамота, 2007. 360 с.
24. Квашук О. В. Сучасні інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур. Кам'янець-Подільський : Абетка, 2008. 482 с.
25. Технічний сервіс в АПК : навч. посіб. / С. М. Грушецький та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І., 2014. 680 с.
26. Технологія технічного обслуговування машин : навч. посіб. / Бендера І. М., Грушецький С. М., Роздорожнюк П. І., Михайлович Я. М. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2010. 320 с.

27. Цура А. В., Грушецький С. М. Обробіток ґрунту в пристовбурній смузї фрезерною машиною МФ-1М з експериментальними робочими органами. *Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь* : матеріали ІХ Міжнар. наук.-прак. конф., м. Житомир, 5 квіт. 2023 р. Житомир : АТК, 2023. С. 127-129. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u349/zbirnik_tez_zhitomir_2023.pdf.
28. Грушецький С.М., Овчарук В.І., Замойський С.М., Цура А.В. Експериментальне дослідження в пристовбурній смузї фрезерною машиною МФ-1М // Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.) / НУБІП України, 2023. С. 268-271. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u163/tezy_kiyiv_2023_5.11.pdf.
29. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського вирощування : підручник. В 2 т. Т. 1 / А. В. Рудь та ін. Київ : Агроосвіта, 2012. 584 с.
30. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського вирощування : підручник. В 2 т. Т. 2 / А. В. Рудь та ін. Київ : Агроосвіта, 2012. 432 с.
31. Левицька Ю. О. та ін. Основи агрономії. Київ : Аграрна освіта, 2008. 382 с.
32. Кравченко М. С. Томашевський З. М. Практикум із землеробства. Київ : Мета, 2003.
33. Мельник А. В. Агробіологічні особливості вирощування соняшнику та ріпаку ярового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Аналітичний огляд та результати дослідження : монографія. Суми : Унів. кн., 2007. 228 с.
34. Типові норми продуктивності і витрати палива на передпосівному обробітку. Київ : НДІ Укראгропромпродуктивність, 2005. 672 с.
35. Типові норми продуктивності і витрати палива на сівбі, садінні і догляді за посівами. Київ : НДІ Укראгропромпродуктивність, 2005. 424 с.
36. Пастухов В. І Довідник з машиновикористання в землеробстві : навч. посіб. Харків : Веста, 2001. 344 с.

37. Саблук П. Т. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур. ННЦ Інститут аграрної економіки, 2005. 292 с.
38. Іванишин В. В., Рудь А. В., Грушецький С. М. Машини та обладнання в тваринництві : підручник. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ» : ТОВ «Друкарня «Рута», 2022. 468 с.
39. Машини і обладнання для тваринництва. / І. І.Ревенко, та ін. Ніжин : видавець ПП Лисенко М. М., 2016. 584 с.
40. Машини та обладнання для тваринництва : посібник-практикум / І. І. Ревенко та ін. Київ : Кондор, 2011. 396 с.
41. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 «Процеси, машини та обладнання агропромислового вирощування». 2-ге видання доп. і перероб. І. М. Бендера, та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011. 640 с.
42. Експлуатація машин і обладнання : підручник / Іванишин В. В., Лабазюк П. П., Рудь А. В., Грушецький С. М. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2024. 576 с.
43. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Ю. І. Панцир, А. В. Рудь, В. І. Дуганець, В. І. Дуганець, С. П. Комарніцький. За ред. В.І. Дуганця. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. 52 с.

ДОДАТОК А



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ І СИСТЕМОТЕХНІКИ
ІМЕНІ МИХАЙЛА САМОКИША

**Кваліфікаційна робота**

на тему:

**«ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ФРЕЗЕРНОЇ
МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ПРИСТОВБУРНИХ СМУГАХ
ІНТЕНСИВНОГО САДУ»**

здобувач вищої освіти освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання
ДИКИЙ Андрій Васильович

Науковий керівник:
кандидат технічних наук, доцент
ГРУШЕЦЬКИЙ Сергій Миколайович

м. Кам'янець-Подільський, 2025 р.

2

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета досліджень – поліпшення якості та зниження енергоємності процесу обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень інтенсивного саду шляхом обґрунтування кінематичних та конструктивно-технологічних параметрів фрезерної машини з обертанням робочих органів навколо вертикальної осі.

Об'єктом досліджень є процес обробітку ґрунту в насадженнях плодкових культур інтенсивного типу в умовах зрошення.

Предметом досліджень є закономірності впливу кінематичних та конструктивно-технологічних параметрів робочих органів фрезерної машини на якісні та енергетичні показники обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень саду інтенсивного типу.

Основні завдання досліджень:

- провести аналіз існуючих конструкцій ґрунтообробних машин з обробітку пристовбурних смуг в плодкових насадженнях інтенсивного типу і обґрунтувати конструктивно-технологічну схему машини, яка б забезпечила досягнення поставленої мети;
- визначити оптимальні значення кінематичних та конструктивно-технологічних параметрів робочих органів фрезерної ґрунтообробної машини шляхом розробки та дослідження математичної моделі процесу взаємодії робочих органів з ґрунтом;
- визначити зміни в структурно-агрегатному стані ґрунту пристовбурних смуг інтенсивного саду під впливом вегетаційних поливів та встановити терміни ефективного механізованого впливу на ґрунт.
- експериментально перевірити основні положення математичної моделі та визначити вплив конструктивно-технологічних параметрів роботи фрезерної машини на показники якості і енергоємності її роботи.

СПОСОБИ УТРИМАННЯ ҐРУНТУ В ПЛОДОВИХ НАСАДЖЕННЯХ



Рис. 1. Загальний вигляд плодового саду з утриманням ґрунту під «чорним паром»



Рис. 2. Загальний вигляд плодового саду з утриманням ґрунту під суцільним задернінням



Рис. 3. Загальний вигляд плодового саду з утриманням ґрунту комбінованим способом

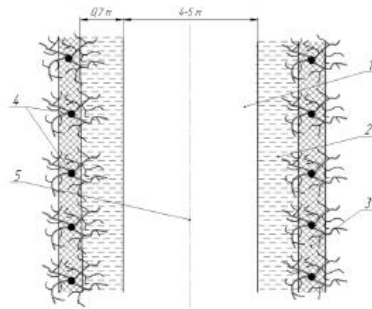


Рис. 4. Зони міжряддя плодового саду:

- 1 - вільна частина міжряддя;
- 2 - пристовбурна смуга;
- 3 - міжстовбурна пасмуга;
- 4 - дерева;
- 5 - вісь міжряддя саду

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ПРИСТОВБУРНИХ СМУГАХ ПЛОДОВИХ НАСАДЖЕНЬ З АКТИВНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ



Рис. 1. Фреза FS італійської фірми «RINIERI S.R.L.»



Рис. 2. Фреза EL італійської фірми «RINIERI»



Рис. 3. Фреза ELX італійської фірми «RINIERI»



Рис. 4. Фреза E-DUE італійської фірми «RINIERI»

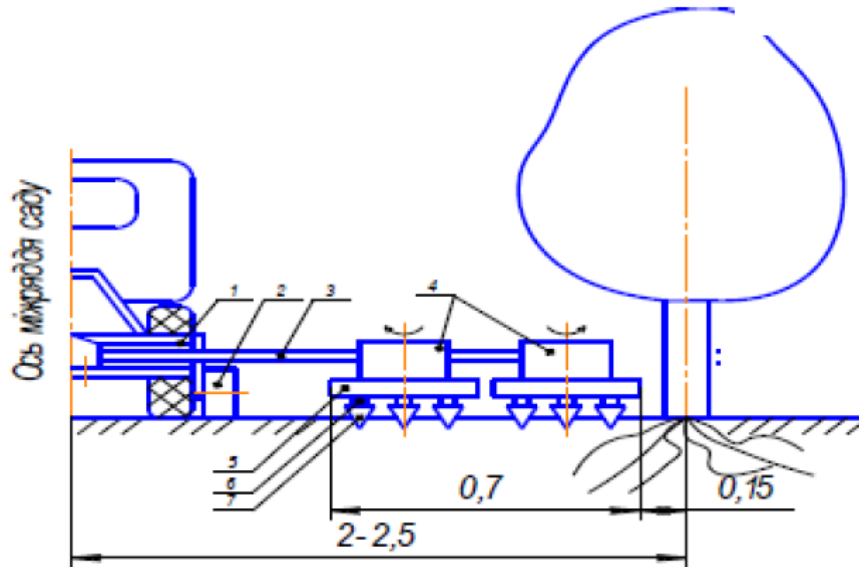


Рис. 5. Фреза EP італійської фірми «RINIERI»



Рис. 6. Фреза VELOX італійської фірми «RINIERI»

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ



1 – рама; 2 – опорне колесо; 3 – привідний вал; 4 – редуктори роторів; 5 – диск; 6 – стійка; 7 – ніж

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАПРЯМНОЇ ЛІНІЇ ПОВЕРХНІ РОБОЧОГО ОРГАНУ

Поступово рухаючись фрезерна машина ножами розрізає ґрунт пристовбурної смуги по траєкторіям, лінії яких є трохоїди. Параметри трохоїди визначаються за таким рівнянням:

$$\begin{cases} x = V_M \cdot t + R \cdot \sin(\omega t) \\ y = R \cdot \cos(\omega t) \end{cases} \quad (1)$$

де V_M - швидкість руху агрегату; R - радіус обертання ріжучої крайки ножа; ω - кутова швидкість.

Траєкторія руху ріжучої крайки ножа при значеннях $V_M = 0,88$ м/с, $R = 15,8$ рад/с, $\omega = 0,01$ с, має вигляд, який наведено на рисунку 1. Початок перетворення частини траєкторії руху ріжучої крайки ножа в криволінійну напрямну CF ножа слід починати з точки на траєкторії де її кривина досягає максимуму. З рисунку 1 видно, що найбільшу кривину траєкторія буде мати у точки С, яку обираємо за центр перетворення. Перетворення кривої лінії СВ здійснимо наступним чином. Обчислимо довжину частини криволінійної траєкторії СВ, яка задана рівнянням (1).

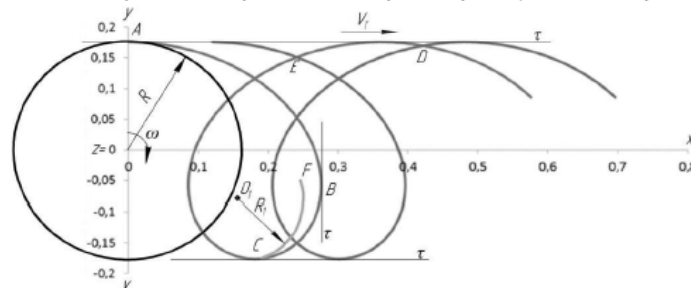
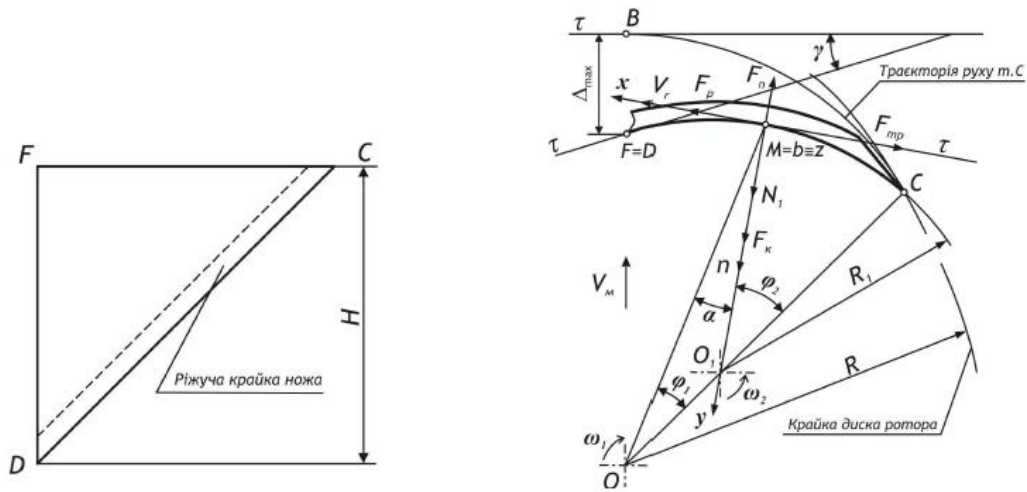


Рис. 1. Траєкторія руху робочих органів фрези

Для обчислення довжини лінії СВ скористаємось формулою:

$$L = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{(x')^2 + (y')^2} dt \quad (2)$$

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ ЧАСТКИ ҐРУНТУ ПО ПОВЕРХНІ НОЖА ПІД ДІЄЮ СИЛ



$$v'_{0y} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi/2} v_0 \cos \alpha \sin \beta d\beta = \frac{2}{\pi} v_0 \cos \alpha. \tag{1}$$

ОБЧИСЛЕННЯ ВІДНОСНИХ ШВИДКОСТЕЙ ЧАСТОК ҐРУНТУ ПО ПОВЕРХНІ НОЖА І АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЇХ РУХУ

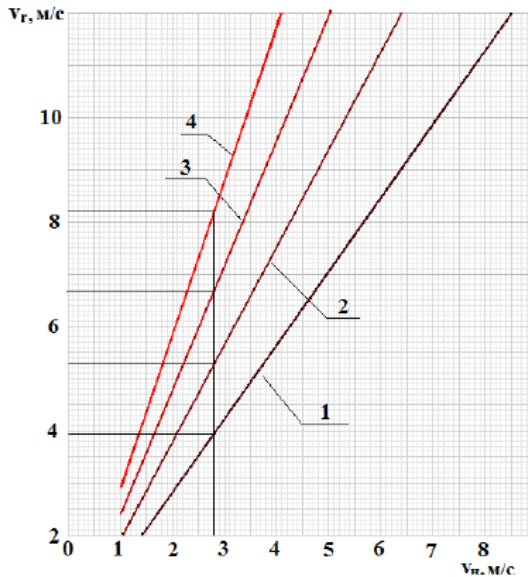


Рис. 1. Зміни відносної швидкості V_r руху т.М в залежності від лінійної швидкості ножа V_n при таких значеннях коефіцієнту тертя: 1 - коефіцієнт тертя $\mu = 0,2$; 2 - коефіцієнт тертя $\mu = 0,4$; 3 - коефіцієнт тертя $\mu = 0,6$; 4 - коефіцієнт тертя $\mu = 0,8$.

$$aV'_r - b \ln|aV'_r + b| = \tilde{S}^1 a^2 - b \ln b. \tag{1}$$

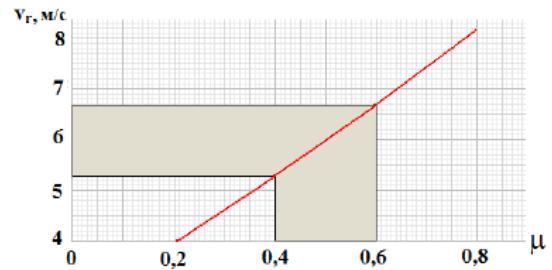


Рис. 2. Зміни швидкості V_r руху т. М по поверхні ножа від різних значень коефіцієнту тертя при лінійній швидкості ножа $V_n = 2,7 \text{ м/с}$ і радіусі ножа $R_1 = 0,097 \text{ м}$.

ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВІДКИДАННЯ ЧАСТКИ ҐРУНТУ НОЖЕМ

Середня дальність відкидання частки ґрунту ножем фрези

Коефіцієнт тертя μ	Відносна швидкість частки ґрунту v_f ($v_f = v_f/v_0$), м/с	Середня дальність відкидання частки ґрунту L , м
0,4	5,22	0,40
0,42	5,35	0,42
0,44	5,49	0,44
0,46	5,63	0,46
0,48	5,77	0,48
0,5	5,91	0,51
0,52	6,05	0,53
0,54	6,20	0,55
0,56	6,34	0,58
0,58	6,48	0,60
0,6	6,63	0,63

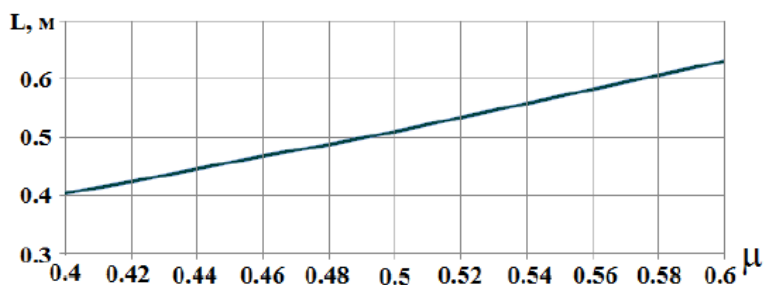


Рис. 1. Залежність середньої дальності відкидання частки ґрунту ножем від коефіцієнту тертя μ

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

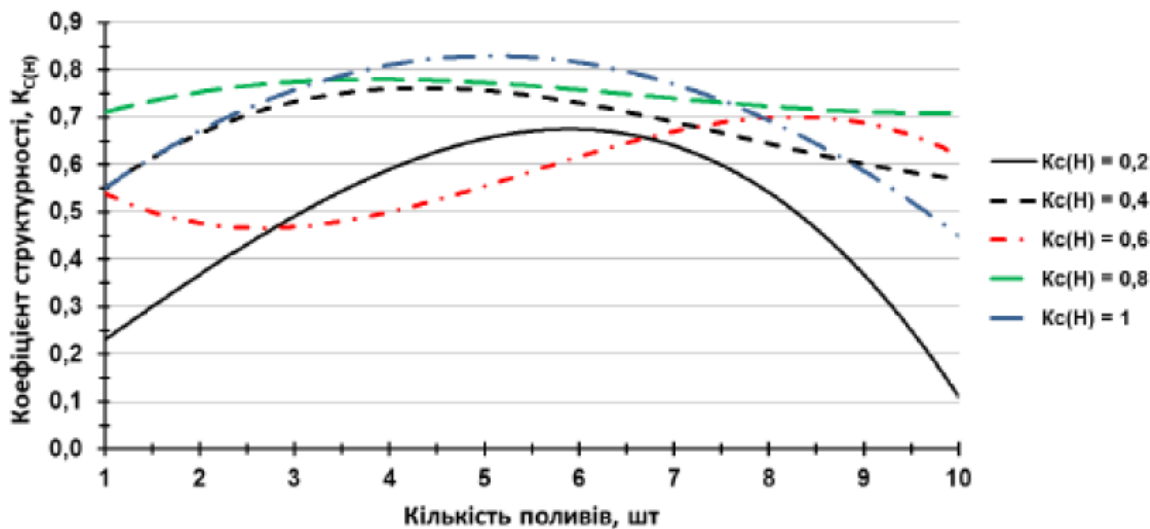


Рис. 1. Зміни коефіцієнту структурності ґрунту $K_{c(H)}$ в залежності від кількості поливів

ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ



Рис. 1. Ножовий ротор фрезерної машини: 1 - ніж; 2 - стійка ножа; 3 - диск

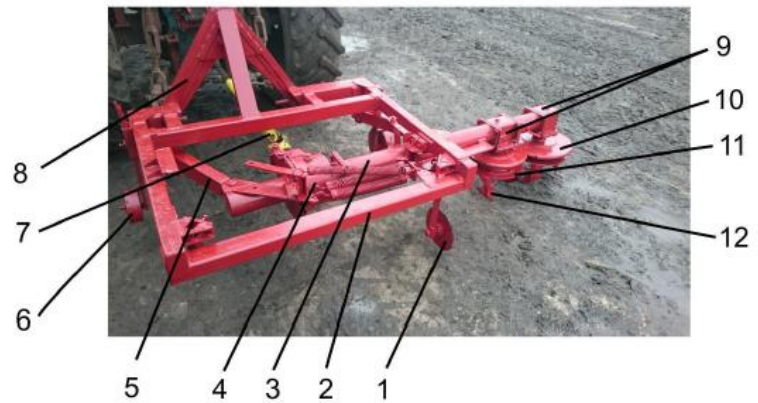


Рис. 2. Загальний вигляд експериментальний зразок фрезерної машини МФ-1М: 1 - дисковий ніж; 2 - рама; 3 - висувна секція; 4 - редуктор; 5 - паралелограмний механізм; 6 - опорно-регулюючі колеса; 7 - карданна передача; 8 - автотчеплення; 8 - кінчні редуктори; 7 - фрезерні ротори; 11 - диски; 12 - ножі

НАУКОВО-ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА



Рис.1. Обробіток ґрунту в пристовбурній смузі фрези МФ-1М з експериментальними робочими органами

ПОРІВНЯЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ФРЕЗЕРНИХ АГРЕГАТІВ

Назва показника	Значення показника		Ступінь зменшення, %
	Фреза ФА-0,76А	Фреза МФ-1М	
Витрати праці, люд-год./га	5,0	4,3	14
Прямі витрати, грн./га	1420,1	1160,2	180,2
Питомі капіталовкладення, грн./га	2260,1	1940,3	140,1
Зведені витрати, грн./га	8080,0	5820,0	280
Економічний ефект, грн./га	-	2260,0	-

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗВО «ІТДУ»
 НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
 ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ
 ІМЕНІ С.З. ГРИЦЬКОГО
 ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ ЛАН»
 ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БОСАЛ УКРАЇНА»

**ХІХ ВСЕУКРАЇНСЬКА
 НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
 СТУДЕНТІВ ТА
 МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ**

«Перші наукові кроки – 2025»

17 квітня 2025 р.



Кам'янець-Подільський
 2025


 Міністерство освіти і науки України
 Ministry of Education and Science of Ukraine
 Вищий навчальний заклад «Подільський державний університет»
 Higher Educational Institution-Podolia State University

 Інженерно-технічний факультет
 Faculty of Engineering and Technology
 Кафедра технічного сервісу і загальноосвітничих дисциплін
 Department of Technical Service and General Technical Subjects
 Варшавський університет природничих наук
 Warsaw University of Life Sciences
 Університет прикладних наук у Тернополі
 University of Applied Sciences in Ternopol
 Кришківський сільськогосподарський університет імені Гуго Коллонга
 University of Agriculture in Krakow
 Державна академія прикладних наук у Холмі
 State Academy of Applied Sciences in Chelm
 Міжнародна академія прикладних наук в Ломжині
 International Academy of Applied Sciences in Lomza
 Інститут механіки та автоматизації агропромислового виробництва
 National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
 Білоруський національний аграрний університет
 Belarusian National Agrarian University

**«Сучасні технології та технічний сервіс:
 виклики і можливості»**
**«Modern Technologies and Technical Service:
 Challenges and Opportunities»**

**ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
 CONFERENCE PROCEEDINGS**

I Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції
 1st International Scientific and Practical Internet Conference



16 жовтня 2025 року
 October 16, 2025
 м. Кам'янець-Подільський
 Kamianets-Podilskyi

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Встановлено, що пристовбурні смуги в плодових насадженнях інтенсивного типу доцільно утримувати під «чорним паром» за допомогою обробітку ґрунту машинами з активними робочими органами, які обертаються навколо вертикальної осі.
2. На підставі даних технічної літератури та інших інформаційних джерел визначено, що експериментальний зразок фрези МФ-1 з вертикальною віссю обертання робочих органів, які виконані у вигляді стрижнів, обробляє ґрунт із забезпеченням коефіцієнта структурно-агрегатного стану 0,53. Це значення за ДСТУ 4362 знаходиться на межі незадовільного стану ґрунту, що не сприяє створенню умов для оптимального проходження біологічних процесів у ґрунті і, як наслідок, відбувається погіршення росту і розвитку плодкових дерев.
3. На підставі математичного моделювання процесу взаємодії робочої поверхні ножа з ґрунтом доведено, що для утворення оптимального структурно-агрегатного стану ґрунту, необхідно застосовувати робочі органи фрези у вигляді ножів, які мають криволінійну поверхню, а також встановлено, що:
 - робоча поверхня ножа має бути лінійчатою у вигляді прямого кругового циліндра з радіусом 0,097 м і максимальною довжиною дуги CF рівною 0,114 м при радіусі роторів 0,176 м їх кутовій швидкості 15,8 рад/с.
 - відстань напрямної CF від траєкторії руху ріжучої крайки ножа має збільшуватись за лінійним законом і встановлюється величиною заднього кута різання $\gamma = 10^\circ$, починаючи з точки С ріжучої крайки ножа;
 - відносна швидкість V_r руху частки ґрунту по поверхні ножа зростає за лінійним законом і на виході з ножа при його лінійній швидкості $V_n = 2,8$ м/с у межах зміни коефіцієнта тертя μ від 0,4 до 0,6у середньому зростає в 2 рази;
 - для забезпечення найкращої якості обробітку ґрунту швидкість руху частинок ґрунту V_r на виході з ножа не повинна бути більшою ніж в 2 рази за лінійну швидкість ножа, для чого частота обертання роторів має бути в межах від 2с^{-1} до 3с^{-1} .
5. Встановлено закономірності змін в агрегатно-структурному складі ґрунту під впливом вегетаційних поливів і доведено, що незалежно від початкового значення коефіцієнта структурності ґрунту для збереження його структурно-агрегатного стану необхідно застосовувати механізований обробіток ґрунту після проведення третього або четвертого поливу, а для початкового коефіцієнту 0,6 – після першого поливу.
6. Лабораторно-польовими дослідженнями експериментального зразка фрези МФ-1М установлено, що максимальне значення коефіцієнту структурності ґрунту 0,7, який відповідає оцінки «добрий» запропонованими ножами досягається при частоті обертання роторів $2,7\text{с}^{-1}$, швидкості руху машино-тракторного агрегату 0,65 м/с та глибини обробітку до 9 см. При цьому значення крутного моменту дорівнює 175,8 Н м, що у 5 разів менше ніж у фрези МФ-1. Коефіцієнт варіації дослідних даних знаходився в межах від 25% до 45%, а похибка – від 2,5% до 4,5%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

7. За результатами науково-виробничої перевірки фрези МФ-1М, швидкість якої знаходилась в межах від 0,5 м/с до 0,7 м/с установлено, що:
 - кількість середньої фракції ґрунту в пристовбурній смузі (розмір ґрунтових агрегатів від 0,25 мм до 10 мм) до обробітку ґрунту в середньому складала 0,51, а після обробітку фрезою дорівнювало 0,70. При цьому щільність ґрунту зменшилась на 76,4% и становила $0,65 \text{ г/см}^3$;
 - полоса, яка оброблялась збільшувалась з однієї сторони в середньому на 14 см (за теоретичними розрахунками 16 см), що не перевищує значень нормативних вимог;
 - знищення бур'янів досягало 90% при щільності рослин 100-120 шт. на 1 м^2 з видаленням їх кореневої системи;
 - заселення гризунами насаджень, пристовбурні смуги яких були оброблені фрезою знизилось в три рази і не перевищувало 2 нори на 10 м^2 ;
 - середнє напрацювання фрези на технічну відмову досягало 500 мото-год., що перевищувало вимоги нормативної документації в 3 рази.
8. Застосування модернізованого зразка фрезерної машини МФ-1М з запропонованими робочими органами надає можливість за рахунок зменшення прямих експлуатаційних витрат заощадити на кожному гектарі оброблюваної площі не менше 2260 грн. в порівнянні з базовим зразком, або 366120 грн./рік при сезонному навантаженні 162 га.

ДОДАТОК Б

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗВО «ПДУ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ
ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ ЛАН»
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БОСАЛ УКРАЇНА»

ХІХ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ ТА МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ

«Перші наукові кроки – 2025»

17 квітня 2025 р.



*Кам'янець-Подільський
2025*



Міністерство освіти і науки України
Ministry of Education and Science of Ukraine
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Higher Educational Institution «Podillia State University»



Інженерно-технічний факультет
Faculty of Engineering and Technology
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін
Department of Technical Service and General Technical Subjects
Варшавський університет природничих наук
Warsaw University of Life Sciences
Університет прикладних наук у Тарнові
University of Applied Sciences in Tarnow
Краківський сільськогосподарський університет імені Гуго Коллонтая
University of Agriculture in Krakow
Державна академія прикладних наук у Хелмі
State Academy of Applied Sciences in Chełm
Міжнародна академія прикладних наук в Ломжі
International Academy of Applied Sciences in Łomża
Інститут механіки та автоматизації агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production of the
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Вінницький національний аграрний університет
Vinnytsia National Agrarian University

**«Сучасні технології та технічний сервіс:
виклики і можливості»**

**«Modern Technologies and Technical Service:
Challenges and Opportunities»**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ CONFERENCE PROCEEDINGS

**I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції
1st International Scientific and Practical Internet Conference**



16 жовтня 2025 року
October 16, 2025

м. Кам'янець-Подільський
Kamianets-Podilskyi

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ФРЕЗЕРНОЇ МАШИНИ

Дикий А.В. – здобувач вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія»
Керівник – канд. техн. наук, доцент Грушецький С.М.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»



Найбільш перспективним способом утримання ґрунту в садах інтенсивного типу є комбінований спосіб, при якому вільна частина міжряддя утримується під задернінням, а пристовбурна смуга – під чорним паром [1, 2]. Також доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в пристовбурних смугах досягається за рахунок застосування робочих органів з вертикальною віссю обертання.

Тому нами була запропоновано схему фрезерної машини, яка містить два ротори 4 з ножами 7 (рис. 1), які обертаються в різних напрямках, обробляють смугу шириною 70 см і розташовані від осі трактора на відстані 200 см, що дає можливість застосування фрези в насадженнях інтенсивного типу.

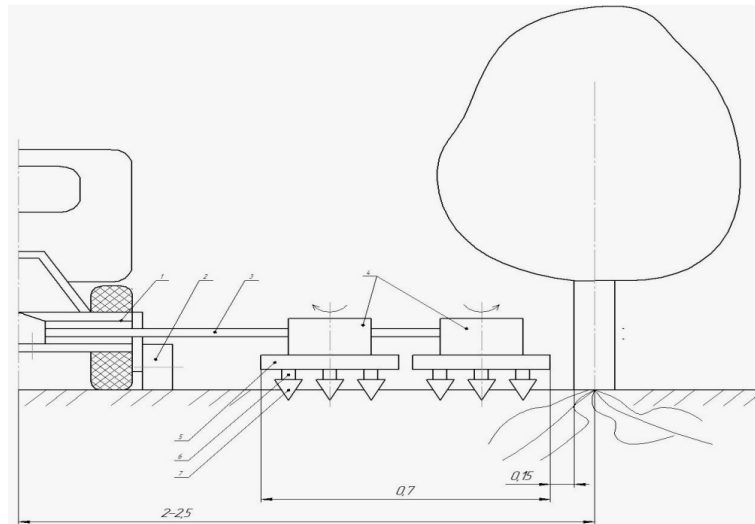


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема фрезерної машини:

1 – рама; 2 – опорне колесо; 3 – привідний вал; 4 – ротори; 5 – диск; 6 – стояк; 7 – ніж

Висновки. Існуючий експериментальний зразок фрези з вертикальною віссю обертання робочих органів забезпечує обробіток ґрунту з коефіцієнтом збереження його структури 0,82, що не сприяє створенню оптимальних умов для проходження біологічних процесів у ґрунті, і, як наслідок, для росту і розвитку плодкових дерев.

Список використаних джерел

1. Цура А.В., Грушецький С.М. Обробіток ґрунту в пристовбурній смугі фрезерною машиною МФ-1М з експериментальними робочими органами. *Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь* : матеріали ІХ Міжнар. наук.-прак. конф., м. Житомир, 5 квіт. 2023 р. Житомир : АТК, 2023. С. 127-129.
2. Грушецький С.М., Овчарук В.І., Замойський С.М., Цура А.В. Експериментальне дослідження в пристовбурній смугі фрезерною машиною МФ-1М. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика*. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.) / НУБІП України, 2023. С. 268-271.



Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Higher Educational Institution «Podillia State University»



СЕРТИФІКАТ

Certificate of Conference Participation

Засвідчує, що / This is to certify that

Андрій Дикий

Взяв(ла) участь / Has participated in the
I Міжнародна науково-практична інтернет-конференція
1st International Scientific and Practical Internet Conference

«Сучасні технології та технічний сервіс: виклики і можливості»
«Modern Technologies and Technical Service: Challenges and Opportunities»

яка відбулася / Held on
16 жовтня 2025 року / October 16, 2025
м. Кам'янець-Подільський / Kamianets-Podilskyi

В.о. ректора
Acting Rector

Алла ІВАНОВСЬКА
Alla IVANOVSKA