

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Удосконалення технології передпосівного обробітку ґрунту**
з розробкою ротаційного пристосування МПР-1,4

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Скрипник М.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Олексюк В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Комар Р.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль

2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Бабій А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Скрипнику Максиму Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології передпосівного обробітку ґрунту
з розробкою ротаційного пристосування МПР-1,4

Керівник роботи Олексюк Василь Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » січня 2023 року № 4/7-35

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи

Вид роботи – комплексний обробіток ґрунту, максимальна подача – 0,1 м,
ширина захвату – 1,4 м, глибина обробітку – 0,2 м, робоча швидкість – 4...6 км/год.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Технологія обробітку ротаційними ґрунтообробними
знаряддями. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки

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

1. Огляд ротаційних ґрунтообробних агрегатів – 1А4. 2. Технологічні схеми ротаційної машини
МПР-1,4 – 1А4. 3. Ротаційна машина МПР-1,4. СК – 1А4. 4. Захисні елементи ротаційного
пристосування – 1А4. 5. Ротор нижній. СК – 1А4. 6. Аналіз напружено-деформованого стану
вала нижнього ротора – 1А4. 7. Деталювання – 2А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання

25.01.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина	02.02.2023 р.	
2	Технологія обробітку ротаційними ґрунтообробними знаряддями	10.02.2022 р.	
3	Проектна частина.	10.05.2023 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	15.05.2023 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки.	01.06.2023 р.	
6	Ілюстративна частина. Специфікації	15.06.2023 р.	

Студент

(підпис)

Скрипник М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Скрипник Максим Володимирович

Тема роботи – «Удосконалення технології передпосівного обробітку ґрунту з розробкою ротаційного пристрою МПР-1,4».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Олексюк Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

Передпосівний весняний обробіток ґрунту є продовженням основного обробітку і виступає останньою ланкою у системі обробітків, яка ґрунтується на використанні сучасних технологій.

Передпосівна обробка поля включає в себе ряд операцій, таких як знищення бур'янів, які вирости протягом зимово-весняного періоду, вирівнювання поверхні поля та створення в розпушеному шарі ґрунту оптимального ложа для насіння. У певних випадках, ці операції також сприяють прискоренню прогрівання ґрунту на необхідну глибину для посіву насіння.

Зазвичай, лемішно-відвальні плуги не забезпечують достатню ступінь роздроблення та перемішування ґрунту, що вимагає проведення додаткового поверхневого обробітку перед посівом. Це призводить до збільшення кількості проходів оброблювального агрегату і негативно впливає на структуру орних шарів, їх щільність та біологічну активність.

Зменшення негативного впливу на ґрунт досягається за допомогою мінімальної обробки, при якій використовуються комбіновані знаряддя, що дозволяють виконувати більше операцій за один прохід агрегату.

На сьогоднішній день широко використовуються комплексні ґрунтообробні агрегати, які здійснюють до шести операцій за один прохід. Це означає, що вони виконують повний цикл робіт з підготовки ґрунту для висіву

зернових, наприклад. Використання таких агрегатів дозволяє скоротити терміни повного циклу обробки ґрунту, що особливо важливо для передпосівного обробітку.

Багатьом вітчизняним господарствам необхідні комбіновані ґрунтообробні агрегати, які б відповідали різноманітним умовам експлуатації. Для цих вимог підходять ротаційні ґрунтообробні машини.

Це гнучкі ґрунтообробні знаряддя, які приводяться в рух від вала відбору потужності і можуть використовуватися для виконання широкого спектра робіт, зокрема для якісної підготовки поля до сівби.

Тому, удосконалення технології передпосівного обробітку ґрунту при використанні ротаційних ґрунтообробних агрегатів є актуальною науково-практичною задачею.

Мета роботи

Основною метою кваліфікаційної роботи є вдосконалення технології передпосівного обробітку шляхом розробки та впровадження ротаційного пристрою МПР-1,4.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Технології передпосівного обробітку ґрунту.

Предмет дослідження. Ротаційний пристрій МПР-1,4

Методи дослідження. Економіко-статистичний, порівняльний, математичного моделювання, теоретико-емпіричний.

Отримані результати:

- проведено аналіз сучасних технологій передпосівного обробітку ґрунту та розглянуто різні технологічні рішення для їх впровадження;
- досліджено особливості передпосівного обробітку ґрунту за допомогою ротаційних агрегатів, а також проведений аналіз їх конструкцій;
- запропоновано конструкцію ротаційної машини для комплексного обробітку ґрунту;
- обґрунтовано конструкцію ротаційної машини МПР-1,4 та проведено необхідні технологічні та конструктивні розрахунки;

- зроблено розрахунки напружено-деформованого стану валу нижнього ротора ротаційної машини, щоб забезпечити його міцність та надійність;
- розроблені відповідні заходи щодо охорони праці та техніки безпеки при використанні ґрунтообробних агрегатів, що дозволить забезпечити безпеку під час роботи з ними.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано удосконалення технології передпосівного обробітку ґрунту, яка передбачає застосування ротаційного пристосування МПР-1,4.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 51, додатки – 4 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 9 арк. формату А4.

Ключові слова: ротаційний пристрій, комбінований ґрунтообробний агрегат, ґрунт, поле, енергетичний засіб, фрезерний барабан.

ЗМІСТ

Вступ	8
1. Оглядова частина	10
1.1 Особливості технології передпосівного обробітку ґрунту	10
1.2 Сучасні технології та вибір техніки для реалізації передпосівного обробітку ґрунту	13
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	17
2. Технологія обробітку ротаційними ґрунтообробними знаряддями	19
2.1 Характеристика умов виконання операцій з обробітку ґрунту ротаційними машинами	19
2.2 Особливості передпосівного обробітку ґрунту ротаційними агрегатами	21
3. Проектна частина	25
3.1 Огляд ротаційних ґрунтообробних агрегатів	25
3.2 Обґрунтування конструкції ротаційної машини МПР-1,4	28
3.3 Обґрунтування параметрів ротаційної машини МПР-1,4	32
3.3.1 Технологічні та конструктивні розрахунки	32
3.3.2 Розрахунок ширини захвату робочих органів	36
3.4 Аналіз напружено-деформованого стану вала нижнього ротора	40
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	43
4.1 Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її виконанні	43
4.2 Аналіз стану безпеки праці та організація контролю за її дотриманням при роботі з ґрунтообробними агрегатами	44
Загальні висновки	47
Перелік посилань	49
Додатки	51

ВСТУП

Встановлення сільськогосподарського виробництва на індустріальну базу, широке використання сучасних машин як вітчизняного, так і закордонного виробництва, а також комплексна механізація землеробства є важливими умовами успішного розквіту сільськогосподарського сектору. В Україні були розроблені передові комплекси машин для сільського господарства, які дозволяють використовувати комплексну механізацію в рослинництві. Головною ланкою в такій системі машин є ґрунтообробні машини, які проводять механічне оброблення ґрунтів, таке як оранку, дискування, глибоке розпушування, лушпіння, культивацію, боронування, прикочування і т. д.

Метою проведення перерахованих операцій з обробітку є збереження і поліпшення родючості ґрунтів, зберігання вологості в них і боротьба з бур'янами. Ефективне виконання механічних обробітків ґрунту є важливими резервами для збільшення врожайності великої кількості сільськогосподарських культур.

Передпосівний весняний обробіток ґрунту є продовженням основної обробки і він виступає останньою ланкою у системі обробітків, яка ґрунтується на використанні сучасних технологій.

Передпосівна обробка поля включає в себе ряд операцій, таких як знищення бур'янів, які вирости протягом зимово-весняного періоду, вирівнювання поверхні поля та створення в розпушеному шарі ґрунту оптимального ложа для насіння. У певних випадках, ці операції також сприяють прискоренню прогрівання ґрунту на необхідну глибину для посіву насіння.

Вибір способу, інструментів, термінів та кількості проведених операцій залежить від числа факторів, таких як кількість бур'янів на полях і ступінь їх розвитку, вологість ґрунту, погодні умови і механічні властивості ґрунту в певній мірі.

У деяких випадках, лемішно-відвальні плуги не забезпечують достатню ступінь роздроблення та перемішування ґрунту, що вимагає проведення

додаткового поверхневого обробітку перед посівом. Це призводить до збільшення кількості проходів оброблювального агрегату і негативно впливає на структуру орних шарів, їх щільність та біологічну активність. У такому разі загальні витрати енергії, праці та грошей збільшуються.

Найважливіше місце серед всіх агрегатів для обробки ґрунту займають машини, які використовуються для передпосівного обробітку ґрунту. Лише за допомогою високопродуктивних агрегатів можна якісно і ефективно виконувати технологічні операції передпосівного обробітку ґрунту. Великий відсоток таких агрегатів складають комбіновані ґрунтообробні машини і ротаційні ґрунтообробні машини. Якість обробки ґрунту з використанням цих агрегатів має великий вплив на родючість ґрунту та загальну урожайність сільськогосподарських культур.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Особливості технології передпосівного обробітку ґрунту

Передсівбова підготовка ґрунту є важливою процедурою, яка створює оптимальні умови для успішної посівної кампанії та вирощування сільськогосподарських культур. Якісне проведення боронування, культивації та прикочування (в залежності від вибраної агротехнології) допомагає розпушити ґрунт та надати йому необхідну зернисту структуру. Це сприяє збереженню вологості, забезпечує високу якість засівного матеріалу, добрий фітосанітарний стан поля, а також гарну аерацію та рівномірне прогрівання [12]. Важливо зазначити, що глибина обробітку повинна відповідати глибині, на якій здійснюється посівна дія при сівбі.



Рисунок 1.1 – Проведення передпосівного обробітку ґрунту

Весняну підготовку ґрунту проводять після фізичної стиглості, коли сніг розтане. Фізична стиглість означає оптимальний рівень вологості, при якому ґрунт легко розпадається і не прилипає до обробних інструментів. Це дає найкращі результати при мінімальних зусиллях.

Дуже важливо зменшити період між весняною обробкою і сівбою, щоб уникнути втрати ґрунтової вологи [12].

Правильна підготовка ґрунту виконує кілька важливих завдань, включаючи:

- підтримку належного рівня ґрунтової вологості;
- остаточне подрібнення рослинних решток та їх змішування з ґрунтом згідно з вибраною технологією;
- вирівнювання поверхні поля, щоб забезпечити рівномірну посадку сіянців;
- оптимальне внесення мінеральних добрив;
- роздроблення ґрунту та його розпушення, щоб створити сприятливі умови для проростання насіння;
- знищення бур'янів і збереження їх підконтрольного росту.

Внаслідок якісного виконання цих операцій, утворюється дрібно комковатий шар, що є результатом розпушення ґрунту. Цей шар забезпечує збереження вологості, забезпечує високу однорідність розсіювання насіння та сприяє створенню сприятливих умов для росту рослин з фітосанітарної точки зору. Важливо, щоб поле було чистим, з оптимальним співвідношенням води, повітря та температури, та задовольняло потреби рослин в живленні відповідно до їх біологічних вимог [9].

Система та глибина передпосівної обробки залежать від таких факторів, як гранулометричний склад ґрунту, ступінь забрудненості полів, вид сільськогосподарських культур та період сівби.

Початок робіт з передпосівної обробки ґрунту припадає на момент фізичної стиглості ґрунту. Запізнення з цим процесом, особливо на легких ґрунтах, може спричинити значні втрати вологості, швидке висихання ґрунту та

суттєве зниження врожайності. З іншого боку, обробка ґрунту перед досягненням фізичної стиглості може призвести до надмірного зволоження та прилипання ґрунту до робочих частин агрегату.

Передпосівний обробіток може включати наступні етапи [9,12]:

Оранка. Цей етап виконується в районах з надлишковим зволоженням. Він має позитивний вплив на вирощування просапних культур і в поєднанні з ґрунтозаглибленням або рихленням в підзолистих зонах. При необхідності також може проводитись зароблення органічних добрив.

Боронування та шлейфування. Дії з боронування та шлейфування розпочинають, як тільки сніговий покрив зійде. Вибір знарядь залежить від таких факторів, як запливання та ущільнення ґрунту, наявність глиб та крупних комків, гребенистість поверхні та утворення кірки. Зазвичай для цих робіт використовують дискові борони з глибиною обробітку 6-10 см. Збільшення глибини може спричинити засміченість полів, оскільки підняті з глибоких шарів насіння бур'янів може потрапити на поверхню.

Культивація. Культивація проводиться через 1-3 дні після ранньовесняного боронування. Глибина та кількість проходів по полю залежать від декількох факторів, таких як механічний склад ґрунту, характер попередньої обробки, рівень зволоженості, тип культури (рання або пізня). Для деяких рослин цей етап може бути відсутнім, але в більшості випадків, особливо для пізніх ярів, проводяться як мінімум дві культивациї. Ці роботи виконуються за допомогою агрегатів зі стрілочастими підрізаючими лапами, які дозволяють поряд із знищенням бур'янів якісно розпушити верхні шари ґрунту. Лапа культиватора створює стисле ложе для насіння і рівномірно розпушує верхній шар ґрунту, що сприяє ефективному вкладенню посівного матеріалу та його однорідному проростанню.

Прикочування. Після інтенсивної обробки поверхню ділянки вирівнюють за допомогою котків, які розгладжують верхній шар ґрунту, розбивають комки та глиби, вдавлюють крупне каміння і сприяють збереженню необхідної вологості для рівномірного проростання рослин.

Внесення мінеральних добрив. Під час посіву пізніх ярів застосовують мінеральні добрива. В цьому випадку рекомендується до використання повні або складні добрива, зокрема нітроамофоску, нітрофоску або амофосфат. Цей метод підживлення є не лише екологічно безпечним, але й економічно вигідним. Для зернових культур мінеральні речовини вносять на глибину 5-12 см, а для просапних культур - до 20 см. Це можна здійснити за допомогою прямосівальної сівалки, зернотукової сівалки або рослинорозпушувача-культиватора, для забезпечення контакту кореневої системи з поживними речовинами.

Застосування гербіцидів. Відбір препаратів та строків застосування здійснюється з урахуванням спектру дії, вибіркової і особливостей вирощуваних рослин та бур'янів. В системах основних обробітків зябу для знищення багаторічних кореневих та паросткових бур'янів використовуються гліфосати. Грунтово-діючі засоби вносяться під час передпосівної культивації, обов'язково застосовуючи загортання препаратів. Передпосівне застосування гербіцидів у поєднанні з основними операціями землеробства забезпечуватиме успішний спосіб боротьби зі шкідливими рослинами.

1.2 Сучасні технології та вибір техніки для реалізації передпосівного обробітку ґрунту

Вибір оптимальної технології передпосівного обробітку ґрунтів здійснюється з враховуючи природно-кліматичні умови регіону, особливості ділянки, фінансові можливості аграріїв та наявності необхідної агротехніки. Застосовуються такі системи передпосівного обробітку [9,12]:

Традиційна система. Включає повноцінну оранку поля з повним обертанням пласта. Під час цієї системи поверхня ріллі стає повністю чистою, а рослинні залишки заробляються на глибину до 30 см. Такий підхід створює

оптимальні умови для одночасного пророщування насіння завдяки хорошему дренажу та розподілу мінеральних речовин у орному шарі. У цій системі полицеві агрегати не чинять тиск на ґрунт, а також можна вносити високі норми органічних та мінеральних добрив. Таким чином, оптимізується використання та витрати хімічних захисних засобів.

Недоліком цієї системи є формування щільної ґрунтової підшви, яка перешкоджає проникненню вологи до нижніх шарів ґрунту. У районах, де часто виникають проблеми з пересиханням та ерозією, рекомендується уникати використання такої системи, а додатково, щонайменше раз на 3-4 роки, проводити процедуру рихлення. Для оптимізації роботи сільськогосподарські виробники застосовують комбіновані ґрунтообробні агрегати. Для прикладу, важкі зубові борони можуть одночасно виконувати кілька операцій, таких як розпушування, боронування, вирівнювання, збереження вологи та підживлення. При застосуванні традиційної оранки варто враховувати, що регулярне глибоке оброблення може призвести до зниження родючості ґрунту через втрату гумусу.

Мінімальна (Mini-till). Ця система передпосівного обробітку ґрунту включає поверхневу обробку за допомогою дискового обладнання, під час якої рослинні залишки рівномірно змішуються з ґрунтом на глибину до 18 см. Цей процес сприяє максимальній структуризації верхнього шару ґрунту, збереженню органічних речовин і гумусу без втрати водопроникності та повітропроникності. Органічні залишки також швидше мінералізуються. Застосування комбінованих агрегатів з великою шириною захвату дозволяє одночасно виконувати обробку ґрунту та внесення насіння та добрив. Однак, слід зазначити, що застосування важкої техніки може призводити до ущільнення ґрунту, що не дозволяє використовувати традиційні сівалки. Тому перед посівом необхідно вирівнювати ділянку, а після посіву провести прикочування. Ця система є ефективною для регіонів зі зниженою вологоутримуючою здатністю. Вона дозволяє економити фінансові та енергетичні ресурси.

Стрічкова (Strip-till). У методі Strip-till поле обробляється у вузьких смугах на глибину до 17 см після збирання попереднього врожаю. Висівання проводиться осінню або навесні на підготовлених смугах. Цей підхід знищує ущільнені шари ґрунту, створюючи однакові умови для рослин у кожному рядку або грядці. Він також дозволяє посівати навіть на занадто вологих ділянках з великою кількістю рослинних залишків. Міжряддя залишаються збереженими з достатньою кількістю вологи, що дозволяє вносити мінеральні добрива у вигляді смуг. Цей метод є особливо ефективним на малородючих ґрунтах з обмеженою орною глибиною. Його успішна реалізація передбачає попереднє вирівнювання мікрорельєфу та кислотності поля, а також наявність потужної спеціалізованої техніки в господарстві.

Нульова (No-till). Метод No-till включає сівбу культури без попередньої обробки ґрунту за допомогою спеціальних сівалок прямого посіву. Відсутність механічних втручань та забезпечення мінімальної кількості проходів важкими машинами по полю суттєво зменшують енергетичні та фінансові витрати на вирощування. Головною перевагою нульової обробки є збереження вологи та обмеження її випаровування завдяки рослинним залишкам на полі, які виступають в ролі мульчі та запобігають явищам ерозії та перегріванням ґрунту. Однак, обмежений механічний вплив також призводить до збільшення ризику появи бур'янів, розвитку грибкових захворювань та пошкодження рослин шкідниками, які можуть комфортно зимувати у рослинних залишках. Це вимагає використання витратних гербіцидів та ефективних комплексних засобів захисту рослин.

Системи обробітку ґрунту поєднують різноманітні заходи для створення оптимальних умов для сівби та вирощування рослин.

Схема обробки може включати наступні етапи:

Основний обробіток (забовий або глибокий). Цей етап здійснюється восени і передбачає значні зміни у структурі ґрунту.

Передпосівна підготовка. Цей етап здійснюється безпосередньо перед висіванням або висадкою культур на ділянках.

Післяпосівний обробіток – проводять після висівання або висаджування рослин.

Ці заходи використовуються для створення оптимальних умов для успішного розвитку рослин та врожайності.

Глибокі зябові обробітки мають значні переваги, оскільки дозволяють уникнути сильного забруднення ділянки. Такий обробіток зберігає та утримує вологу в ґрунті, створюються сприятливі умови для висівання ранніх і пізніх культурних рослин. Крім того, ефективно нищаться бур'яни, шкідники та хвороботворні організми, а також зменшується навантаження на сільськогосподарську техніку.

Під час проведення передпосівного обробітку ґрунту, важливо враховувати основні принципи агротехнології. Неправильні дії можуть призвести до укладання насіння культур у недостатньо зволожені шари, що уповільнює проростання пагонів та викликає зниження схожості. Крім того, погана аерація, формування кірки та інші фактори, що можуть негативно вплинути на схожість, потребуватимуть виправлення за допомогою правильних методів передпосівної підготовки.

Основними помилками, які часто робляться під час підготовки поля, є [12]:

Використання важких знарядь для обробки ділянки. Використання важких дискових борін великою шириною захвату може призводити до вирушування великих пластів ґрунту, що призводить до втрати вологи, гумусу та поживних речовин. Рекомендується використовувати важкі дискові борони тільки в поєднанні з вирівнюючим катком на ділянках, де вже була проведена осіння обробка. За правильного використання, дискові борони створюють оптимальні умови для вирощування ярих культур.

Велика кількість проходів. Часті проходи засобами з обмеженою шириною захвату вимагають більше часу для завершення робіт, що призводить до збільшення амортизаційних витрат та витрат палива і мастильних матеріалів. Замість цього, можна застосовувати глибоке дискування, яке дозволить

прискорити роботи і зберегти структуру верхніх шарів ґрунту. Для підвищення ефективності рекомендується використовувати легке обладнання, яке замінить глибоку обробку поверхневою або середньою.

Пізні терміни виконання осінньо польових робіт. У деяких випадках господарства відкладають виконання осінніх робіт, змушені не обробляти ділянку після жнив і залишати на ній рослинні залишки. Це можливо завдяки використанню сівалок прямого посіву. В інших випадках, коли відмовляються від осінніх робіт і поєднують їх з весняним обробітком, це призводить до швидкого поширення бур'янів у період посіву.

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

В даний час використовуються різноманітні методи передпосівних обробітків ґрунтів. Проте, не всі з них повністю задовольняють вимоги отримання високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культурних рослин за мінімальних енергетичних витрат. Для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, яке включає збільшення врожайності культур, зменшення енерговитрат і собівартості продукції, необхідно застосовувати науково обґрунтовані системи обробітку ґрунту.

Використовуючи одноопераційні знаряддя і машини з багатократними проходами складається ситуація, що призводить до зниження природної родючості ґрунту, суттєво змінює його агрофізичні властивості та порушує біологічні процеси. Зменшення негативного впливу на ґрунт досягається за допомогою мінімальної обробки, при якій використовуються комбіновані знаряддя, що дозволяють виконувати більше операцій за один прохід агрегату.

Все більше уваги приділяється енергоощадним технологіям, які спрямовані на ефективне використання енергетичних ресурсів. Один зі способів впровадження енергоощадних технологій передбачає використання комплексних багатоопераційних агрегатів.

Застосування багатоопераційних агрегатів має такі переваги:

- покращується завантаження тракторів за тягою, особливо при поєднанні низькоенергетичних операцій з енергоємними, для прикладу, внесення добрив з передпосівними розпушуваннями ґрунту.

- зменшується кількість проходів трактора на полі як головної частини агрегату, що сприяє зменшенню ущільнення ґрунту, його розпушуванню та ерозії.

- в більшості випадків зменшуються витрати праці на оброблювальну площу порівняно з виконанням тих самих технологічних операцій за допомогою спеціалізованих агрегатів.

На сьогоднішній день широко використовуються комплексні ґрунтообробні агрегати, які здійснюють до шести операцій за один прохід. Це означає, що вони виконують повний цикл робіт з підготовки ґрунту для висіву зернових, наприклад. Використання таких агрегатів дозволяє скоротити терміни повного циклу обробки ґрунту, що особливо важливо для передпосівного обробітку. Крім того, це зменшує ущільнення ґрунту від коліс агрегатів, скорочує витрати палива та питому металомісткість агрегату на одиницю обробленої площі порівнюючи з використанням окремих одноопераційних агрегатів. Варто зазначити, що якість остаточної обробки ґрунту не лише не погіршується, а навпаки, покращується.

Багатьом вітчизняним господарствам необхідні комбіновані ґрунтообробні агрегати, які б відповідали різноманітним умовам експлуатації. Для цих вимог підходять ротаційні ґрунтообробні машини. Ротаційні культиватори з потужними зубчастими дисками виступають як робочі органи. Це гнучкі ґрунтообробні знаряддя, які приводяться в рух від вала відбору потужності і можуть використовуватися для виконання широкого спектра робіт, зокрема для якісної підготовки поля до сівби.

Тому, для удосконалення технології передпосівного обробітку ґрунту в рамках кваліфікаційної роботи бакалавра, ми плануємо впровадження ротаційних ґрунтообробних агрегатів.

2. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБІТКУ РОТАЦІЙНИМИ ГРУНТООБРОБНИМИ ЗНАРЯДДЯМИ

2.1 Характеристика умов виконання операцій з обробітку ґрунту ротаційними машинами

Лемішно-відвальні знаряддя не завжди можуть забезпечити необхідну якість подрібнювання та перемішування ґрунтів, що вимагає додаткового поверхневого обробітку перед сівбою. Це призводить до зростання числа проходжень агрегату і має негативний вплив на структуру орних шарів, їх щільність та здатність до біологічної активності. Таким чином, використання ротаційних ґрунтообробних машин є результатом пошуків нових методів підготовки ґрунту.

Використання цих машин дозволяє досягти економічної ефективності обробітку ґрунту завдяки досягненню кращого змішування, подрібнення та зменшення розмірів ґрунтових брил. Це призводить до збільшення врожайності, зокрема випадку ячменю, на 11,4% , зеленої маси кукурудзи на 16% та зеленої маси соняшника на 10,4% [10,11,12].

Метод ротаційного обробітку ґрунту полягає у послідовному відрізуванні та відкиданні стружки ґрунту за допомогою обертального руху фрезерного барабана та поступального руху вздовж поверхні ґрунту. Цей процес сприяє змішуванню різних шарів ґрунту та їх розділенню: великі грудки опускаються нижче, а дрібніші грудки розташовуються у верхньому шарі.

Ротаційний обробіток ґрунту характеризується постійною глибиною обробки, меншою кількістю видимих гребенів, більшою повітропроникністю обробленого шару та вищою якістю розпушування на всю глибину, порівняно з плуговим обробітком [9].

Ротаційні машини не лише забезпечують обробку ґрунту з необхідним ступенем розпушення, а також проводять його сепарацію та укладання по шарах за допомогою спеціального пристрою. Це сприяє збільшенню пористості

розпушеного ґрунту на 25-30%, що сприяє кращому збереженню вологості у ньому порівняно з несепарованим ґрунтом. Наприклад, чорноземи, оброблені плугами на глибину 25 см, мають аналогічний вміст пор, що й сепаровані шари товщиною 17 см. Підвищене значення пористості ґрунтів зменшує їх збиття, полегшує фільтрацію та сприяє росту навіть при недостатній вологості.

Фрезерування зі збереженням стерні на поверхні поля полягає у розпушенні ґрунту на глибину 25-27 см. Після такої обробки формується розпушений шар ґрунту, який знаходиться під товщею верхнього шару товщиною 5-6 см. Цей розпушений шар виявляє високу біологічну активність. Наприклад, після звичайної оранки число азотоутворюючих бактерій у верхньому шарі орного горизонту складає 30,7 на 1 грам ґрунту, тоді як при безвідвальному обробітку ця кількість становить 32, а при фрезерному обробітку – 51,7. Число активних бактерій зменшується зі зростанням глибини обробітку. Проте, при фрезерному обробітку їх кількість збільшується, що є найбільш сприятливим для росту рослин [11,12].

Наявність поверхневих стерньових решток сприяє поліпшенню утримання снігу та зменшенню втрат родючого шару ґрунту весною. Це призводить до постійного підвищення врожайності на кілька центнерів порівняно зі звичайним методом обробітку. Крім того, такий підхід зменшує витрати праці на 30%.

Ротаційні машини дозволяють досягти кращого змішування добрив з ґрунтом, що значно покращує ефективність їх застосування. Наприклад, після проходу фрезерних картоплесаджалок, аерація ґрунтових гребенів на вищому рівні, ніж після проходження звичайних картоплесаджальних агрегатів. У весняний період, після ротаційного обробітку, температура ґрунту підвищується на $1,5-2^{\circ}\text{C}$, що має особливе значення для проростання картопляних бульб. Рослини, посаджені за допомогою ротаційних машин, сходять на 3-4 дні раніше, ніж ті, що були посаджені звичайними машинами.

Основна перевага фрезерних обробітків полягає у здатності створювати дрібні грудкові структури гребенів. Після випадання опадів не спостерігається

інтенсивного утворення кірки на поверхні ґрунту.

Фрезерна обробка міжрядь просапних культур характеризується сталою глибиною, меншим значенням гребенистості, ширшою захисною зоною, а також забезпечує краще і якісніше розпушування ґрунту на всю глибину обробітку, а також нанесення рідких і гранульованих добрив.

2.2 Особливості передпосівного обробітку ґрунту ротаційними агрегатами

Ротаційні борони є найпростішими ротаційними інструментами, які використовуються для поверхневого обробітку ґрунту. Вони складаються з легких агрегатів з агресивними робочими органами і можуть працювати на глибину до 6 см. Ротаційні борони успішно застосовуються як для обробітку міжрядь, так і для загального розпушення ґрунту та видалення пророслих бур'янів [1,9].

З іншого боку, ротаційні культиватори менш поширені в українському сільському господарстві. Ротаційний культиватор є покращеною версією ротаційної борони зі значно більшою глибиною обробітку, яка в окремих моделях може досягати 20 см. Його можна розглядати як розширену версію ротаційної борони з посиленою конструкцією, більшими діаметрами валів і загартованими зубцями. Ротаційні культиватори мають надійні зубці з агресивним кутом атаки, які глибоко проникають у ґрунт і автоматично підтримують необхідні робочі глибини.

В ротаційних культиваторах, як робочі органи, використовуються потужні зубчасті диски. Ці гнучкі ґрунтообробні інструменти приводяться в рух від вала відбору потужності і можуть виконувати різноманітні роботи, зокрема якісну підготовку поля перед посівом.

Наприклад, для роботи на важких ґрунтах, покритих рештками врожаю,

необхідні ротаційні культиватори з більш агресивними зубцями. З іншого боку, на легких, але кам'янистих ґрунтах можна використовувати ротаційний агрегат з менш агресивними зубцями, які допомагатимуть закладати камені у ґрунт.

Навіть тверді, важкі ґрунти можуть бути легко розпушені ротаційним культиватором, одночасно ефективно здійснюючи перемішування ґрунту із соломою. Великий проміжок між зубцями запобігає їх забиванню, що є одним із важливих критеріїв вибору таких агрегатів.

Поміж інших застосувань, ротаційні культиватори добре застосовувати для підготовки ґрунту перед осіннім посівом озимих зернових та озимого ріпаку. Зважаючи на сучасні кліматичні умови і традиційні методи обробки полів для цих культур, багато сільськогосподарських виробників прагнуть звести до мінімуму втрати вологості та зекономити паливо.



Рисунок 1.2 – Проведення передпосівного обробітку ґрунту ротаційними знаряддями

З урахуванням цього, пшеницю можна посівати, наприклад,

безпосередньо в стерню або після використання дискового луцильника. Останній метод дозволяє закрити вологу і роздрібнити поживні рештки попередньої культури.

Проте, таке важливе завдання, як боротьба з бур'янами під час дискових обробітків ґрунту, залишається невирішеним. Навпаки, дискове оброблення поля сприяє проростанню кореневищ уже пророслих бур'янів, подрібнюючи їх. Тому провідні виробники ґрунтообробних агрегатів рекомендують виконувати два дискових обробітки поля. Після першого проходу дисковим агрегатом потрібно зачекати два-три тижні, поки проростання бур'янів спровоковане першим обробітком знищиться, і тоді провести ще один механічний засіб боротьби з бур'янами. Проте забезпечити таку тривалу підготовку ґрунту під озимі культури не завжди є реальним, оскільки агрономи часто намагаються виконати посів у вологий ґрунт, пристосовуючи його під дощ. З цим можуть виникнути проблеми, і доведеться застосовувати додаткові заходи для боротьби з бур'янами, використовуючи дорожчі гербіциди в більшій кількості.

У порівнянні з дисками, передпосівний ротаційний обробіток ґрунту має кілька переваг. Використання агресивних зубчастих дисків дозволяє буквально розмелювати верхні шари ґрунту, розбивати грудки, подрібнювати соломку та витягувати пророслі бур'яни з коренем. Завдяки наявності різноманітних котків та борінків, після проходу цих агрегатів на полі залишається ідеальна поверхня для сівби, вільна від бур'янів [1,10].

Таким чином, фермер може здійснити сівбу спокійно та якісно, маючи впевненість в тому, що протягом певного періоду сходи рослин не будуть сильно конкурувати зі смітними рослинами.

Зрозуміло, що така технологічна схема має певні недоліки, оскільки глибокий обробіток ґрунту перед посівом озимих культур може мати негативні наслідки в умовах посушливості. Проте, ротаційні культиватори можна налаштувати на менші глибини і обробляти лише верхній шар ґрунту.

Так само ефективним може бути ротаційний обробіток ґрунту при допомозі потужного агрегата навесні, для передпосівного обробітку. Після

досягнення фізіологічної готовності ґрунту можна пройти по полю на глибину 10 см і глибше, щоб ефективно боротися з бур'янами та якісно розпушити землю. Крім того, це може бути оптимальний час для внесення мінеральних добрив, які будуть розташовані в ґрунті на рівні розвитку первинної кореневої системи рослин.

Якщо говорити про це у широкому контексті, ротаційний обробіток ґрунту сьогодні стає все більш важливим у вітчизняному сільському господарстві. Це обумовлено, зокрема, складними кліматичними умовами, які провокують регулярне утворення кірки на поверхні ґрунту навесні, особливо в посівах озимих культур. Вчасна руйнуція цієї кірки та розпушування ґрунту надають можливість швидко і економічно поліпшити розвиток рослин, сприяючи кращому доступу кореневої системи до вологи та повітря.

Також не менш важливим є механічне знищування бур'янів, яке можна проводити як у міжряддях, так і на незасіяній ділянці. Легкі ротаційні борони використовуються для поверхневого обробітку недавно засіяних полів на мінімальні глибини, щоб видалити сміття та небажані рослини з поверхні.

Ротаційні культиватори є високопродуктивними машинами, які можуть бути надзвичайно корисними для обробітку великих площ перед посівом, забезпечуючи оптимальні агрономічні характеристики.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1 Огляд ротаційних ґрунтообробних агрегатів

Ротаційні ґрунтообробні агрегати можна класифікувати за способом агрегування з тракторами на причіпні, навісні та самохідні. Залежно від конструкційного оформлення і розташування, вони можуть бути розміщені в передній, задній або центральній частинах енергозасобу. Деякі культиватори мають ешелонне розташування робочих секцій, але найпоширенішими є ротаційні агрегати з заднім розташуванням секцій [12].

Культиватор ротаційний Bomet шириною захвату від 2,5 до 4,0 м.

Пропонується чотири різних варіанти ротаційних культиваторів: для тракторів потужністю 125 к.с. з шириною захвату 2,5 і 3,0 метри. Ці агрегати є ідеальними рішеннями, оскільки вони поєднують стійкість і легкість в одному. Для тракторів потужністю 165 к.с. оптимальним вибором є навісні дискові борони з шириною захвату 3,5 і 4,0 метри.

Ці культиватори використовуються для обробітку ґрунту після проведення оранки і для висівання культур на мульчованих і розріджених ґрунтах. Стійка TUZ підтримує велику робочу ширину, що дозволяє передавання необхідної потужності. Рухомі диски, які мають нижні гакоподібні стержні категорії 2 і 3 забезпечують отримання оптимального вирівнювання при нерівній поверхні ґрунту між енергозасобом і навісною частиною.

Завдячуючи міцній і високорозміщеній коробці передач, ротаційні культиватори володіють високою стійкістю. Касетні прокладки виконують захисну функцію, захищаючи машину від пилу, вологи та бруду, що продовжує термін її служби. Залежно від потрібного рівня розпушення ґрунту, центральна коробка передач дозволяє регулювати швидкості обертання дисків шляхом переставляння зубчастих валів, які встановлені в ній. Бічні дефлектори виконують подвійну функцію: вони служать як захист перед загрозою та є

бічним обмежувачем від оброблюваного ґрунту і земельних брил. Вони забезпечують рівномірну обробку поля і запобігають утворенню нерівностей при кожному наступному проході. У робочому положенні дефлектор повинен завжди знаходитися в контакті з поверхнею поля, щоб уникнути його пошкодження та не обмежувати його функцію. Оптимальна глибина заглиблення дефлектора становить приблизно 10 мм.



Рисунок 3.1 – Культиватор ротаційний Bomet

Основними перевагами цих сільськогосподарських машин є їх практичність, простота в обслуговуванні, швидке комплектування з трактором та висока якість підготовки ґрунту для посіву. В стандартному комплекті входить трубчастий каток або каток rascker, або трубчастий вал і гідропак.

Завдяки широкому проміжку між зубцями, навіть великі об'єми рослинних залишків та ґрунтових брил легко проходять без будь-яких труднощів. Коробка передач виготовлена з міцної конструкції, що забезпечує їй високу міцність та стійкість під час тривалих навантажень.

Ротаційна борона LEMKEN ZIRKON

Для досягнення оптимальної передпосівної підготовки ґрунту, ротаційна борона Zirkon від ЛЕМКЕН є чудовим варіантом, оскільки має високі робочі характеристики. Незалежно від того, чи потрібно поверхневий, швидкий і великий обробіток, чи глибокий і інтенсивний, зручно вибирати необхідні параметри обробки ґрунту. Достатньо просто налаштувати величину глибини обробки, частоту обертання роторів, положення зубів і швидкість руху, щоб досягти бажаного результату.



Рисунок 3.2 – Ротаційна борона LEMKEN ZIRKON

Ротаційні борони Zirkon виконують інтенсивне перемішування та подрібнення ґрунту на робочі глибини до 15 см. Завдяки активним робочим органам, вони здатні створювати оптимальне посівне ложе фактично за будь-яких умов ґрунту, навіть при ущільнених, сухих або важких ґрунтах.

Ротаційна борона ЛЕМКЕН Zirkon повністю задовольняє високі вимоги, що ставляться сучасними сільськогосподарськими підприємствами. Вони відрізняються тривалим терміном служби, підходять як для традиційного, так і для консерваційного обробітку ґрунту, і доступні як з задньому, так і з

фронтальному варіанті навішування.

Ротаційні борони Zirkon доступні в різних модифікаціях з різними ширинами захвату.

Zirkon 8: Ця навісна модель має мінімальну конфігурацію і ширину захвату від 2,5 до 4 метрів. Вона є простим навісним знаряддям.

Zirkon 12: Ця високопродуктивна навісна ротаційна борона також проста в управлінні. Вона доступна з шириною захвату 3 або 4 метри.

Zirkon 12K: Ця навісна ротаційна борона може гідравлічно складатися та поєднуватися з сівалкою Солітер 9К. Вона має ширину захвату від 4 до 6 метрів і може складатися до ширини транспорту 3 метри.

Zirkon 12 KA: Це напівнавісна ротаційна борона, яка використовується в поєднанні з навісними пневматичними сівалками. Вона має ширину захвату від 4 до 6 метрів.

Ці різноманітні моделі ротаційних борін Zirkon задовольняють різні потреби і пропонуються з різною шириною захвату для вибору оптимального рішення для кожного виробничого завдання.

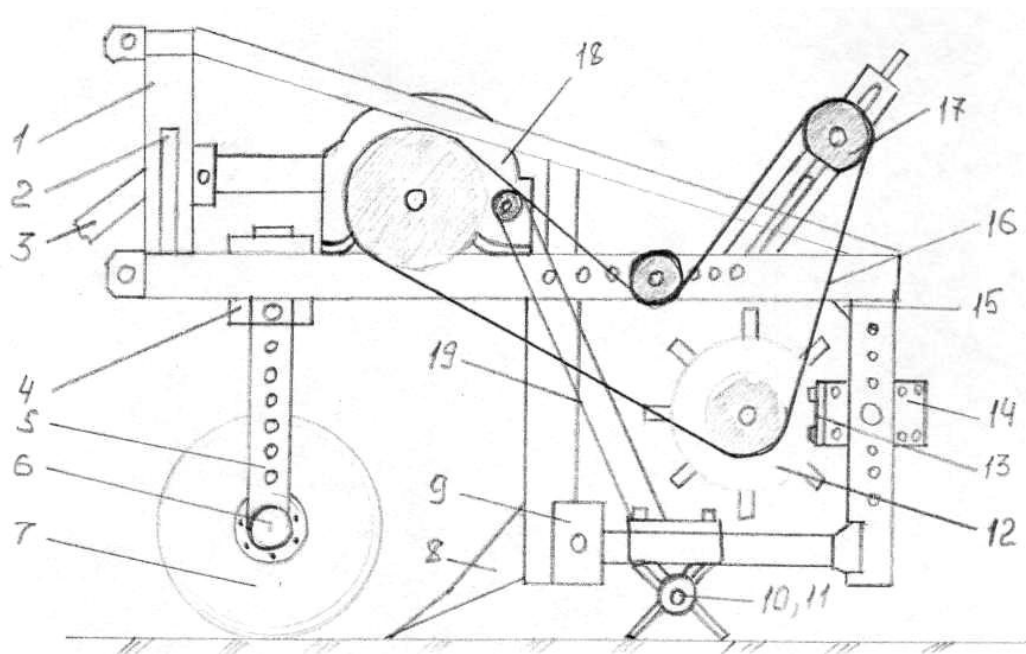
3.2 Обґрунтування конструкції ротаційної машини МПР-1,4

Ротаційна машина МПР-1,4 складається з рами, яка має дві частини: основу рами і нижню напівраму. Основа рами є прямокутної форми і складається з п'яти брусів перетином 60x40 мм, які зварені між собою. У передній частині рами кріпляться два опорні колеса за допомогою кронштейнів. Нижня частина рами має леміш, який кріпиться шарнірно, і під ним розташований нижній ротор. На рамі вище ротора розташований верхній барабан.

Робочі органи машини приводяться в рух від ВВП енергозасобу при допомозі карданного валу, конічно-циліндрового редуктора і ланцюгових

передач. Поперечні бруси жорсткості (бруси 18 і 19) зварені між собою для збільшення жорсткості рами і кріплення редуктора.

Для з'єднання ротаційної машини з трактором, в передній частині основи рами прикріплений навісний пристрій з провушинами, який приварений до поперечного бруса. З метою підвищення жорсткості всі зварні з'єднання елементів напіврами посилені за допомогою ребер з листової сталі Ст. 3, товщиною 3 мм. Додатково, з метою підсилення конструкції, навісний пристрій з'єднаний з заднім поперечним брусом основи рами за допомогою розкосу, до якого приварена стійка і середній поперечний брус.



1 – рама; 2 – косинка; 3 – карданний вал; 4 – направляюча; 5 – кронштейн; 6 – втулка кронштейна; 7 – опорне колесо; 8 – леміш; 9 – пластина; 10 – кронштейн кріплення і нижній ротор - 11; 12 – верхній роторний барабан; 13 – кронштейн кріплення верхнього ротора; 14 – пластина; 15 – косинка; 16, 19 – передача ланцюгова; 17 – натяжний пристрій; 18 – редуктор

Рисунок 3.3 – Схема ротаційної машини МПР – 1,4

У передній частині основи рами присутні направляючі, до яких приварені кронштейни, що слугують для кріплення опорних коліс. Направляючі виготовлено з прямокутного пустотілого бруса розмірами 50 x 40 мм. У задній частині основи рами, праворуч від напрямку руху агрегату, приварено

кронштейни механізму натягу ланцюгової кінематичної передачі, розташовані під кутом 30 градусів стосовно основної балки рами.

Нижня напіврама складається з прямокутних пустотілих брусів розмірами 60x40 і 100x60 мм. Ця конструкція включає чотири вертикальні бруси (два спереду і два ззаду), які з'єднані між собою з боків, а також трьома подовжніми брусами ззаду.

Опорні колеса прикріплюються до рами при допомозі кронштейнів, які вставляються в направляючі. Кронштейни забезпечують фіксацію в оправках за допомогою отворів і сталевих пальців, які, в свою чергу, фіксуються при допомозі шплінтів. Кронштейн складається зі стійки, що виготовлена з прямокутного сталевого бруса перетином 50x40 мм, та маточини. В нижній частині стійки зварена втулка, циліндричної форми з зовнішнім діаметром 70 мм. Втулка має наскрізний отвір діаметром 50 мм, в який вставлено вісь для кріплення опорного колеса.

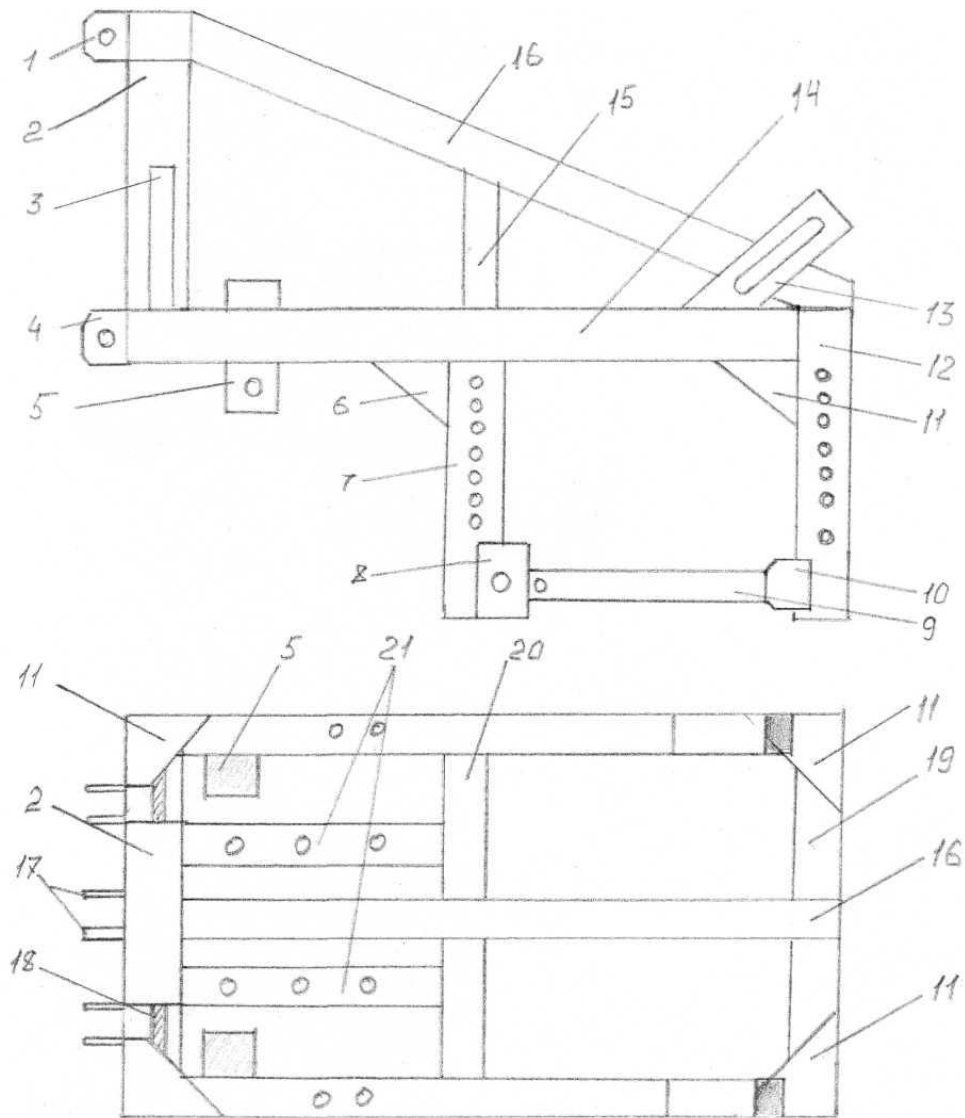
У нижній частині напіврами закріплений клиновидний леміш за допомогою чотирьох сталевих пальців діаметром 20 мм. Леміш виготовлено з легованої сталі товщиною 10 мм та має заточену робочу кромку.

За лемішем, на опорах, закріплено нижній ротор, який складається з вала з 26-ма наскрізними отворами діаметром 17 мм. Осі цих отворів зміщені одна відносно одної на 90 градусів. У ці отвори вставлено двосторонні зуби діаметром 10 мм і довжиною 100 мм. Ці зуби мають різьбу М16 в середній частині для їх кріплення до вала. Зуби закріплено при допомозі гайок з обох сторін.

Ротаційна машина отримує привід від ВВП трактора через карданний вал, редуктор і дві кінематичні ланцюгові передачі.

Під час руху агрегату з робочою швидкістю 4...6 км/год, лемішем пласт землі підрізається до необхідної глибини обробки та спрямовується на ротаційні робочі органи, які здійснюють обертання назустріч один одному. Ротор зубами робочих органів збиває підрізаний лемішем шар ґрунту. Шар ґрунту, розташований нижче від площини зрізу, розпушується нижнім ротором,

що перешкоджає утворенню щільної земельної плити. Верхній шар землі одночасно розмелюється верхнім барабаном та вирівнюється.



1 – верхній кронштейн; 2 – навісний пристрій; 3,6,10,11 – косинка; 4 – нижній кронштейн; 5 – направляюча; 7 – передній брус; 8 – пластина; 9 – нижній вертикальний брус; 12 – задній вертикальний брус; 13 – кронштейн натягуючого пристрою; 14 – вертикальний брус; 15 – стійка; 16 – розкіс; 17 – провужина; 18 – передній поперечний брус; 19 – задній поперечний брус; 20 – середній поперечний брус; 21 – брус жорсткості.

Рисунок 3.4 – Принципова схема рами

Глибина обробітку ґрунту ротаційною машиною може бути змінена

шляхом переміщення кронштейнів опорних коліс в оправах через отвори, які є у них.

Глибина проникнення леміша в ґрунт може бути налаштована шляхом обертання його навколо осі, утвореної двома пальцями, які вставлені в отвори бокових вертикальних брусів напіврами. Леміш може бути закріплений в потрібному положенні за допомогою другої пари пальців, які зафіксовані за допомогою шплінтів після проведення регулювання.

Величина горизонтального зазору між лемешем і нижнім ротором може бути змінений шляхом переміщення ротора в горизонтальній площині через отвори, що розташовані в подовжніх балках напіврами.

Розміщення верхнього роторного барабана може бути змінене як в горизонтальній, так і в вертикальній площинах. У вертикальній площині положення барабана може бути змінене шляхом переміщення його по отворах, що є в задніх вертикальних брусах напіврами. У горизонтальній площині положення барабана може бути змінене шляхом переміщення пластин кріплення барабана по отворах, що розташовані в цих пластинах.

3.3 Обґрунтування параметрів ротаційної машини МПР-1,4

3.3.1 Технологічні та конструктивні розрахунки

Вихідні дані до розрахунків ротаційної машини МПР-1,4:

вид роботи – комплексний обробіток ґрунту; максимальна подача 0,1 м; глибина обробітку 0,2 м; засміченість ґрунту – середня; робоча швидкість – 4..6 км/год.

Вибір напрямку обертання нижнього ротора залежить від агротехнічних вимог. Оскільки основною метою фрезерування ґрунту є якісне розрізання та повне розмелювання (знищення) бур'янів, то в даному випадку рекомендовано

обертати ротор "зверху вниз" [5,11].

Подача на ніж і гребнистість дна.

У відповідності з агротехнічними вимогами для ротаційних культиваторів рекомендовано підтримувати значення подачі S на один ніж у діапазоні від 0,05 до 0,15 метра. Для даного випадку ми приймаємо значення S рівним 0,1 метра. Допустима висота гребенів на дні борозни h_2 становить від 0,1 до 0,2 від h . Враховуючи, що h дорівнює 0,2 метра, отримуємо h_2 рівним 0,02 метра.

Діаметр ротора.

Оптимальні значення величини діаметра при проведенні фрезерування "зверху вниз" повинні бути в 1,13...1,33 рази більшим заданого значення глибини обробітку. Згідно [5] знайдемо відношення $(l/h)_{\min}$ при $D/h=1,25$, звідки $D_{\text{опт}}=1,25 \cdot 0,20=0,25$ м або $R_{\text{опт}}=0,125$ м.

Число ножів на диску ротора.

Кількість ножів, розташованих на диску барабану, може варіюватись в діапазоні від 2 до 4. Збільшення числа робочих органів при постійному діаметрі барабану призводить до скорочення довжини шляху різання. Тому бажано досягти максимальної кількості ножів на одному диску. Враховуючи допустиме значення подачі на ніж $S = 0,1$ метра і висоту гребенів на дні $h_2 = 0,02$ метра, ми вибираємо число ножів $m = 4$ (згідно з рисунком 39 в джерелі [5]).

Режим роботи ротора.

Робочий режим ротаційних органів оцінюється за допомогою швидкісного параметра λ , який можна визначити за допомогою залежності [5]:

$$\lambda = \frac{\left(\frac{\pi}{m} + \arccos \frac{R - h_2}{R} \right) R}{\sqrt{2R \cdot h_2 - h_2^2}}, \quad (3.1)$$

де R – радіус барабану, м;

m – число ножів на диску барабану;

h_2 – гребнистість дна, м.

$$\lambda = \frac{\left(\frac{3.14}{4} + \arccos \frac{0.125 - 0.02}{0.125} \right) \cdot 0.125}{\sqrt{2 \cdot 0.125 \cdot 0.02 - 0.02^2}} = 2.96$$

Приймаємо $\lambda=3$.

Перевіримо гребнистість при даному режимі роботи:

$$\frac{h_2}{R} = (1 - \cos \alpha_2) \quad (3.2)$$

Кут α знайдемо із виразу:

$$\frac{\pi}{m} = \lambda \cdot \sin \alpha_2 - \alpha_2, \quad (3.3)$$

з якого отримуємо $\alpha_2 = 33^\circ$.

$$h_2 = R(1 - \cos \alpha_2) = 0.125 \cdot 0.153 = 0.019 \text{ м.} \quad \text{м}$$

Отриманий режим роботи ротора ($\lambda = 3$) відповідає агротехнічним вимогам щодо припустимої гребнистості дна борозни.

Оскільки подача на ніж є також важливою характеристикою, режим роботи (λ) потрібно коригувати з урахуванням значення подачі:

$$S = \frac{\pi \cdot D}{m \cdot \lambda} = \frac{3.14 \cdot 0.25}{4 \cdot 3} = 0.087 \text{ м.} \quad (3.4)$$

Отримане значення подачі не перевищує максимально заданого значення (0,1 м), тому обраний режим роботи відповідає агротехнічним вимогам.

Критичні значення для подачі, висоти гребенів і швидкісного параметра визначають граничні значення $\lambda_{кр}$, $h_{2\max}$ і $S_{\max}$, при яких може виникнути знижена якість роботи фрези, такі як недостатнє кришення ґрунту, велика гребнистість або поява похибок і т.п..

Критичне значення величини швидкісного параметру: [5] с.98:

$$\lambda_{кр} = \frac{1}{\cos \alpha} \quad . \quad (3.5)$$

Кут α знаходимо при $m=4$ згідно виразу:

$$\frac{\pi}{m} = \operatorname{tg} \alpha - \alpha \quad , \quad (3.6)$$

з якого $\alpha = 65^{\circ} 30'$. Тому

$$\lambda_{кр} = \frac{1}{\cos 65^{\circ} 30'} = \frac{1}{0.4147} = 2.42 \quad .$$

Граничне значення подачі знайдемо згідно виразу:

$$S_{\max} = 0.25 \left[\sqrt{1 - \frac{1}{2.42^2}} - \frac{1}{2.42} \arccos \frac{1}{2.42} \right] = 0.107 \quad \text{м.}$$

Для визначення максимальної висоти гребенів в критичному режимі роботи будемо використовувати наступне рівняння:

$$\left(\frac{h_2}{R}\right)_{\max} = \frac{\lambda_{kp} - 1}{\lambda_{kp}} = \frac{2,42 - 1}{2,42} = 0,586, \quad (3.7)$$

звідки

$$h_{2\max} = 0.125 \cdot 0.586 = 0.073 \text{ м}$$

Швидкість і частота обертання барабанів.

Величину колової швидкості барабанів рекомендовано вибирати в межах 5...6 м/с. Прийmemo $v_0 = 5 \text{ м/с}$.

Тоді:

$$v_n = \frac{v_0}{\lambda} = \frac{5}{3} = 1.66 \text{ м/с.} \quad (3.8)$$

Частота обертання барабану:

$$n = \frac{30v_0}{\pi R} = \frac{30 \cdot 5}{3.14 \cdot 0.125} = 382 \text{ об/хв.} \quad (3.9)$$

3.2.2 Розрахунок ширини захвату робочих органів

Ширина захвату тягово-привідних агрегатів визначається із залежності [5]:

$$B = \frac{\left(N_e - \frac{G_T f \cdot v_{\Pi}}{1020 \cdot \eta_M}\right) \eta_M \cdot \eta_{BOM}}{A_{y\partial} \cdot h \cdot v_{\Pi}}, \quad (3.10)$$

де N_e – ефективна потужність, 110 кВт;

G_T – сила ваги трактора, 75350 Н;

F – коефіцієнт опору перекочування трактора;

η_M – ККД трансмісії (для колісних тракторів складає 0,91...0,92);

η_{BOM} – ККД передачі від вала двигуна до ВВП, 0,95.

Питома робота на виконання операції фрезерування:

$$A_{y\partial} = A_{y\partial.piz} + A_{y\partial.ot\bar{b}}, \quad (3.11)$$

де $A_{y\partial.piz}$ – питома робота на різання;

$$A_{y\partial.piz} = k \frac{l \cdot b + F}{h \cdot b \cdot S}, \quad (3.12)$$

$A_{y\partial.ot\bar{b}}$ – питома робота на відкидання ґрунту.

$$A_{y\partial.ot\bar{b}} = k_{ot\bar{b}} \frac{v^2 \cdot m}{2g} \quad (3.13)$$

Довжина лінії різання.

Довжину лінії різання при $R=0.125$ м, $\lambda=3$ і $h=0,2$ м знайдемо із наступної залежності:

$$l_p = 2 \cdot R \frac{1+\lambda}{\lambda} \left[2 \int_0^{90^\circ} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi - \int_0^{90^\circ - \frac{\alpha_1}{2}} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi - \int_0^{90^\circ - \frac{\alpha_2}{2}} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi \right]. \quad (3.14)$$

Кут α_1 знайдемо із виразу:

$$\alpha_1 = \arccos\left(\frac{0.125 - 0.200}{0.125}\right) = 127^\circ.$$

Кут α_2 знайдемо із виразу:

$$\frac{\pi}{m} = \lambda \cdot \sin \alpha_2 - \alpha_2,$$

розв'язавши який, отримаємо $\alpha_2 = 33^\circ$.

Величини k , φ і α знайдемо так:

$$k = \frac{2\sqrt{\lambda}}{1+\lambda} = \frac{2\sqrt{3}}{1+3} = 0.86; \quad \varphi = \frac{\alpha_1}{2} \quad \text{і} \quad \varphi = \frac{\alpha_2}{2}; \quad \alpha = \arcsin 0.86 = 59^\circ 20'.$$

Згідно таблиць емпіричних інтегралів знайдемо значення інтегралів по φ і α :

$$\int_0^{90^\circ} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi = 1.21 \quad \text{при} \quad \varphi = 90^\circ \quad \text{і} \quad \alpha = 59^\circ 20';$$

$$\int_0^{90^\circ - \frac{\alpha_1}{2}} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi = 0.42 \quad \text{при} \quad \varphi = 90^\circ - \frac{\alpha_1}{2} = 26^\circ 30' \quad \text{і} \quad \alpha = 59^\circ 20';$$

$$\int_0^{90^\circ - \frac{\alpha_2}{2}} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi = 1.05 \quad \text{при} \quad \varphi = 90^\circ - \frac{\alpha_2}{2} = 73^\circ 30' \quad \text{і} \quad \alpha = 59^\circ 20'.$$

Підставляючи значення інтегралів в рівняння, отримуємо шукане значення величини довжини лінії різання:

$$l_p = 2 \cdot 0.125(1 + 3) / [21.21 - 0.42 - 1.05] = 0.315 \text{ м.}$$

Питомі витрати енергії.

Питомі витрати енергії на операцію фрезерування з розрахунку на 1 м ширини захвату будуть рівними:

$$A_{y\partial.piz} = 5000 \frac{0.315 \cdot 1 + 0.0164}{1 \cdot 0.2 \cdot 9.8} = 97000 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{м}^3 = 95 \text{ кВт} / \text{м}^3.$$

$$A_{y\partial.otb} = 0.25 \frac{5^2 \cdot 340}{2 \cdot 9.8} = 1084 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{м}^3 = 1.1 \text{ кВт} / \text{м}^3.$$

оскільки $m = B \cdot v_{II} \cdot h \cdot \gamma' = 1 \cdot 1.7 \cdot 0.2 \cdot 1000 = 340 \text{ кг} / \text{с}.$

В кінцевому випадку питома робота на виконання операції фрезерування складає:

$$A_{y\partial} = 95 + 1.1 = 96.1 \text{ кВт} / \text{м}^3.$$

Потужність на ВВП.

Потужність на валі відбору потужності знайдемо згідно формули [5]:

$$N_{BOM} = N_e - \frac{G_T f \cdot v_{II}}{102 \eta_M} = 110 - \frac{7535 \cdot 0.12 \cdot 1.7}{102 \cdot 0.91} = 94 \text{ кВт}. \quad (3.15)$$

ККД передачі від ВВП до роторного барабану:

$$\eta_{\Pi} = \eta_{\kappa} \cdot \eta_{\Pi} = 0,96 \cdot 0,98 = 0,94, \quad (3.16)$$

де η_{κ} і η_{Π} – відповідно, ККД конічного і циліндричного редукторів.

Підставивши вищезгадані значення потужності на ВВП і питомої роботи в наведене рівняння, отримаємо ширину захвату ротаційного барабану:

$$B = \frac{94 \cdot 0,94 \cdot 0,95}{95 \cdot 0,2 \cdot 1,7 + 1,1} = 1,36 \text{ м.}$$

3.4 Аналіз напружено-деформованого стану вала нижнього ротора

Використовуючи систему тривимірного моделювання SolidWorks створимо твердотільну модель вала нижнього ротора (рис. 3.5).

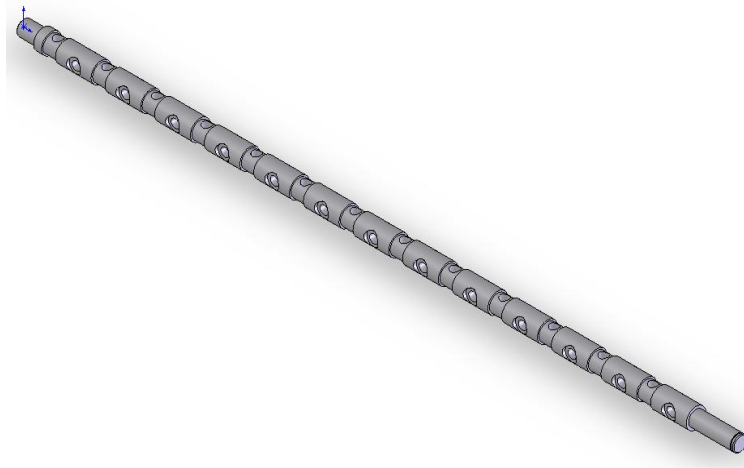
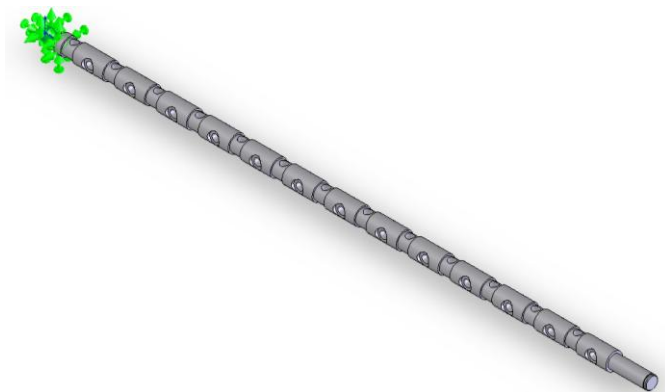


Рисунок 3.5 – Твердотільна модель вала нижнього ротора

За допомогою модуля кінцевоелементного аналізу CosmosWorks ми виконуємо аналіз напружено-деформованого стану вала нижнього ротора, який виникає від дії крутного моменту..

Для цього задаємо умови закріплення вала нижнього ротора – защемлення кінця вала (рис. 3.6, а). Задаємо навантаження (рис. 3.6, б) –

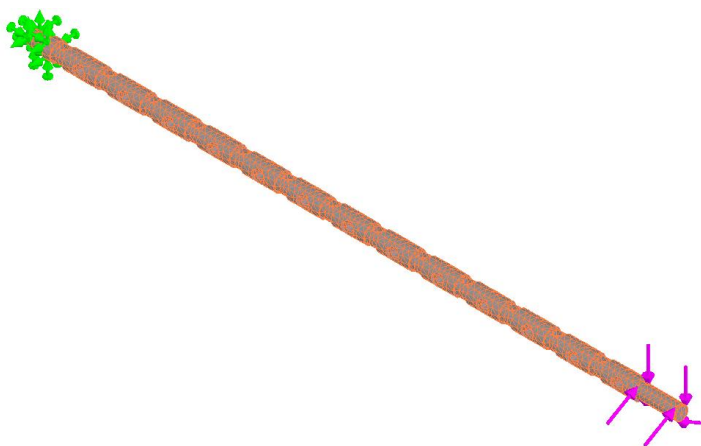
крутний момент 139 Н м. Створюємо сітку кінцевих елементів на 3D-моделі вала нижнього ротора (рис. 3.6, в).



а)



б)



в)

Рисунок 3.6 – Моделювання вала нижнього ротора

Результати проведених розрахунків НДС вала нижнього ротора використовуючи модуль кінцевоелементного аналізу CosmosWorks системи тривимірного моделювання SolidWorks подано на рис. 3.7.

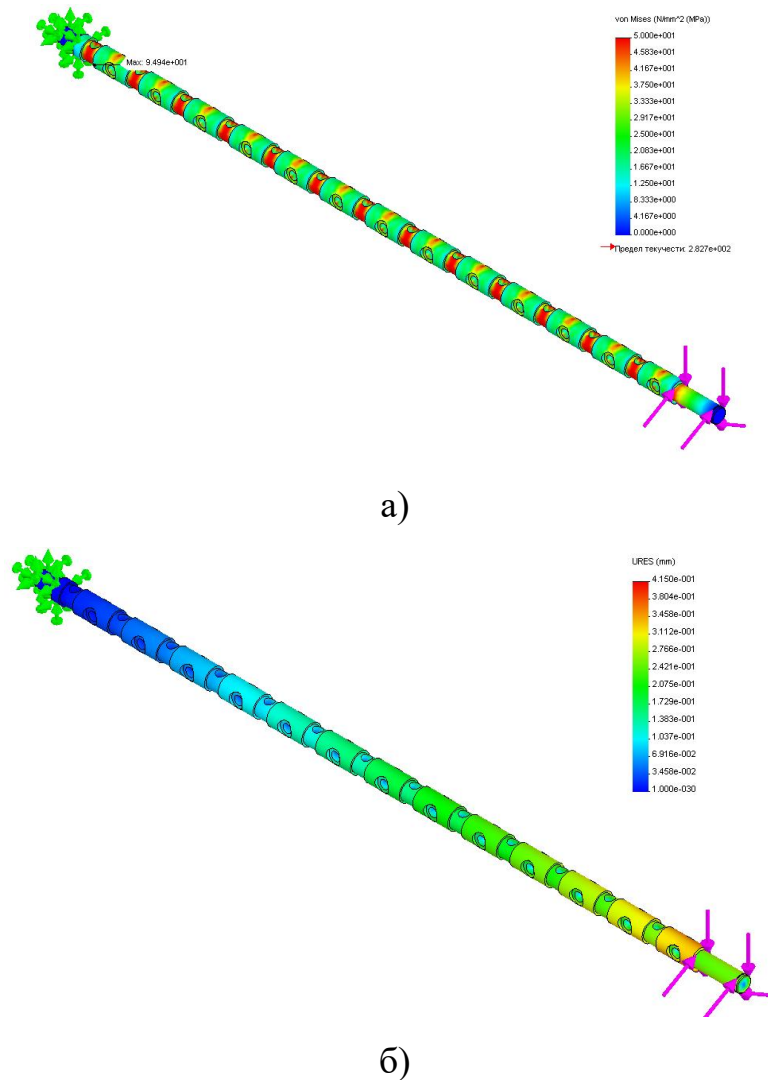


Рисунок 3.7 - Результати розрахунку НДС вала ротора:

а - напруження, МПа (за теорією Фон Мізеса); б - переміщення точок, мм.

Отримані згідно методу скінчених елементів результати розрахунків показують, що максимальні напруження від крутного моменту становлять близько 95 МПа.

При цьому максимальна деформація вала ротора становить 0,41 мм.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її виконанні

Операція підготовки ґрунту за допомогою ґрунтообробних агрегатів виконується для скорочення витрат праці по підготовки до сівби зернових і інших культур.

Технологія процесу ротаційної обробки ґрунту полягає в тому, що агрегат керований одним трактористом, рухаючись по полю здійснює фрезерування ґрунту розпушуючи його верхні шари, перемелюючи та заробляючи в нього рослинні рештки.

У технологічну схему операції входять: безпосередній виконавець (тракторист); засоби технологічного оснащення (трактор, сільськогосподарська машина – ґрунтообробний агрегат) і предмет праці (ґрунт). Даний процес відповідає структурній моделі: "людина-організаціятехніка-рослина-виробниче середовище" чи прибігаючи до умовних позначок "л-о-т-р-вс". Відповідно до неї складаються вимоги по безпеці праці відповідно до наявного на дані елементи нормативними документами. Виробниче середовище в який виконується операція - кабіна трактора.

Механізатор постійно знаходиться в кабіні, залишаючи на незначні інтервали часу для виконання регулювань, контролю якості роботи, огляду агрегату і по особистих потребах. У кабіні трактора він піддається постійному впливу таких факторів як: висока температура, вологість повітря, атмосферний тиск, шуми, вібрації, інтенсивне освітлення. Поза межами кабіни він піддається небезпеці травмуватися від рухомих частин агрегату.

Основні вимоги безпеки до елементів розглянутої системи і виробничого середовища встановлюються на основі галузевих стандартів ОСТ46.4.2.143-83 ССБТ. Основними вимогами до виконавця процесу є:

- тракторист повинен бути не молодше 16 років;

- мати права на водіння тракторів даного класу;
- повинен бути здоровий (пройти медичний огляд на предмет загальних і професійних захворювань (радикуліт, бронхіт та ін.);
- знати трактор і комбінований ґрунтообробний агрегат;
- повинен бути атестованим для робіт на машинах з підвищеною небезпекою відповідно до Типового Положення про навчання питанням охорони праці.

Технічний стан агрегату повинен відповідати вимогам: ГОСТ12.3.002-75 ССБТ (Загальні вимоги безпеки); Правилам пожежної безпеки в Україні; ГОСТ12.3.003-76 і ГОСТ12.3.020-80 (Загальні вимоги при виконанні 54 збиральних робіт); ГОСТ 12.2.049-80 (Ергономічні вимоги), ГОСТ12.2.019- 86, а також вимогам, що містяться в заводському посібнику по експлуатації енергозасобу. Машини повинні бути технічно справними, цілком укомплектовані необхідними пристосуваннями, інструментами й аптечкою.

При виконанні робіт і при переїздах агрегату з місця на місце ухил місцевості не повинен перевищувати 20° згідно вимог його стійкості.

Вимоги до загальних вимог безпеки визначені змістом галузевих стандартів, основна мета яких виключити за допомогою визначеної організації праці травмонебезпечні ситуації і захворювання виконавця процесу.

Організація виробничого процесу буде залежати від конкретних умов господарства і рішень господаря про хід робіт.

Рівень організації охорони праці цілком залежить від дій голови сільськогосподарського фермерського господарства і відповідальності самих працівників що виконують той чи інший технологічний процес.

4.2 Аналіз стану безпеки праці та організація контролю за її дотриманням при роботі з ґрунтообробними агрегатами

Верховною Радою України прийнято закон який відображає державну

політику в сфері охорони праці і базується на наступних основних принципах:

- соціальний захист працівників, повна компенсація збитків особам, що потерпіли від нещасливих випадків на виробництві і професійних захворювань;
- установлення єдиних нормативів по охороні праці для усіх видів підприємств незалежно від форми власності і видів їхньої діяльності;
- використання економічних методів охорони праці;
- міжнародне співробітництво в галузі охорони праці, використання світового досвіду в організації роботи з поліпшення умов і безпеки праці.

Використання цих принципів на практиці вимагає знання багатьох галузей науки і техніки, однак, тільки такий усебічний підхід до питань охорони праці, може забезпечити необхідний захист здоров'я і життя працівників.

Не менш важливою умовою даної роботи є облік необхідних вимог безпеки вже на етапі конструювання нової техніки, що дозволяє послабити чи навіть усунути небезпечні фактори на самому ранньому етапі.

Відповідно до закону України "Про охорону праці" відповідальними за безпечний стан робочих місць є безпосередні керівники робіт, що забезпечують відомчий контроль (голова фермерського господарства).

При господарських взаємодіях, ситуаціях купівлі-продажу, оренди, передачі об'єктів у розпорядження відповідальних осіб, передача права володіння матеріальною відповідальністю однієї особи іншій спричиняє юридичну відповідальність за стан безпеки переданої технічної системи у виді об'єкта (машинній системи), процесу (технологічній системи).

Юридична особа несе відповідальність за раціональне використання виробничих ресурсів, основні з яких - матеріальні, трудові, фінансові. Юридична особа може покладати спеціальні функції і на інші особи, забезпечивши їхню атестацію.

Мобільні робочі місця (у даному випадку трактор з комбінованим ґрунтообробним агрегатом) складають основну частку в матеріальних ресурсах

і, через їхню підвищену небезпеку, поряд з матеріальною вимагають додаткової відповідальності за їх технічний стан і безпечну експлуатацію.

Ці види відповідальності залежать від організаційної структури господарства, набору кваліфікаційних вимог до атестовуваних фахівців. Тому в процесі господарської діяльності є необхідним розподіл відповідальності між особами, що забезпечують керування виробничими процесами.

Якщо матеріально відповідальна особа не може бути атестована, як відповідальна за безпечний стан підвідомчої техніки, це покладається на старшого фахівця, що має відповідну освіту та допуск.

Якщо техніка передається на обслуговування як зовнішня послуга, то в умовах договору визначається відповідальна особа. (В умовах фермерського господарства, а особливо невеликих господарств, як правило вся відповідальність полягає на голову.)

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Головною метою кваліфікаційної роботи є вдосконалення технології передпосівного обробітку шляхом розробки та впровадження ротаційного пристрою МПР-1,4.

Під час детального аналізу різних методів обробітку ґрунту було встановлено, що знаряддя для проведення операцій основного обробітку не забезпечують поле готовим для посіву. Це означає, що потрібно проводити додаткові операції, такі як боронування, культивація, коткування і т.д.

Однак цей підхід призводить до ущільнення ґрунту через багаторазові проходи машин. Крім того, виконання додаткових операцій затягує терміни сівби. Все це має негативний вплив на родючість ґрунту та врожайність.

У кваліфікаційній роботі було проведено аналіз сучасних технологій передпосівного обробітку ґрунту та розглянуто різні технологічні рішення для їх впровадження. Були досліджені особливості передпосівного обробітку за допомогою ротаційних агрегатів, а також проведений аналіз їх конструкцій.

Застосування ротаційних ґрунтообробних знарядь відкриває можливості для вдосконалення технології передпосівного обробітку ґрунту. З цією метою ми запропонували конструкцію ротаційної машини для комплексного обробітку культурного шару ґрунту, що дозволить усунути вищезазначені недоліки та підвищити якість обробки перед посівом.

В результаті нашої роботи було обґрунтовано конструкцію ротаційної машини МПР-1,4, проведені необхідні технологічні та конструктивні розрахунки. Ці розрахунки підтвердили відповідність ширини захвату пристрою вимогам, а також був вибраний підходящий енергетичний засіб для агрегаткування.

Також, ми провели розрахунки напружено-деформованого стану валу нижнього ротора ротаційної машини, щоб забезпечити його міцність та надійність.

Окрім того, були розроблені відповідні заходи щодо охорони праці та техніки безпеки при використанні ґрунтообробних агрегатів, що дозволить забезпечити безпеку під час роботи з ними.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. Суми: Університетська книга, 2008. 450 с.
2. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
3. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві. /За редакцією професора В.Ю.Ільченка. – Київ: “Урожай”, 1993. 286 с.
4. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. / В.М. Лапін. – Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000. 188 с.
5. Матяшин Ю.И. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин. / Ю.И. Матяшин. – М.: ВО "Агропромиздат", 1988, – 176 с.
6. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. – Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.
7. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. – К.: Вища школа, 1993. 556 с.
8. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi
9. Білоножко М.А. Рослинництво з основами землеробства /М.А. Білоножко, І.С. Руденко, В.І. Мойсеєнко та ін. – К.: Урожай, 1986. 224 с.
10. Ротационные мотыги бороны - многофункциональность и производительность [Електронний ресурс] // Інтернет-версія журналу «Пропозиція». – 2017. Режим доступу:

<https://propozitsiya.com/rotacionnye-motygi-boronymnogofunkcionalnost-i-proizvoditelnost>

11. Ротационные почвообрабатывающие машины, расчет и проектирование. – М.: Машиностроение, 1971. 446 с.
12. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
13. Hevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.
14. Roman Hevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2020. — Vol 100. — No 4. — P. 62–74.

ДОДАТКИ