

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування конструкції комбінованого висівного агрегату з дослідженням процесу висівання зернових культур з одночасною підготовкою ґрунту.

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи МГм-61
спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Москаль В. Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Довбуш Т. А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М. Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Хорұшун Р.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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)

« »

2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Москалю Віталію Людвіговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування конструкції комбінованого висівного агрегату
з дослідженням процесу висівання зернових культур з
одночасною підготовкою ґрунту.

Керівник роботи Довбуш Тарас Анатолійович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-969

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Базова технологія посіву озимої пшениці; площа посіву 100 га;

Рівень ресурсного забезпечення технології середній; перелік машино-тракторних агрегатів,
та характеристика; тарифні ставки; вартість ПММ; енергетичний засіб Claas Axion 850; та інші

Матеріали

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

Реферат. Вступ. 1. Аналіз відомих вирощування озимої пшениці.

2. Аналітико-дослідницький розділ комбінованого агрегату.

3. Проектно-Рекомендаційний розділ розрахунок ротаційного культиватора.

4. Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Загальні висновки

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

1. План механізованих робіт виробництва озимої пшениці; 2. Проектування вала та ножа

Робочого органу ротаційного культиватора; 3. Схема переміщення машино-тракторного

агрегату; 4. Радіус повороту машино-тракторного агрегату; 5. . Схема ділянки поля;

6. 3D моделювання робочого органу ротаційного культиватора.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Сенчишин В.С. к.т.н., каф. МТ		

7. Дата видач завдання 14 листопада 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	до 18.11.2025	
2	Аналітико-дослідницький розділ	до 30.11.2025	
3	Проектно-рекомендаційний розділ	до 08.12.2025	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	до 12.12.2025	
5	Загальні висновки	до 15.12.2025	
6	Графічна частина	до 17.12.2025	

Студент

(підпис)

Москаль В. Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Довбуш Т. А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Москаль Віталій Людвігович

Тема роботи – «Обґрунтування конструкції комбінованого висівного агрегату з дослідженням процесу висівання зернових культур з одночасною підготовкою ґрунту». Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Довбуш Тарас Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Мета роботи – компонування ротаційного культиватора та сівалки з метою зменшення ущільнювання ґрунту та збереження вологи у ґрунті, та дослідження робочого органу ротаційного культиватора.

Завдання

Для досягнення поставленого завдання було вирішено такі завдання:

- виконано аналіз відомих технологій обробітку ґрунту та сівби;
- розроблено план механізованих робіт вирощування озимої пшениці;
- розроблено технологічну операцію передпосівної підготовки ґрунту;
- обґрунтовано конструктивні зміни в комбінованому посівному комплексі.

Об'єктом дослідження – технологія посіву озимої пшениці комбінованим агрегатом з одночасною підготовкою ґрунту.

Предметом дослідження – аналіз базової моделі KG 3000; розрахунки на міцність елементів робочих органів ротаційного культиватора.

Практичне завдання – компонування ротаційного культиватора та сівалки.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань 29 додатки на 1 сторінках. Загальний обсяг текстової частини – 69 сторінка, на яких є 36 рисунків та 4 таблиця.

Ключові слова: озима пшениця, енергетичний засіб, машино-тракторний агрегат, ротаційний культиватор, комбінований агрегат, час, технологічна операція, механізована робота, фрезерний культиватор, ПММ, ВВП, МТА, та інші

Умовні позначення:

$A_{\text{уд. різ}}$ – Питома робота різання;

$A_{\text{уд. отб}}$ – Питома робота відкидання ґрунту;

a – Відстань між центром передньої баластної маси, м;

a_1 – Відстань між центром передньої осі та центром кріплення, м;

B_p – Робоча ширина захвату машини (агрегату), м;

B_k – Конструктивна ширина захвату машини (агрегату), м;

B_{max} – Максимальна ширина захвату машини (агрегату), м;

b – Колісна база трактора, м;

D – Діаметр ротора, м;

V_p – Робоча швидкість км/год;

V_m – Теоретична швидкість км/год;

δ – Коефіцієнт буксування;

$R_{\text{ВВП}}$ – Опір приводу валу відбору потужності, Н/м;

R_a – Тяговий опір картоплесаджалки, кН;

$R_{\text{агр}}$ – Тяговий опір агрегату, кН;

R_i – Додатковий опір який виникає при русі агрегату, кН;

R – Радіус ротора, м;

G_m – Сила ваги трактора, кН;

G_m – Вага комбінованого агрегату, кН;

f_m – Коефіцієнт опору коченню трактора;

i – нахил місцевості (поля);

m – Число ножів на роторі;

h_2 – Гребинистість дна, м;

λ – Режим роботи ротаційного культиватора;

$\eta_{\text{мг}}$ – Коефіцієнт корисної дії трансмісії;

η_{δ} – Коефіцієнт корисної дії буксування;

$N_{\text{ВВП}}$ – Потужність на привід комбінованого агрегату, кВт;

$\eta_{\text{ВВП}}$ – Коефіцієнт корисної дії валу відбору потужності;

$\eta_{\text{тр}}$ – Коефіцієнт корисної дії трансмісії;

k_c – Питомий опір комбінованого агрегату, кН/м;
 $P_{\text{гак}}$ – Номінальне тягове зусилля, кН;
 k_v – Опір ґрунту при швидкості 5 км/год, кН/м²;
 Π – Коефіцієнт приросту питомого опору;
 n_m – Кількість машин в агрегаті;
 $\eta_{\text{тз}}$ – Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора;
 G – Потреба палива для виконання операції, кг;
 G_p – Витрата палива під час виконання операції, кг/год;
 $G_{\text{хх}}$ – Витрата палива на холостий хід, кг/год;
 G_3 – Витрата палива холостого ходу двигуна, кг/год;
 T_H – Навантаження на задню вісь, кН;
 T_v – Навантаження на передню вісь, кН;
 c – Відстань між центром задньої осі та центром навски, м;
 T_p – Час основної (чистої) роботи за зміну, год;
 $T_{\text{зм}}$ – Час зміни, год;
 τ – Коефіцієнт використання часу зміни;
 T_3 – Час завантаження протягом зміни, год;
 $T_{\text{хх}}$ – Час холостих ходів, год;
 t_3 – Час завантаження одного бункера, год;
 n_3 – Кількість завантажень протягом зміни;
 G_v – Кількість висіяного матеріалу за зміну, т;
 V_b – Місткість бункера сівалки, т;
 W – Дена продуктивність агрегату, га;
 H – Норма виробітку, га/зм;
 K_3 – Коефіцієнт змінності;
 N_d – кількість робочих днів;
 $W_{\text{зм}}$ – Змінна продуктивність агрегату, га/зм;
 N_b – Норма висіву, т/год;
 C – Ширина загінки, м;
 L_p – Довжина загінки, м;

S_x – Довжина холостого ходу при повороті агрегату, м;

R – Радіус повороту, м;

e – Виїзд агрегату, м;

l_a – Кінематична довжина агрегату, м;

l_m – Кінематична довжина трактора, м;

l_c – Кінематична довжина комбінованого агрегату, м;

L – Середня довжина гону поля, м;

E_p – Фактична ширина поворотної смуги, м;

n – Ціле число проходів агрегату;

S_ϕ – Загальна площа у фізичних одиницях, га;

C_{opt} – Оптимальна ширина загінки, м;

МТА – Машино-тракторний агрегат;

ЗМІСТ

Вступ.....	10
1. Загально-технічний розділ.....	12
1.1. Кормова цінність озимої пшениці.....	12
1.2. Морфологічні особливості озимої пшениці.....	15
1.3. Технологія вирощування пшениці у заданих умовах.....	17
1.3.1 Підготовчий план механізованих робіт під час сівби озимої пшениці.....	20
1.4. Проектування технологічного процесу підготовки ґрунту.....	23
1.4.1. Агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту та посіву озимої пшениці.....	26
1.4.2. Підготовка МТА до роботи.....	28
1.5. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра.....	30
2. Аналітико-дослідницький розділ.....	31
2.1. Необхідність впровадження комбінованого агрегату.....	31
2.2. Принцип роботи ротаційного культиватора.....	32
2.3. Проектування робочих органів ротаційного культиватора.....	41
2.4. Розрахунок машино-тракторного агрегату.....	48
2.4.1. Розрахунок продуктивності МТА та витрата палива.....	51
2.4.2. Вибір та розрахунок способу руху енергетичного засобу.....	54
3. Проектно-Рекомендаційний розділ	60
3.1. Конструктивні розрахунки ротаційного культиватора	60
3.2. Товщина стружки.....	62
3.3. Швидкість і частота обертання роторів	63
3.4. Кути установки та різання.....	63
3.5. Ширина захвату.....	64
3.6. Питомі втрати енергії.....	65
4. Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	67
4.1. Загальні положення.....	67

4.2. Інструкція охорони праці підготовки ґрунту комбінованим агрегатом.....	68
4.2.1. Вимоги техніки безпеки перед початком роботи.....	68
4.2.2. Вимоги техніки безпеки під час роботи агрегату.....	69
4.2.3. Вимоги техніки безпеки в аварійних ситуаціях.....	69
4.3. Вимоги техніки безпеки після закінчення роботи.....	70
4.4. Заходи охорони природи при використанні МТА.....	70
Загальні висновки.....	72
Перелік використаних джерел.....	74
Додатки.....	77

ВСТУП

Озима пшениця належить до найважливіших культур у продовольчому секторі. Її роль у харчуванні є надзвичайно цінною і порівняна з іншими базовими продуктами, що пояснює постійно високий попит на якісне зерно цієї культури. Сьогодні існує понад 200 зареєстрованих сортів озимої пшениці. Її широко застосовують у виробництві борошна, яке слугує основою для виготовлення хлібних виробів, макаронних продуктів, кондитерської продукції та різноманітних круп.

Хліб із пшениці характеризується високим вмістом білків (14%) та вуглеводів (80%).

Крім харчового вжитку, зерно озимої пшениці має важливе значення у сільському господарстві, будучи цінним кормом для худоби. Висока поживність зерна зумовлюється значним вмістом білків, вуглеводів, мінеральних речовин та вітамінів.

Пшеничні висівки є незамінним і високоякісним концентрованим кормом, який широко використовується для годівлі сільськогосподарських тварин. Вони мають високу цінність як джерело поживних речовин. Солома і полова, отримані після обробки пшениці, також вирізняються значним рівнем кормової поживності, що робить їх важливим додатковим ресурсом у раціоні тварин. У 100 кілограмах соломи міститься від 0,5 до 1,0 кілограма перетравного протеїну, що забезпечує необхідні білки для підтримання здоров'я і продуктивності сільськогосподарських тварин.

Порівняно з такими культурами, як жито, ячмінь та овес, озима пшениця забезпечує більші обсяги корисних поживних речовин, які є важливими для вживання продуктів з пшениці харчування людини та господарських потреб[4].

При оптимальних умовах вирощування пшениця здатна забезпечити високий рівень урожайності, зрівнятися або навіть перевершити такі культури, як кукурудза чи інші зернові. Білок озимої пшениці цінується за свою якість та харчову цінність. Він широко використовується в харчовій промисловості для створення продуктів різного призначення, адже позитивно впливає на харчову

цінність готових виробів. Крім того, її поширення охоплює понад 100 країн світу, від регіонів з помірним кліматом до степових зон або навіть субтропиків.

Іноді пшениця застосовується навіть як зелений корм для худоби. Озима пшениця вирощується майже по всій території України, однак найкращі кліматичні умови для її розвитку спостерігаються в південних регіонах завдяки сприятливій зимівлі. У північних районах культура краще забезпечена вологою, що створює оптимальні умови для росту. За умов достатнього зволоження тут досягаються врожаї понад 60 ц/га, іноді доходять до 100–130 ц/га. В середньому ж найпоширеніші сорти озимої пшениці дають 70–85 ц/га. Рівень урожайності культур може значно варіюватися, оскільки він залежить від комплексу факторів, серед яких одним із ключових є погодні умови, що складаються протягом кожного конкретного року. Крім цього, врожайність багато в чому визначається особливостями певної місцевості, зокрема її кліматичними характеристиками, якістю ґрунтів, рівнем зволоження та іншими природними й географічними умовами. З огляду на це важливою є оцінка агрокліматичних умов і впровадження передових методик у землеробстві. Використання інтенсивних технологій у вирощуванні озимої пшениці дозволяє суттєво підвищувати її врожайність[3,4].

Метою даного дослідження процес висівання озимої пшениці з одночасною підготовкою ґрунту, впливу погодних умов на розвиток та формування урожайності озимої пшениці, а також оцінка наслідків кліматичних змін.

Процес висівання пшениці має великий вплив, ефективності використання МТА.

Нові технології приводять до: підвищення продуктивності, зниження витрат паливо-мастильних матеріалів, використання робочої сили при посіві пшениці.

При комбінованій операції обробітку ґрунту з одночасною сівбою забезпечується економія часу, ПММ, робочої сили, та вивітрювання вологи з ґрунту якої є дефіцит з кожним роком.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Кормова цінність озимої пшениці

Пшениця являє собою одну з найстаріших і найбільш розповсюджених культур, що вирощуються людиною в усьому світі.

Поживна вартість озимої пшениці полягає у високому вмісті протеїну (11,9–12,8%) у середньому, проте може доростати до 14,9% за посухи) та високої енергетичної спроможності, яка залежить від умов вирощування, зокрема від живлення.

Зерно пшениці є доброю поживою для худоби, а супутня продукція (солома, лушпиння) також має кормову вагу, хоча меншу.

Озима пшениця є однією з провідних сільськогосподарських культур в Україні, яка відіграє важливу роль як у забезпеченні продовольчої, так і кормової галузі. Хліб, виготовлений із високоякісного пшеничного борошна, має високу енергетичну цінність (приблизно 347 калорій на 100 грамів) та відзначається доброю засвоюваністю людським організмом. Переважне функціональне призначення озимої пшениці полягає у забезпеченні населення базовими продуктами харчування, такими як хліб та інші хлібобулочні вироби[3].

У зерні м'якої пшениці концентрація білка, яка визначається як сортовими особливостями, так і умовами вирощування, в середньому варіюється в межах 13-15%. Окрім цього, зерно відрізняється високим вмістом вуглеводів, що складають значну частину його складу, зокрема до 70% припадає на крохмаль, який є основним джерелом енергії. Що стосується мікронутрієнтного складу, зерно багате на корисні речовини, серед яких вітаміни групи В (В1, В2), РР, Е, а також провітаміни А і D, які відіграють важливу роль у підтримці здоров'я. Вміст мінеральних речовин у зерні сягає до 2%, що забезпечує додаткове джерело необхідних елементів для організму[3].

Найкращий хліб та різноманітна випічка виходять з борошна, зробленого з якісної, так званої "сильної" м'якої пшениці.

Згідно з чинними стандартами, зерна пшениці, що класифікуються як найвищий, перший або другий гатунок, повинні відповідати низці суворовизначених характеристик, щоб гарантувати їх високу якість. Насамперед, рівень клейковини, яка відіграє ключову роль у забезпеченні еластичності тіста, має бути таким: для найвищого гатунку – щонайменше 36%, для першого – не менше 32%, а для другого – щонайменше 28%. Не менш важливим параметром виступає об'ємна маса зерна, яка повинна бути не нижче 755 грамів на літр. Третій суттєвий критерій – прозорість або скловидність зерна, яка має становити щонайменше 60% для відповідності встановленим вимогам. Додатково особлива увага звертається на силу борошна, тобто його здатність до ефективної випічки, яка повинна перевищувати показник в 280 умовних одиниць. Цей параметр вимірюється за допомогою спеціального інструмента – альвеографа, забезпечуючи точність та об'єктивність результатів оцінювання[3].

Пшениця є однією з найважливіших сільськогосподарських культур, що відзначається високою адаптивністю до низьких температур. Її насіння здатне проростати вже при температурі 1–2°C. Проте для забезпечення рівномірних і дружніх сходів у процесі сівби рекомендованими є температурні показники в межах 14–16°C. Водночас, при температурі, що перевищує 25°C, відбувається утворення ослаблених проростків, які мають тонку кореневу систему, що суттєво підвищує їхню вразливість до різноманітних захворювань.

Оболонка, що складає приблизно 7-8% маси зерна, охоплює плодове та насіннєві оболонки. Її головна функція полягає у захисті внутрішніх компонентів зерна від зовнішніх впливів і пошкоджень. Ендосперм становить близько 90% маси зерна та ділиться на дві основні частини: - Алеуроновий шар — верхній шар клітин ендосперму, який містить високу концентрацію білків. Однак при внесенні до борошна може негативно впливати на його якісні характеристики. - Борошниста частина — основна складова ендосперму, що

включає клітини, заповнені крохмальними зернами та білковими сполуками, такими як глютен.

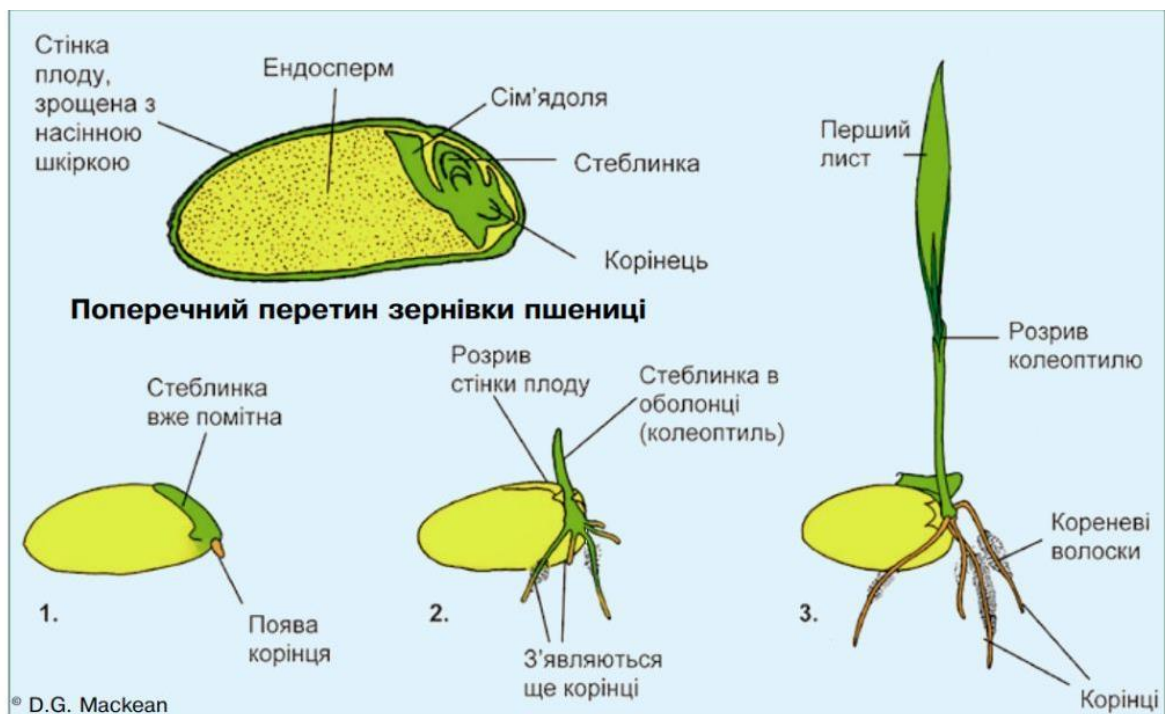


Рисунок 1.1 – Загальна будова насіння озимої пшениці [1]

Клейковина представляє собою пружно-еластичний гель, що не розчиняється у воді і формується під час змішування пшеничного борошна з водою. Її основними складовими є білки гліадин і глютеїн, які можуть розчинятися в спирті та лугах. Жодна інша зернова культура не володіє таким унікальним і цінним поєднанням цих двох ключових компонентів.

Тверді сорти пшениці, переважно використовувані в хлібовипіканні, дозволяють більш ефективно відділяти ендосперм, тоді як у м'яких сортах, які зазвичай служать основою для виготовлення печива, структура ендосперму менш чітко розділяється із залишковими висівковими шарами.

Зародок зерна, складаючи від 1.5 до 3% маси, розташовується в нижній частині зернини і містить сім'ядолю (щиток), яка забезпечує поглинання поживних речовин з ендосперму. Під час процесу помолу зародок разом із висівками видаляється. Ця ембріональна частина зерна є основною структурою, з якої розвивається рослина пшениці, і вирізняється високим вмістом вітамінів, білків та масел. Завдяки своїм властивостям зародок широко застосовують у

виробництві функціональних та корисних продуктів харчування, таких як збагачений хліб і цільозернове борошно.

Розміри зернівок значно різняться залежно від сорту та умов вирощування. Довжина може варіюватися від 4 до 9 мм, ширина — від 0,8 до 2,2 мм, а товщина — від 1,5 до 3,5 мм. Також вони відрізняються за масою. У нормально сформованих зернівок маса становить від 20 до 80 мг. За крупністю зернівки можуть бути класифіковані по-різному.

1.2 Морфологічні особливості озимої пшениці

У процесі свого онтогенезу озима пшениця проходить дванадцять основних етапів розвитку, які включають кілька ключових фенологічних фаз.

Проростання насіння, поява сходів процес кущіння, вихід у трубку, початок колосіння, цвітіння, утворення зерна, стадії наливу три фази стиглості молочна, воскова, дозрівання [3,4].

Процес кущіння відбуваються восени на першому та другому етапах органогенезу. Подальший розвиток фенофаз та інтенсивне проходження етапів органогенезу спостерігаються вже навесні та влітку наступного року, коли рослина вступає у новий період активного росту.

Для забезпечення успішного проростання насіння пшениці необхідна мінімальна температура в межах 3,0–4,5 °C. Однак оптимальна температура, за якої процес проростання проходить найбільш ефективно, становить 15–18 °C, тоді як максимальними допустимими значеннями є 30–32 °C. У процесі проростання насіння активно вбирає воду, кількість якої становить 50–55 % від його власної ваги, що є важливим для активації всіх внутрішніх механізмів росту. Для отримання дружніх і рівномірних сходів протягом 7–8 днів потрібна акумульована сума активних температур у межах 130–140 °C [4].

Оптимальні умови для початку сівби створюються за температурою ґрунту на рівні +14...17 °С, що забезпечує сприятливі умови для молодого організму рослини на початкових стадіях її розвитку.

На вирощування озимих сортів вимагають близько 180-250 днів. У зимові місяці озима пшениця може залишатися у стані спокою до 90 днів.

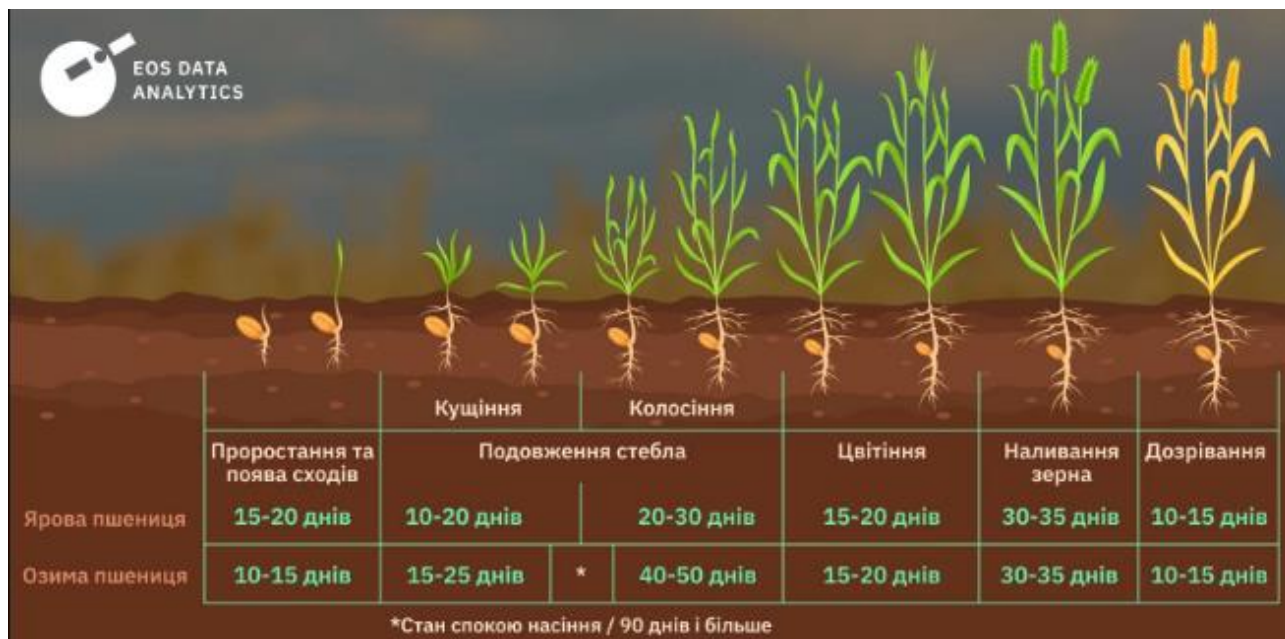


Рисунок 1.2 – Фази розвитку пшениці

Довжина кореневих волосків може досягати разючих значень — до 10 км. Перед настанням зимового періоду, за умов стабільно сприятливого середовища, зародкове коріння здатне проникати у ґрунт на глибину 70–100 см, тоді як вузлове розвивається менш інтенсивно й сягає лише 30–60 см. Встановлено, що ранні строки посіву сприяють глибшому зануренню кореневої системи пшениці, що забезпечує кращу підготовку рослин до зимового сезону [4].

Озима пшениця є культурою з підвищеними вимогами до якості ґрунту, тому вибір відповідної земельної ділянки для її вирощування потребує особливої уваги. Найвищі результати досягаються при культивуванні цієї рослини на ґрунтах, що відносяться до класів I, II або III. [5].

Таблиця 1.1 – Узагальнена морфологічна характеристика пшениці

Орган рослин	Морфологічна характеристика	Господарське значення
Коренева система	Мичкувата , глибока	Стійкість до морозів і посухи
Вузол кушення	Глибина 2-3 см	Формує пагони, густоту стеблостою
Стебло	Порожнисте 5-7 міжвузлів	Транспортує речовини утримує колос
Листки	Лінійні, фото синтезуючі	Накопичення органічних речовин
Суцвіття (колос)	Складний, остистий, безостий	Формує зернівки
Зернівка	Однонасінна, суха	Джерело борошна, кормів

1.3 Технологія вирощування пшениці у заданих умовах

Технологія вирощування озимої пшениці є комплексом тісно пов'язаних методів, спрямованих на створення сприятливих умов для зростання та розвитку озимої пшениці.

Технологічний цикл вирощування починається з моменту очищення поля від попередника, рослинних решток тощо. Протягом усього циклу проводиться обробка ґрунту, підготовка насіння до посіву, внесення добрив та посів пшениці. У міру росту та розвитку пшениці проводять боротьбу з хворобами, шкідниками, та інші. Для підтримання оптимального агрофізичного стану ґрунту проводиться обробка ґрунту одночасно позбавляючись бур'янів, та цикл завершується збором урожаю пшениці [4].

Однією з основних проблем сучасного агровиробництва є скорочення тривалості та зменшення різноманіття сівозмін. Все частіше використовуються спрощені схеми, як-от 4-5-річна сівозміна. В окремих випадках застосовують навіть 2-річну модель, де на полях чергуються лише пшениця та соняшник. [5].

Найкращими попередниками вважаються для озимої пшениці:

Бобові, ріпак, картопля, кукурудза на силос, просапні культури, багаторічні трави, зайнятий та чорний пар.

Основні вимоги до попередника:

Ранній збір урожаю. Підготовка ґрунту часто розпочинається вже у серпні, тому такі культури, як пізні сорти сої, кукурудзи, цукрового буряку та соняшнику, значно ускладнюють або суттєво скорочують терміни для сівби озимої пшениці.

Невдалий вибір попередника може викликати зростання витрат на засоби захисту рослин та призвести до значного зрідження сходів внаслідок поширення шкідників то що.

Сівозміна являє собою систему, яка передбачає чергування сільськогосподарських культур і парів як у певний проміжок часу, так і в межах території або виключно на одному конкретному полі протягом визначеного періоду.

Розроблена схема сівозмін з попередниками для озимої пшениці:

Варіант 1

- Зайнятий пар
- Озима пшениця
- Озимий ріпак
- Озима пшениця
- Кукурудза на зерно

Варіант 2

- Озима пшениця
- Кукурудза на зерно
- Ячмінь ярий
- Горох
- Озима пшениця

Варіант 3

- Кукурудза на зерно
- Кукурудза на силос
- Соняшник
- Озима пшениця

- Озимий ріпак

Варіант 4

- Багаторічні трави (люцерна)
- Багаторічні трави (люцерна)
- Озима пшениця
- Буряк цукровий
- Кукурудза на зерно

Варіант 5

- Кукурудза на зерно
- Горох
- Озима пшениця
- Озимий ріпак
- Однорічні трави

Варіант 6

- Озима пшениця
- Кукурудза на зерно
- Ячмінь ярий
- Картопля
- Озима пшениця

Варіант 7

- Озимий ріпак
- Кукурудза на силос
- Горох
- Озима пшениця
- Соя

Норма висіву не є постійною величиною, оскільки на неї впливає багато чинників, серед яких:

Строки сівби, якість посівного матеріалу, густота продуктивного стеблостою, регіон та специфіка місцевості вирощування, якість насіннєвого ложа, погодні умови, планована врожайність.

Рекомендована норма висіву складає 4-4,5 мільйона насінин на гектар. Оптимальна глибина посіву озимих культур за наявності достатньої кількості вологи у ґрунті становить 3 сантиметри. [8].

1.3.1 Підготовчий план механізованих робіт під час сівби озимої пшениці

У планах механізації заплановано врахування річного обсягу робіт та підготовку операційної карти.

- Урожайність озимої пшениці – 130 ц/га;
- Площа посіві озимої пшениці – 100 га
- Кількість механізованих робіт, що включаються до загального обсягу в умовних гектарах, а також розподіл їх за періодами, враховує і рівень використання машинно-тракторних агрегатів, які застосовуються в господарстві;
- Агротехнічні терміни виконання роботи;
- Агротехнічні вимоги до якості (глибина оранки, кратність обробітку, норма висіву), та інші;
- Змінна норми виробітку на різних операціях;
- Сучасні марки тракторів (як відчизнянні так і закордонні), з урахуванням програмного контролю техніки і технологічних показників;
- Використання палива на конкретній операції;
- Витрати для виконання технологічної операції (нафтопродукти технічне обслуговування, на весь обсяг роботи).

Складання плану механізованих робіт попередник горох:

- Лушення стерні на глибину – 6...8 см;
- Внесення мінеральних добрив;

- Оранка на глибину – 18...30 см, яку проводять за 3-4 тижні до сівби;
- Підготовка ґрунту комбінованим агрегатом ґрунтофреза з посівним комплексом глибина обробітку фрезою – 5...7 см. Глибина загортання насіння – 3...4 см;
- Обприскування посівів озимої пшениці засобами захисту рослин (ЗЗР).

Графіки виконання польових робіт передбачає в собі: виконання усіх операцій у найкращі агротехнічні строки.

Для визначення механізованих робіт при вирощуванні озимої пшениці складають спеціальний план, який включає:

Графа 1. «Нумерування операції» – записуємо порядковий номер операції, яку проводимо.

Графа 2. «Назва механічної операції» – записуємо назву операції, яка має місце при виробництві картоплі. Всі операції, починаючи від основного обробітку ґрунту і закінчуючи збиранням, записують в точній послідовності.

Графа 3. «Агронормативи» – записуємо агротехнічні вимоги до даної операції, тобто глибину обробітку, кількість мінеральних і органічних добрив, кількість висіву насіння.

Графа 4. «Одиниці виміру» – записуємо в яких одиницях виконується та чи інша операція.

Графа 5. «Обсяг робіт в фізичних величинах» – записуємо на якій площі повинна проводитися дана операція.

Графа 6. «Обсяг робіт в умовних га.» – обсяг умовних еталонних га. по операції знаходять шляхом множення кількості нормо-змін на перевідний коефіцієнт відповідно до марки трактора.

Графи 7,8 «Склад агрегату» – записуємо марку трактора і с/г машини, які виконують ту чи іншу операцію.

Графа 9. «Робоча швидкість МТП» – записуємо швидкість при якій працює даний агрегат при виконанні операції.

Графа 10. «Примірні строки виконання операції» – записуємо в які строки виконувалась дана операція.

Графа 11. «Кількість днів» – скільки було затрачено днів для виконання даної операції

Графа 12. «Норма виробітку МТА за зміну» – це значення вибираємо із типових норм 2 зона.

Графа 13. «Коефіцієнт змінності» – беремо в межах від 1,1 до 1,6, в залежності від виконання технологічної операції.

Графа 14. «Денний виробіток МТА» – знаходимо множенням норми виробітку МТА за зміну на коефіцієнт змінності.

Графа 15. «Кількість нормо-змін» – знаходимо діленням обсягу роботи на норму виробітку.

Графа 16,17. «Кількість машин в агрегаті» – та «Кількість агрегатів на виконання операцій» знаходимо за формулою:

$$n_a = \frac{F}{W \cdot n_d}; \quad (1.1)$$

$$W = H \cdot K_3. \quad (1.2)$$

Графа 18, 19 «Кількість працівників» вибираємо відповідно до кількості машин і агрегатів.

Графи 20, 21 «Витрата палива» витрату пального на одиницю роботи вибираємо із типових норм, а витрату на весь обсяг робіт визначають множенням обсягу робіт в фізичних величинах на витрату пального на одиницю роботи.

План механізованих робіт виробництва озимої пшениці зображено у додаток А.

1.4. Проектування технологічного процесу підготовки ґрунту

Вибраною технологією підготовки ґрунту та посіву озимої пшениці при мінімальному рівні забезпеченості господарства машино-тракторними агрегатами очікується урожайність озимої пшениці 130 ц/га; попередник горох; площа посіву озимої пшениці 100 га.

Обробіток ґрунту суттєво впливає на врожайність озимої пшениці. Основні етапи підготовки залежать від попередніх культур, рівня забур'яненості та інших умов [13]. Після завершення збору зернових культур, одночасно із процесом подрібнення соломи, розпочинається лушення стерні. Ця агротехнічна операція є важливим етапом обробки ґрунту і повинна бути виконана в оптимальні терміни, тобто не пізніше ніж через три-чотири дні після збору врожаю. Перший етап лушення зазвичай проводять за допомогою сучасних дискових борін, зокрема, таких як CATROS XL 7003-2TX. Глибина обробки становить від шести до восьми сантиметрів, що дозволяє ефективно перемішувати рослинні залишки з верхнім шаром ґрунту. Цей процес сприяє покращенню структури ґрунту, утриманню вологи та підвищенню його родючості, підготовлюючи поле для наступних етапів обробітку. [13].

Для прискорення розкладання пожнивних решток перед лушенням рекомендується внесення азотних добрив у дозі 30–50 кг/га або спеціальних бактерій. Окрім того, дискування сприяє затриманню ґрунтової вологи та стимулює проростання бур'янів, полегшуючи їх подальше знищення [13].

Вибір машинно-тракторного парку, який буде залучений до виконання технологічних операцій від підготовки ґрунту до посіву озимої пшениці.

Лушення стерні – CATROS XL 7003-2TX + CLAAS AXION 950 рисунок 1.3.

Дана дискова борона агрегується з енергетичними засобами від 216 кВт.



Рисунок 1.3 – Причіпна комбінована дискова борона CATROS XL 7003-2TX

Оранку проводять плугами з передплужниками Teres AMAZONE

Оранка і вирівнювання поверхні здійснюються за 3-4 тижні до посіву на глибину 18-30 см. Ці роботи спрямовані на покращення структури ґрунту, забезпечення кращої повітропроникності та водопроникності, а також для знищення бур'янів. Вирівняна поверхня сприяє рівномірному висіву та забезпечує дружні сходи рослин [16].

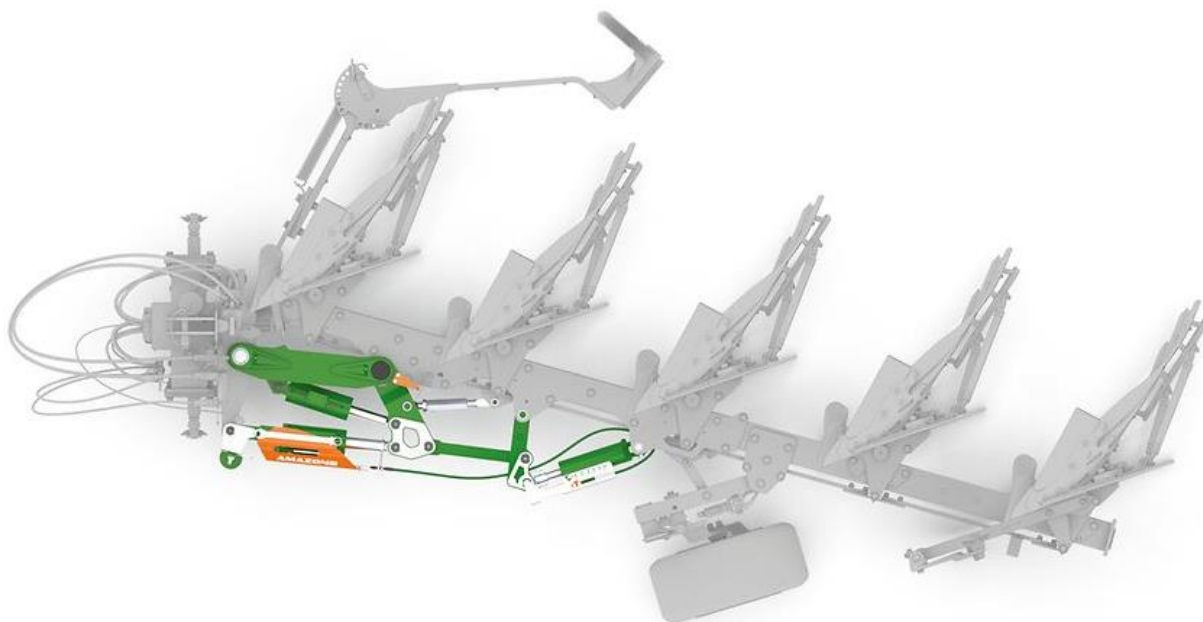


Рисунок 1.4 – Плуг оборотний начіпний Teres AMAZONE

Транспортування насіння озимої пшениці у поле ЗІЛ-130, рисунок 1.5.



Рисунок 1.5 – Вигляд автомобіля MAN-0834

Пропонується для кваліфікаційної роботи проектування комбінований посівний комплекс з ґрунтофрезою та сівалкою.

Ротаційні культиватори, зокрема модель KG, підходять для роботи з різними типами ґрунтів, але найкращий результат вони демонструють на середніх та легких ґрунтах. На важких або глинистих ґрунтах їх ефективність може зменшуватися, тому при виборі моделі та налаштуванні глибини обробки слід враховувати цю особливість.

Комбінований посівний комплекс (KG 3000 Special + Cataya 3000 Special) зображено на рисунку 1.6.

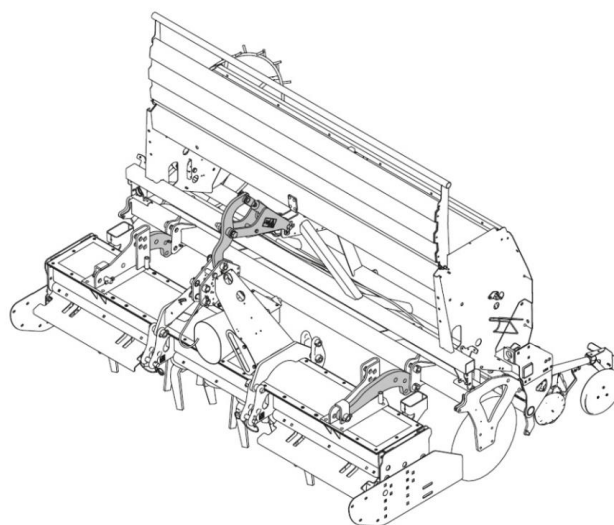


Рисунок 1.6 – Вигляд посівного комплексу

1.4.1. Агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту та посіву озимої пшениці.

У лісостеповій зоні спостерігаються нестабільні кліматичні умови, особливо осінню, коли часто виникає проблема недостатньої вологи в ґрунті.

Озиму пшеницю починають висівати 25 вересня 10 жовтня.

Ротаційні культиватори, зокрема модель КГ, використовуються на різних типах ґрунтів, проте найкраще працюють на середніх і легких ґрунтах. На важких або глинистих ґрунтах, їх ефективність може знижуватись, тому потрібно враховувати це при виборі моделі та налаштуванні глибини обробки.

Для обробки важких ґрунтів можуть знадобитися спеціальні ножі або модифікації ротаційного культиватора, що дозволяють досягти глибшої обробки або кращого подрібнення ґрунту.

Зазвичай глибина обробки коливається від 5 до 25 см в залежності від типу ґрунту, попередньої обробки та специфікації культиватора.

Операційна швидкість ротаційного культиватора може варіюватися від 5 до 12 км/год, в залежності від типу культури та стану ґрунту. Важливо не перевищувати рекомендовану швидкість, оскільки це може вплинути на якість обробки ґрунту[17].

Показники якості: висівні апарати сівалок повинні забезпечувати рівномірний і стабільний процес висіву насіння. Допустимий рівень нерівномірності висіву між окремими апаратами не повинен перевищувати 6% для зернових культур, 10%. Під час проведення сівби насіння не повинно зазнавати пошкоджень з боку висівних апаратів. Враховуючи це, максимально допустимий рівень пошкодження насіння зернових культур становить 0,2%[18].

Агротехнічні вимоги для умов експлуатації: техніка повинна використовуватися на полях, де вологість ґрунту коливається від 14% до 23%, твердість ґрунту не перевищує 1,5 МПа, а його щільність не перевищує 1,0 г/см³[18].

Показники якості: глибина обробітку ґрунту внаслідок ущільнення повинна становити 2,5 см, при цьому середньоквадратичне відхилення від заданої глибини не має перевищувати 2,0 см. Вміст грудок за фракціями: до 15 мм — не більше 70%, понад 30 мм — не більше 2%. Допустимий рівень гребенистості поверхні поля не повинен перевищувати 1,6 см[18].

Таблиця 1.2 – Агротехнічні вимоги до сівалки

Найменування показників	Значення показників
Норма висіву (пшениця), кг/га	
- насіння	60 – 260
- добрив	25 – 200
Глибина ходу сошників, мм	30-80
Нерівномірність висіву, %	3,0
Нестійкість загального висіву, %	2,8
Дроблення насіння, %	0,28

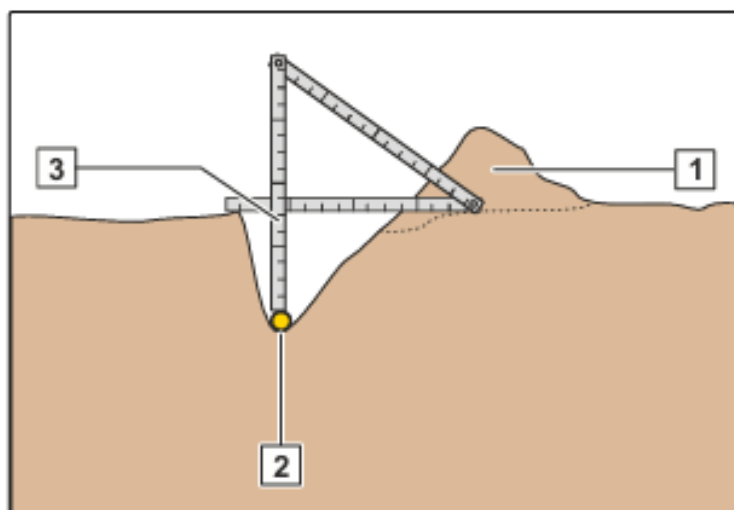


Рисунок 1.7 – Глибина укладання насіння

14.2. Підготовка МТА до роботи

- Для наладка енергетично засобу потрібно: налаштувати колію усіх коліс 1995 мм.
- Тиск у задніх шинах становить 1.2-1.4 МПа, передніх 1.2-1.7 МПа.
- Посівний комплекс ставлять на регулювальний майданчик.
- Карданна передача використовується для з'єднання привідного редуктора ґрунтофрези й сівалки з валом відбору потужності енергетичного засобу.
- Автоматичну зчіпку слід опустити вниз за допомогою гідроциліндра і з'єднати з площиною замка ґрунтофрези.
- За допомогою гідравлічної системи підняти навіску до спів падіння зуба собачки в кінець замка.
- Приєднати штепсельну вилку та розетку ISOBUS електрообладнання до розетки енергетичного засобу.

Під час щоденного технічного обслуговування виконуються такі операції:

- Очищують МТА від бруду і залишків мінеральних добрив, перевіряють стан пружин і замків.
- Проводять зовнішній огляд шин трактора і посівного комбінованого агрегату.
- Відповідно до регламенту таблиці змащення здійснюють обробку необхідних вузлів.
- Перевіряють рівень палива, охолоджувальної рідини та оливи в картері двигуна, при потребі доливають.
- Контролюють надійність кріплення складових частин МТА, таких як кронштейни, опори коліс і сошників.
- Оцінюють величину технологічних зазорів.
- Запускають двигун, перевіряють роботу контрольно-вимірювальних приладів, гідравлічної системи та світлової сигналізації.

- Переглядають роботу ґрунтофрези та сівалки на холостому ході шляхом прокручування ВВП енергетичного засобу.

Перевірка сівалки:

Перевірити стан сошників (відсутність пошкоджень, знос).

Перевірити налаштування глибини посіву та рівень насіння у бункері.

Перевірити наявність і стан механізмів, що відповідають за подачу насіння (ролики, шестерні). [17].

Система внесення добрив:

Перевірити систему для внесення добрив: резервуар для добрив, трубопроводи, систему рівномірного розподілу. [17].

Загальні принципи роботи висівного апарату Amazone Cataya

Сівалка оснащена дозувальною системою PreciS, яка гарантує точне висівання насіння незалежно від швидкості руху.

Регулювання виконується за допомогою SmartCenter, центрального модуля для калібрування та налаштувань.

Контроль параметрів доступний через електронні термінали AmaTron4, які дозволяють стежити за нормою висіву, швидкістю та площею [17].

Таблиця 1.3 – Налаштувань сошників та штригельної борони

Компоненти	Параметр	Спосіб регулювання	Діапазон значення	Примітки
Сошники TwinTec	Глибина висіву	Центральний важіль	0-6 см	Залежить від культури та типу ґрунту
	Тиск на сошники	Механічно або гідравлічно	0-100 кг	Важкі ґрунти більший тиск
	Відстань між сошниками	фіксована	15 см	Стандартна для зернових
	Висівне вікно	Змінне (через PreciS)	Стандарт дрібно зернове	Перемикаються в ручну
Штригельна борона	Кут атаки зубів	Механічне регулювання	0-30°	Менший кут для легких ґрунтів

1.4. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи магістра

Метою виконання кваліфікаційної роботи магістра є дослідження параметрів ґрунтооброблювального агрегату з посівним комплексом.

Технологією посіву озимої пшениці є послідовність виконання технологічних операцій у які входять: лушення стерні, внесення органічних або мінеральних добрив, зяблева оранка, підготовка ґрунту ротаційним культиватором та процес посіву озимої пшениці.

В процесі виконання всіх технологічних операцій найскладнішою є операція підготовки ґрунту з одночасною сівбою та внесенням мінеральних добрив як безперервно залежить від швидкості руху МТА норми висіву, кг/га кількості технологічних проходів агрегату.

Оскільки на території України з кожним роком з'являється проблема з нестачею вологи у ґрунті, тому я запропонував комбінований посівний комплекс з одночасною підготовкою ґрунту та посівом озимої пшениці за один прохід.

Запропонував комбінований посівний агрегат який включає в себе ротаційний культиватор на насадну сівалку зображено на рисунку 1.3

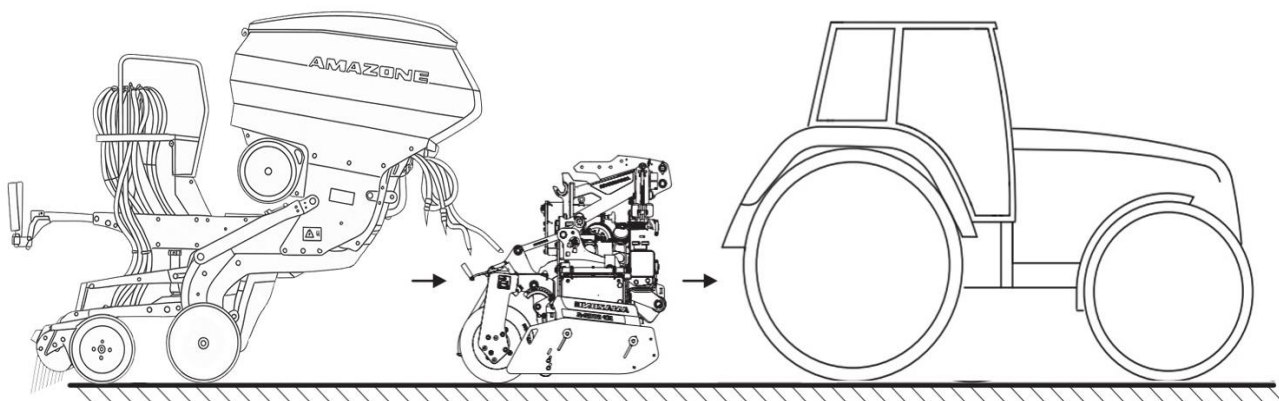


Рисунок 1.8 – Комбінований посівний агрегат

Тому тема кваліфікаційної роботи має назву «Обґрунтування конструкції комбінованого висівного агрегату з дослідженням процесу висівання зернових культур з одночасною підготовкою ґрунту».

2 АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.

2.1. Необхідність впровадження комбінованого агрегату

У лісостеповій зоні спостерігаються нестабільні кліматичні умови, особливо осінню, коли часто виникає проблема недостатньої вологи в ґрунті.

Озиму пшеницю починають висівати 25 вересня 10 жовтня. Для вирішення проблеми з браком вологи в верхньому шарі ґрунту доцільно використовувати, комбінований агрегат це ґрунто-фреза з сівалкою аналогічні тим, що застосовуються у просапних сівалках.

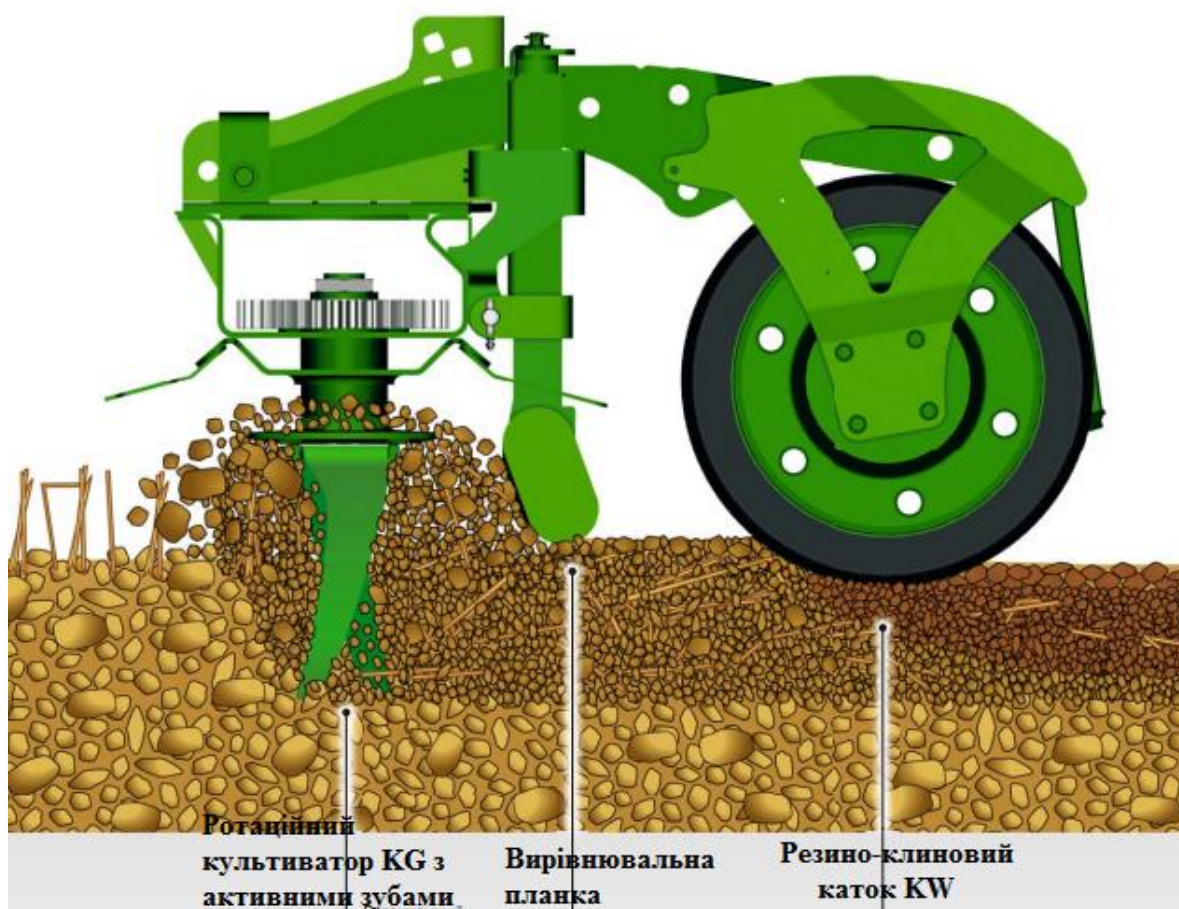
Тим же зменшується витрата палива та випаровування вологи з ґрунту оскільки за один агротехнічний прохід виконується 3 операції підготовка ґрунту, внесення мінеральних добрив та посів озимої пшениці з одночасним прикочуванням.

За допомогою комбінованого агрегату отримаємо однорідні дружні сходи озимої пшениці.

Порівняно з традиційним горизонтальним ротаційним обробітком ґрунту, вертикальний ротаційний обробіток ґрунту має переваги, такі як висока ґрунторозривна здатність, більша глибина обробітку ґрунту, швидша робоча швидкість тощо. Як важлива частина ротаційного культиватора, роторний різак може зрізати великі шматки ґрунту шляхом обертання та зрізання ґрунту, тоді як просторове розташування роторного різака, параметри конструкції інструменту та робочі параметри безпосередньо впливають на якість роботи та втрати потужності ротаційного культиватора. Існуючі дослідження структури та робочих параметрів вертикальних ротаційних культиваторів обмежені, але деякі експерти та вчені працюють у цій галузі[19].

2.2. Принцип роботи ротаційного культиватора

Принцип роботи ротаційного культиватора KG 3000 Special.



а)



б)

Рисунок 2.1 – Схема роботи ротаційного культиватора на рисунка а) зображено базову машину; б) зображено схему комбінованого посівного агрегату

На рисунку 2.2 зображено складальна схема ротаційного культиватора KG-3000 Special.

Ротаційний культиватор KG-3000 Special навішується на 3 точкову навіску трактора категорії (3) приводяться в рух робочі органи ротаційного культиватора від валу відбору потужності трактора встановлено головний редуктор зміни обертів (362/428 оберти тримача ножа), блок схемка зображена на рисунку 2.3 [17].

Оскільки ротаційний культиватор є енергоємною машиною та посівний комплекс необхідно вибрати потужний енергетичний засіб для приведення в дію усі робочі органи машини.

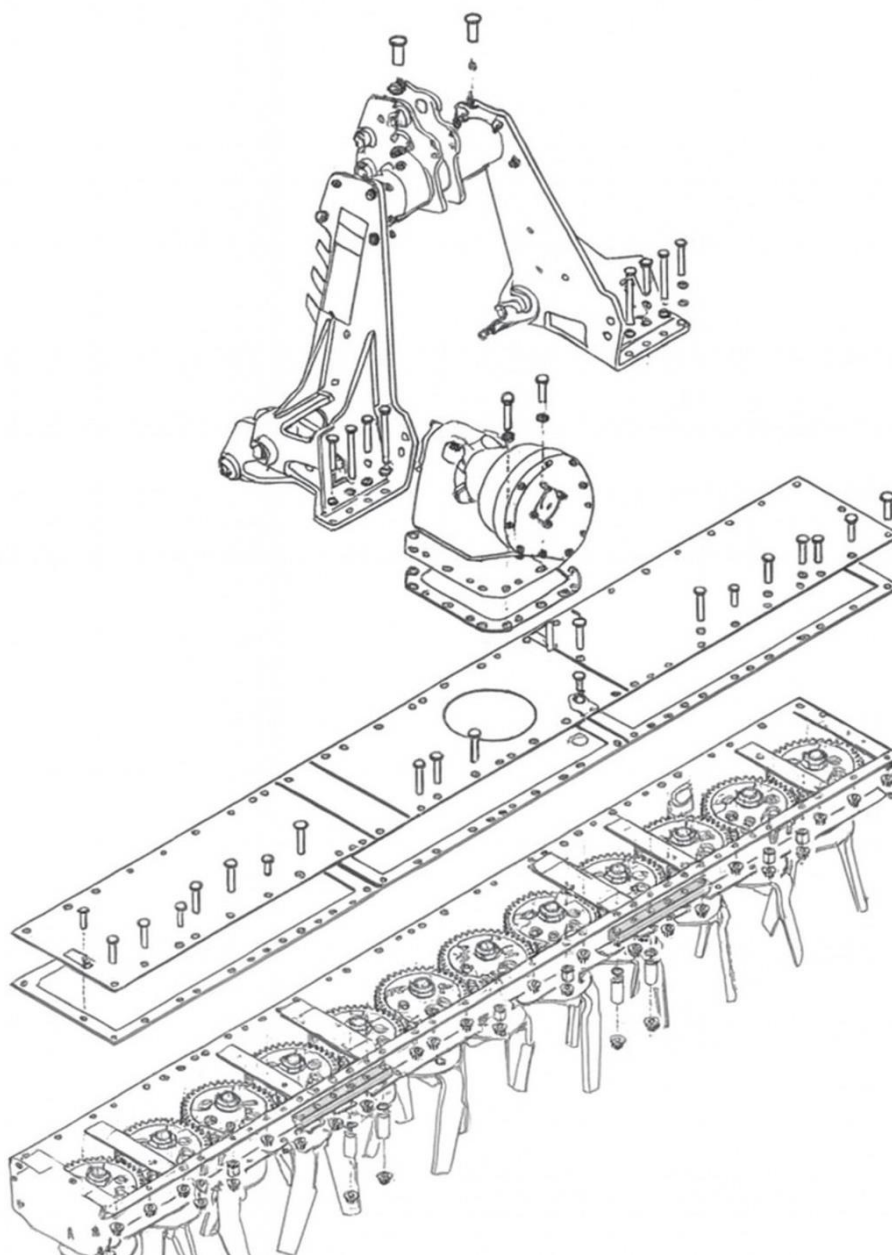


Рисунок 2.2 – Складальна схема ротаційного культиватора
Карданний вал передає крутний момент від валу відбору потужності енергетичного засобу через редуктор ротаційного культиватора на привідний

вал робочих органів. До вала робочих органів кріпляться 2 ножі. Також через головний редуктор проходить наскрізний вал для приводу сівалки Cataya 3000 Special. З електричним приводом електродвигуна.

На карданному валу встановлена захисна муфта, момент спрацювання муфти становить 2500 Нм [17].

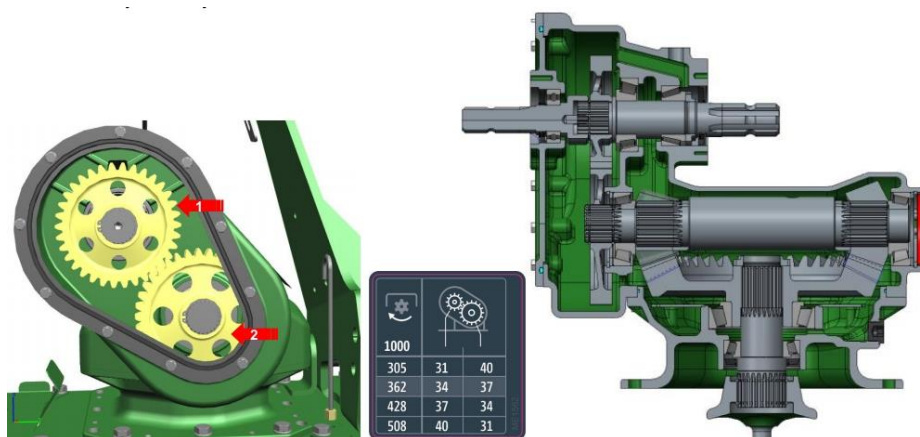


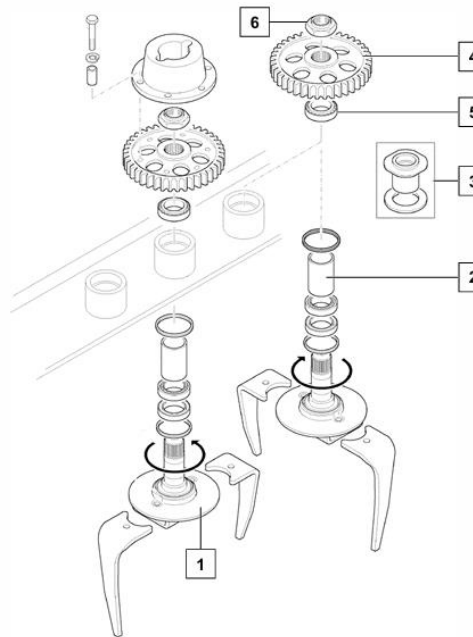
Рисунок 2.3 Вигляд редуктора в поперечні перетині

Що забезпечити належну якість підготовки ґрунту різного типу до посіву, необхідно адаптувати частоту обертання робочих органів. Вал відбору потужності трактора необхідно встановити на частоту обертання 1000 об/хв.

При встановленні зубчастих коліс 25 зубів та 19 зубів при 1000 об/хв. Частота обертання робочих органів буде становити 405 об/хв. Розрахунок обертів за формулою 3.10



Рисунок 2.4 – Схема передачі крутного моменту від ВВП



1. Привідний вал робочого органу, 2. Розпірна втулка, 3. Ремонтний комплект, 4. Циліндричне зубчасте колесо, 5. Конічний роликовий підшипник, 6. Гайка циліндричного зубчастого колеса.

Рисунок 2.5 – Схема кріплення робочих органів

Рамний картер циліндричних шестерень та валів має подвійне дно та приварену втулку підшипника, більш плоский піддон, має меншу відстань між валом робочих органів та рамним картером товщина стінки картера становить 8 мм.

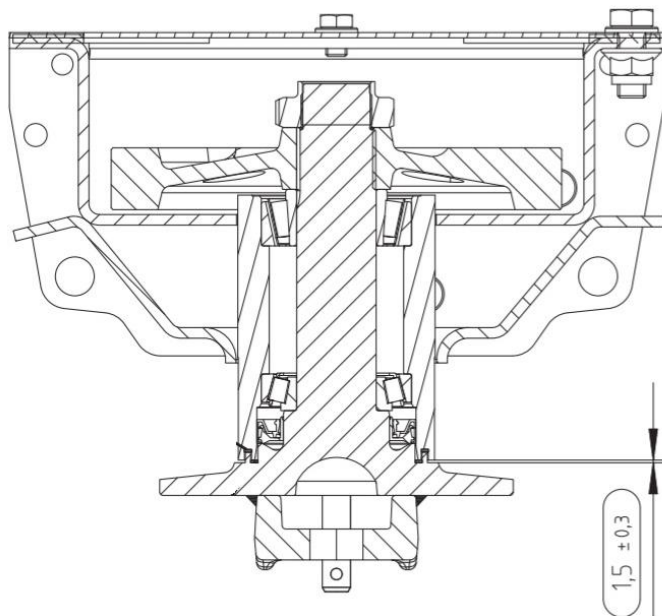


Рисунок 2.6 – Рамний картер ротаційного культиватора

Вал робочих органів виконаний з суцільного металу високоякісної сталі. Діаметр вала становить 60 мм, загальна довжина вала становить 246,7 мм. Натяг конічно-роликових підшипників, та фіксування робочого циліндричного колеса здійснюється за допомогою гайки М40х1,5. На валу нарізані шліци для з'єднання циліндричної шестерні з робочим валом. Вал робочих органів встановлено на конічних роликових підшипниках з великою відстанню один від одного ця відстань становить 100 мм. Для герметизації нижньої частини служить сальник (ущільнення) також є лабіринтний додатковий захист від рослинних решток та інших механічних пошкоджень.

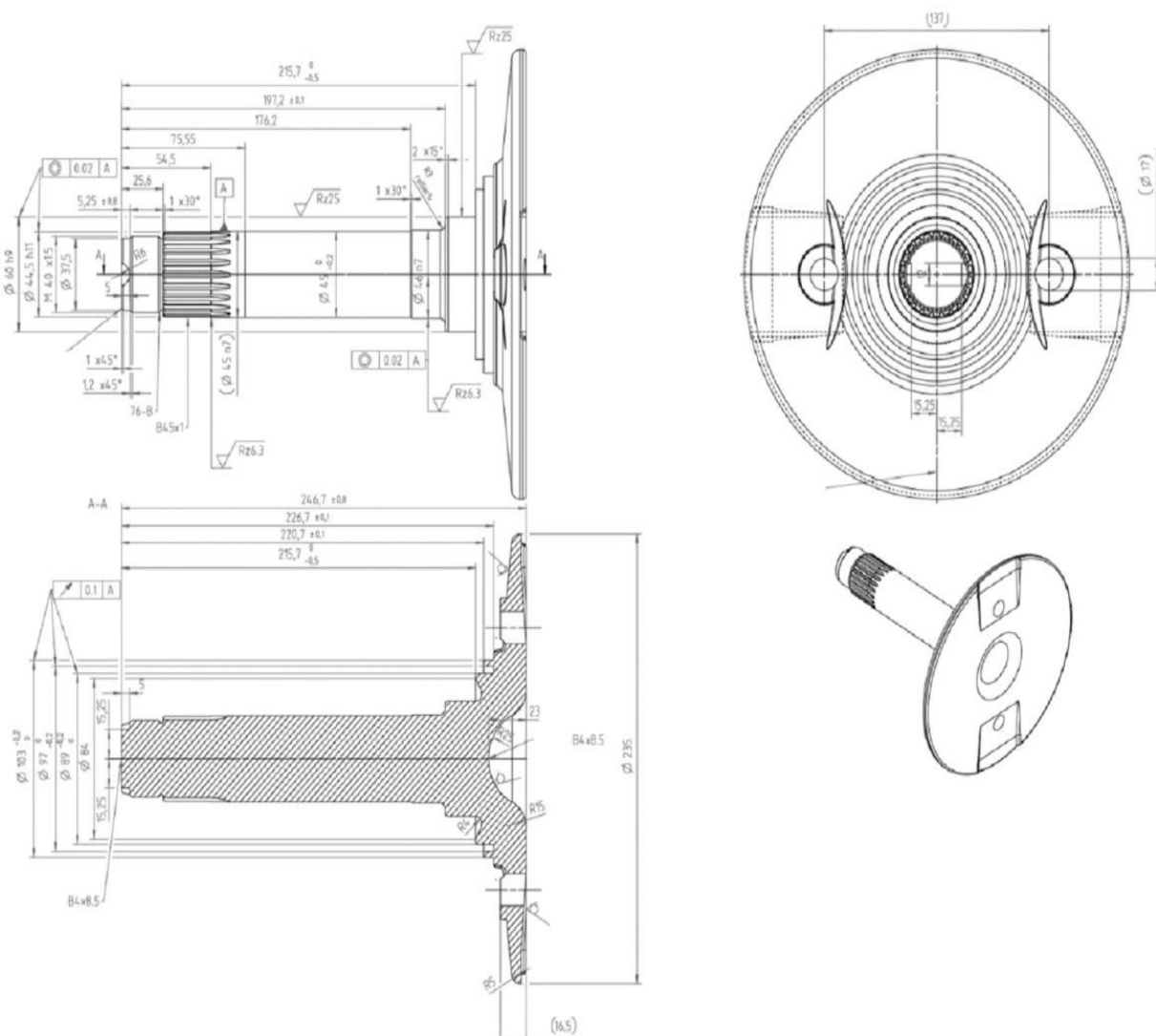


Рисунок 2.7 – Креслення робочого вала

На рисунку 2.8 зображено з'єднання циліндричного колеса з головним редуктором через проміжний вал який зображено на рис 2.9

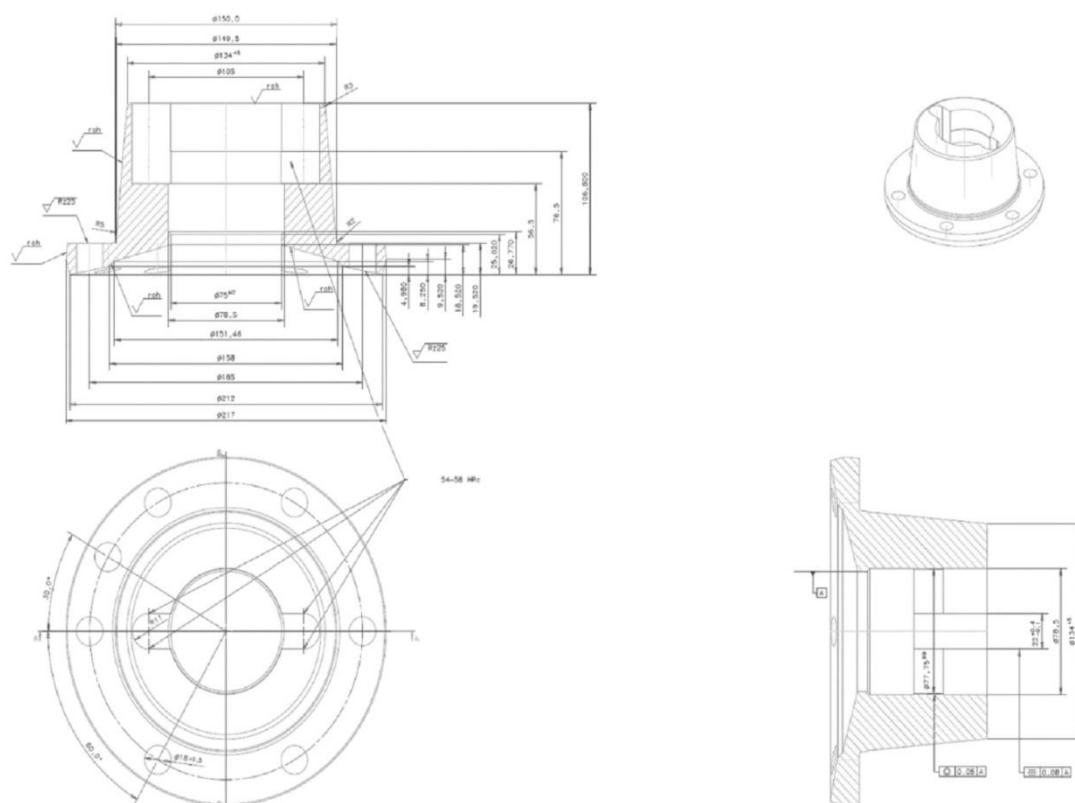


Рисунок 2.8 – З'єднання циліндричної передачі

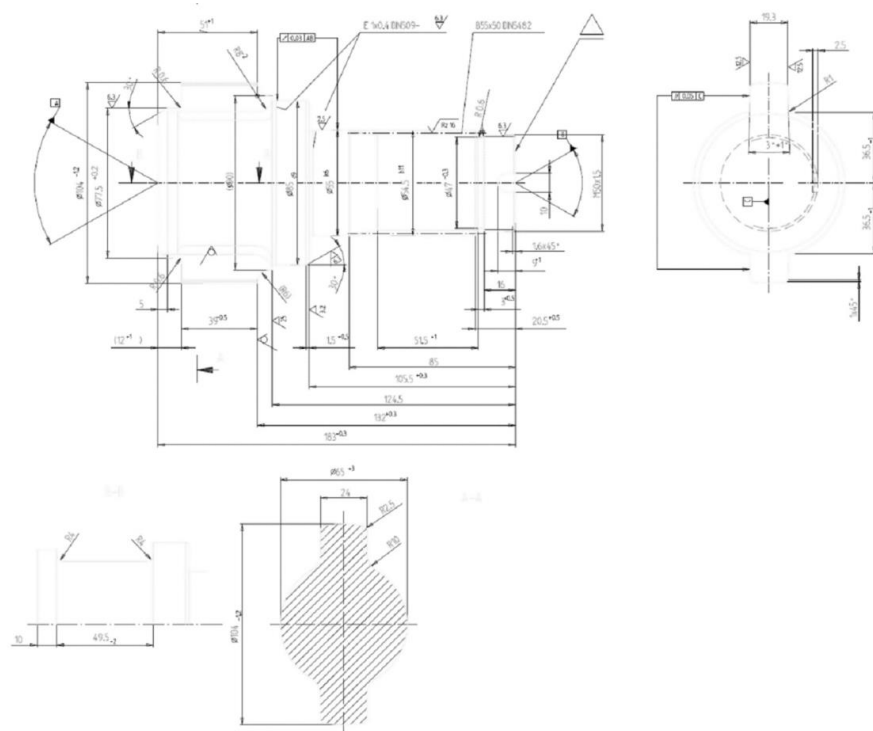


Рисунок 2.9 – Проміжний вал приводу циліндричної шестерні

Приймаємо 12 роторів як і зображено на рисунку 2.10. На кожному закріплюють по два ножі лівий і правий ($m=2$). Ножі на (валу) розміщують так, щоб забезпечити незначні коливання крутного моменту. Цій умові найбільш повно задовольняє розміщення ножів по горизонталі.

На рисунку 2.10 зображено схему розміщення робочих органів та кутів установки перекриття ножів.

Під час встановлення валів робочих органів потрібно стежити за тим щоб, вали розташовувались з кутом зміщення 15° від положення 90° . Це означає, що перший вал встановлюється в положення 0° , то наступний має бути зі зміщенням $90, 75, 45, 30, 15^\circ$.

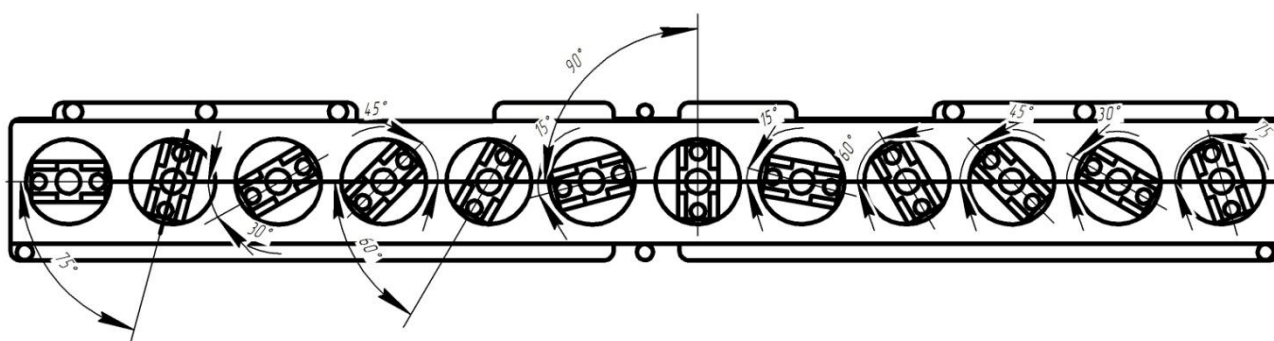
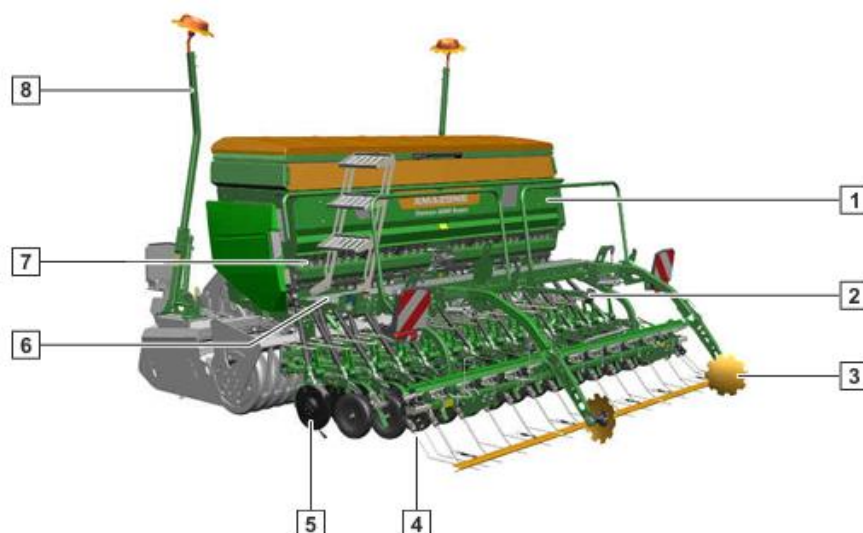


Рисунок 2.10 – Розроблена схема розміщення робочих валів

Сівалка Cataya 3000 — це навісна механічна техніка для точного посіву насіння зернових та дрібнонасінних культур (пшениця, ячмінь, ріпак тощо). Має робочу ширину 3 метри і може бути з'єднана з ґрунтообробними машинами, такими як ротаційні борони чи культиватори, для виконання комплексного обробітку ґрунту та одночасного посіву, гарантуючи правильне загортання насіння та ущільнення посівного ложа [26].

Механічний привід від приводного колеса є ефективним і економічним рішенням для сівалки Cataya Special. Привідне колесо розташоване з правого боку посівної комбінації, рухаючись у напрямку її руху, що забезпечує його постійну видимість для оператора. Це дозволяє повністю відсунути колесо в разі необхідності, що дає змогу здійснювати точний та чистий посів у кутових зонах поля. Завдяки великому діаметру приводного колеса, досягається

стабільний та рівномірний привід дозуючого механізму, що позитивно впливає на точність та ефективність сівби [27].



1. Бункер, 2. Радарний датчик, 3. Технологічна колія, 4. Штригельна борона для вирівнювання, 5. Двохдисковий сошник Twin Tec, 6. Площатка, 7. Висівний механізм (дозатор), 8. Маркер.

Рисунок 2.11 – Загальний вигляд сівалки



1. Точка кріплення 2. SmartCener

Рисунок 2.12 – Вид з переду

На рисунку 2.13 зображено кронштейн кріплення сівалки на ротаційний культиватор. Максимальна загрузка до 2500 кг.

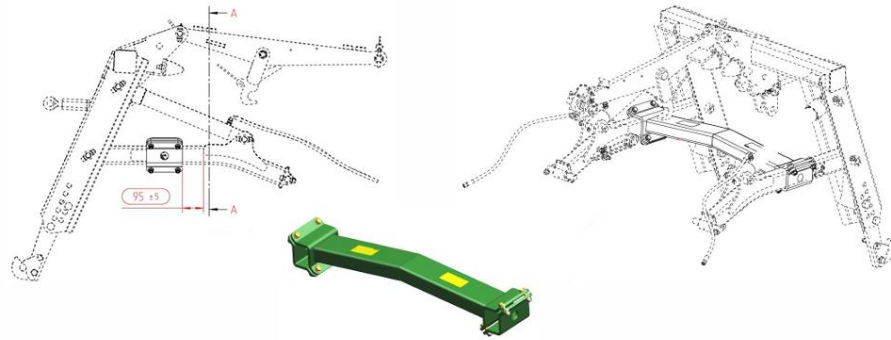


Рисунок 2.13 Кронштейн навішування

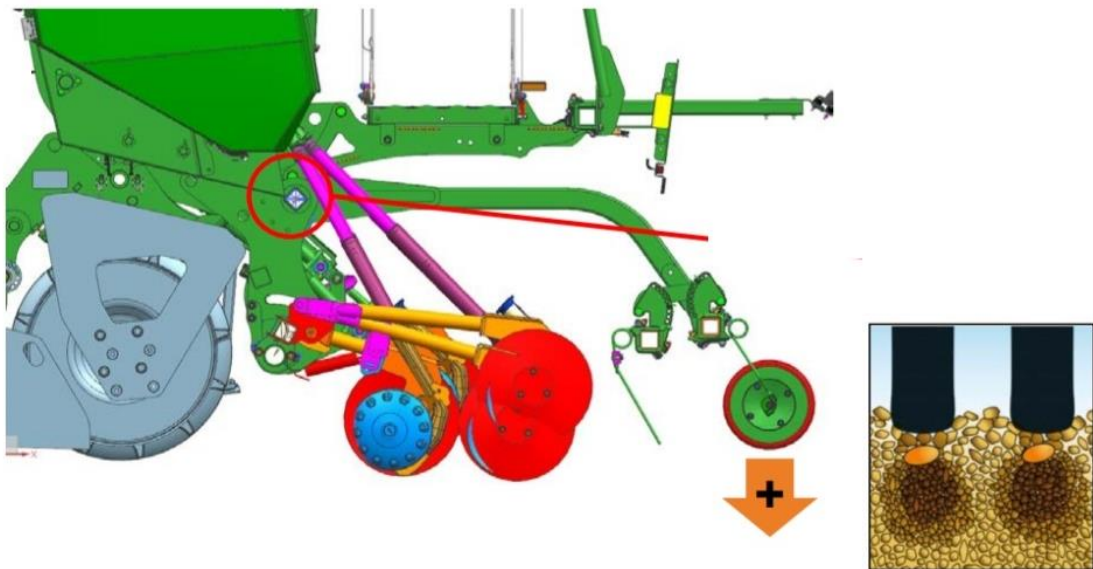


Рисунок 2.14 – Насіє проводи та якість укладання насіння

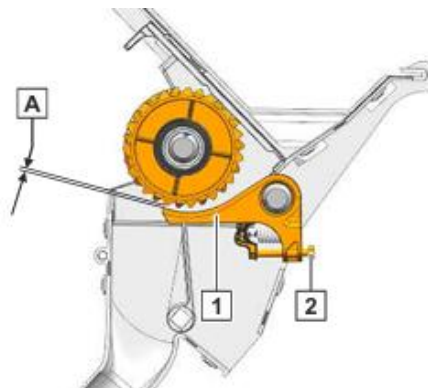
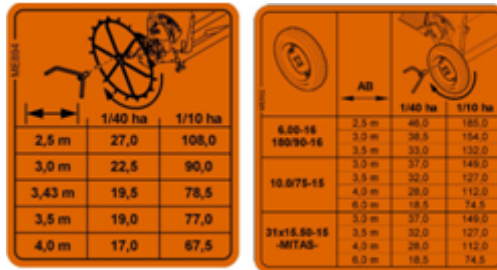


Рисунок 2.15 – Регулювання клапанів висівного апарату

Регулювання проводиться:

Встановити важіль клапана висівного апарату 1 на пластині з фіксуючими пазами 2 у положення 1.

Перевірити регулювальний гвинт 3 величина зазору якого становить 9 мм. 3 перевірити клапани висівного апарату на легкість ходу. 4 перевірити передбачений зазор 0,1...0,5 мм між висівною котушкою та клапаном у разі відхилення необхідно відрегулювати його.



	1/40 ha	1/10 ha
2,5 m	27,0	108,0
3,0 m	22,5	90,0
3,43 m	19,5	78,5
3,5 m	19,0	77,0
4,0 m	17,0	67,5

	1/40 ha	1/10 ha
6.90-16	2,5 m	46,0
180/90-16	3,0 m	38,5
	3,5 m	33,0
	3,0 m	37,0
10.0/75-15	3,5 m	32,0
	4,0 m	28,0
	6,0 m	18,5
31x18.50-16	3,0 m	37,0
MITAS	3,5 m	32,0
	4,0 m	28,0
	6,0 m	18,5

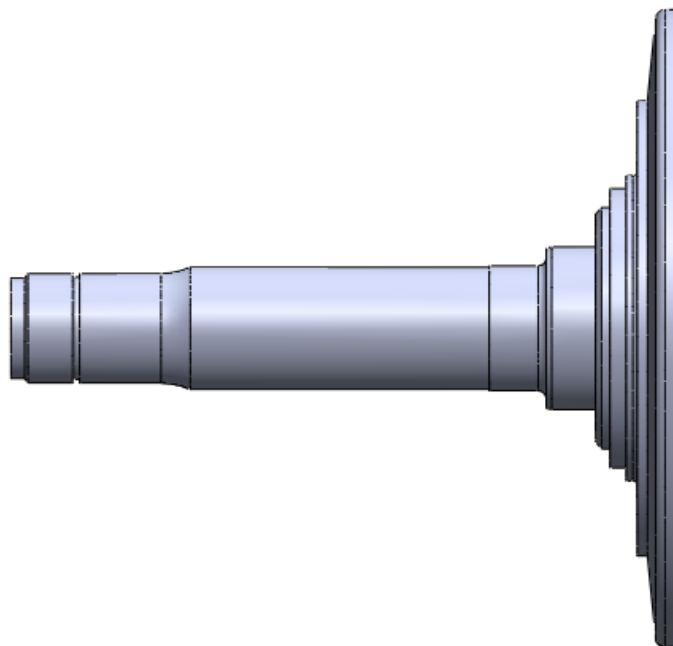
Рисунок 2.16 – Таблиця норми висіву

1.Розмір шини, 2. Ширина захвату агрегату, 3. Кількість обертів колеса

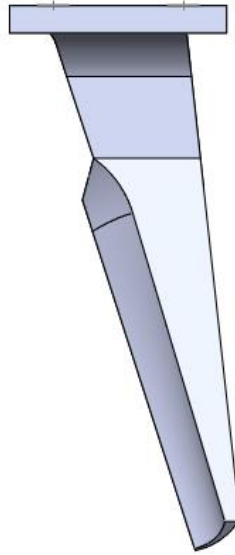
- 1/40 га (250м²)
- 1/10 га (1000м²)

2.3. Проектування робочих органів ротаційного культиватора

В процесі експлуатації даний вузол отримує великі навантаження, які можуть деформуватися.



a)



б)

а) ніж, б) привідний вал

Рисунок 2.17 – 3d моделі робочих органів ротаційного культиватора
Тому розрахунок деталей на міцність проводилися за допомогою програми SolidWorks.

Побудова 3d моделі

Дослідження напружено-деформованого стану вала та ножа виконаємо за допомогою програмного забезпечення SolidWorks.

Твердотільна модель вала та ножа створена шляхом побудови ескізу (рис. 2.18)

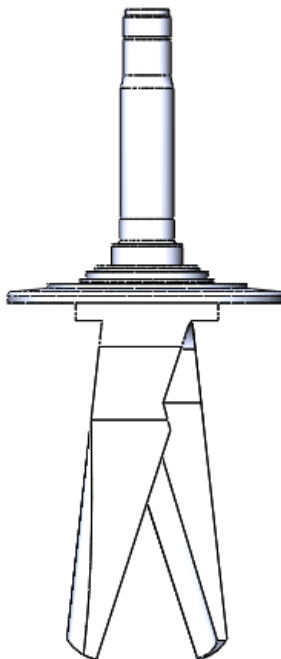


Рисунок 2.18 – 3d модель робочого органу ротаційного культиватора

Для проведення інженерного аналізу використаємо модуль Simulation програмного продукту SolidWorks.

Для цього на твердолійній моделі вала та ножа створюємо сітку кінцевих елементів з глобальним розміром 5 мм (рис. 2.19).



Рисунок 2.19 – Сітка кінцевих елементів на 3d моделі робочих органів

Задаємо навантаження на вал робочого органу ротаційного культиватора – розподілене зусилля 150 Н, прикладене до робочих поверхонь ножа та передачі крутного моменту на валу у горизонтальному напрямку (рис. 2.20).

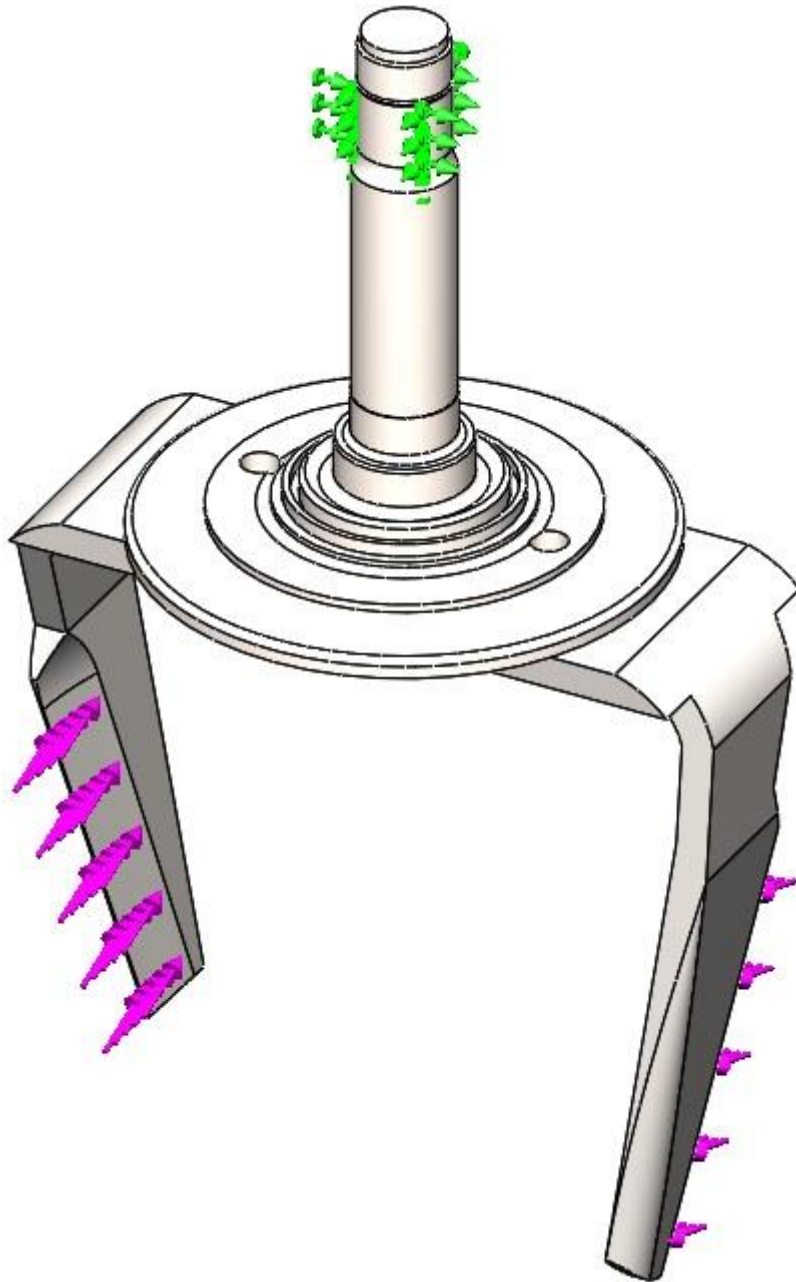


Рисунок 2.20 – Навантаження на робочі поверхні

Дослідження напружено-деформованого стану робочого органу ротаційного культиватора будемо виконувати:

За заданими характеристиками моделі методом скінченних елементів системою розраховуються параметри напружено-деформованого стану вала та ножа.

Ізограма розподілу нормальних напружень (за Фон-Мізесом) показано на рис. 2.21.

Максимальні нормальні напруження на поверхні ножа виникають у місці згину ножа і становлять $\approx 36,19$ МПа.

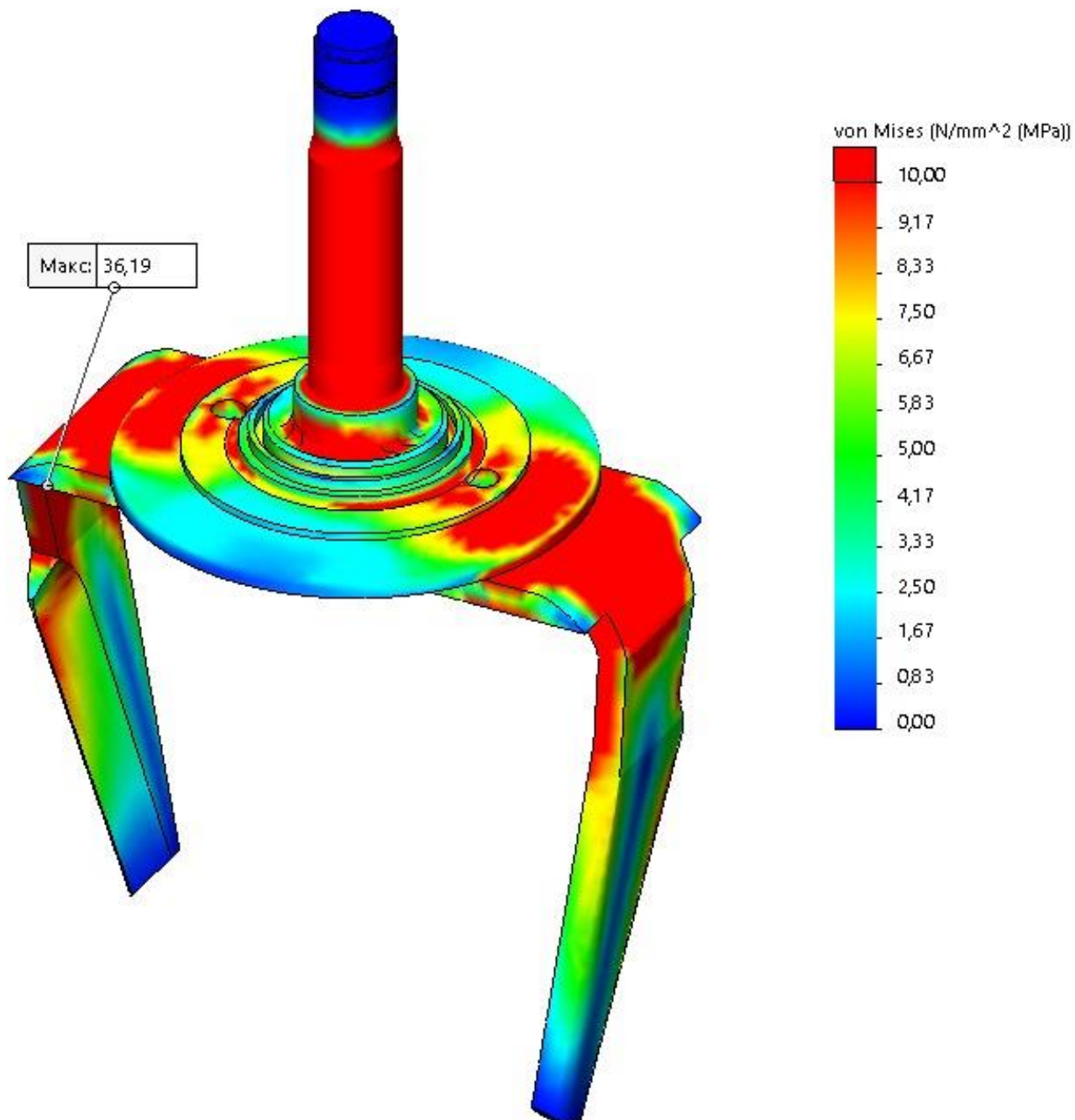


Рисунок 2.21 – Ізограма нормальних напружень (за теорією Фон-Мізеса):

Ізограму переміщень котка показано на рис. 2.22.

Максимальні деформації поверхні ножа спостерігаються на кінці ножа становлять 0,50 мм. При твердості ґрунту 495 кг/см. Переміщення поверхні ножа направлене вертикально в низ.

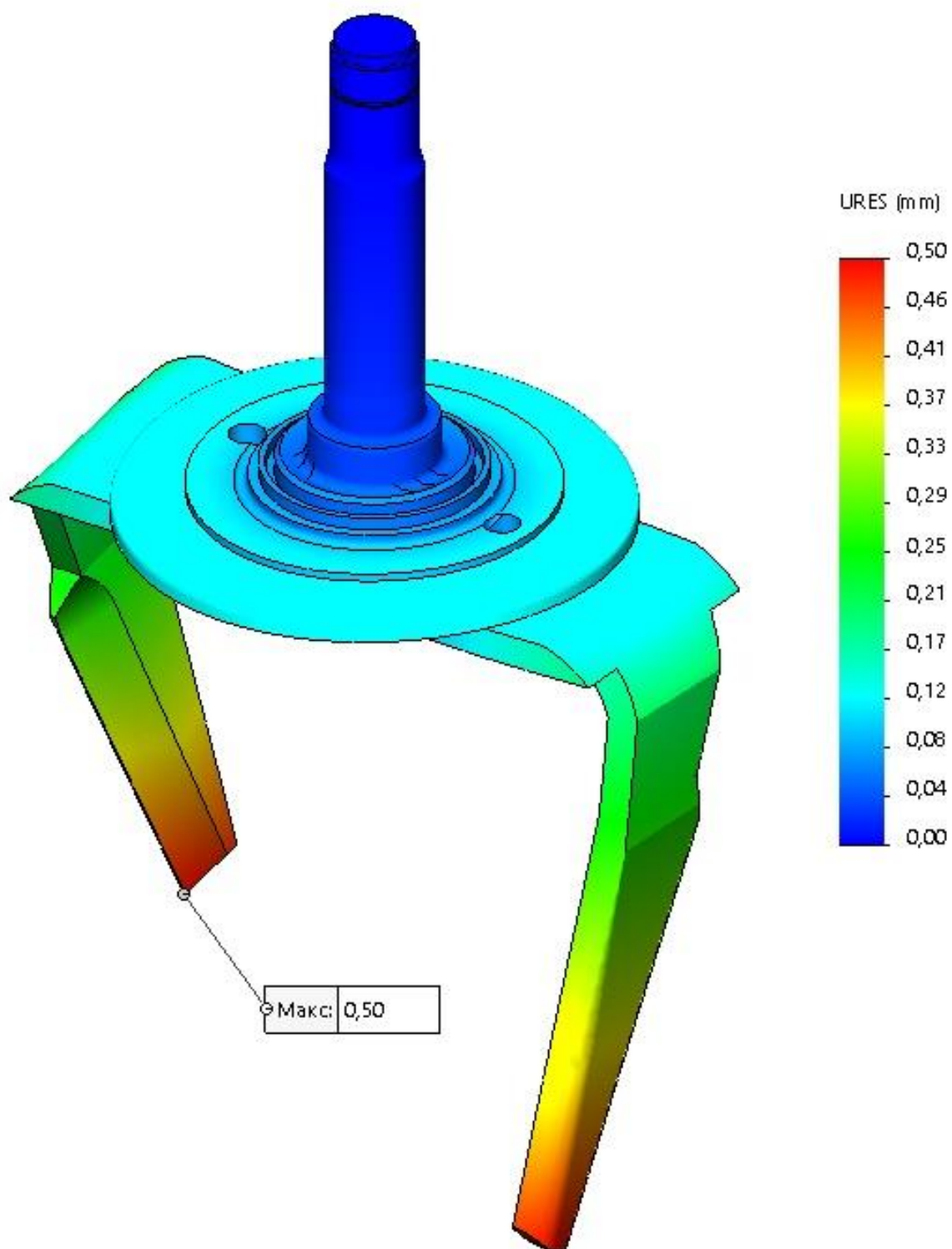


Рисунок 2. 22 – Ізограма переміщень ножа

Для перевірки міцності конструкції робочих органів ротаційного культиватора візуалізуємо у програмному середовищі ізограми розподілу коефіцієнтів запасу міцності для проведених розрахунків (рис. 2.23).

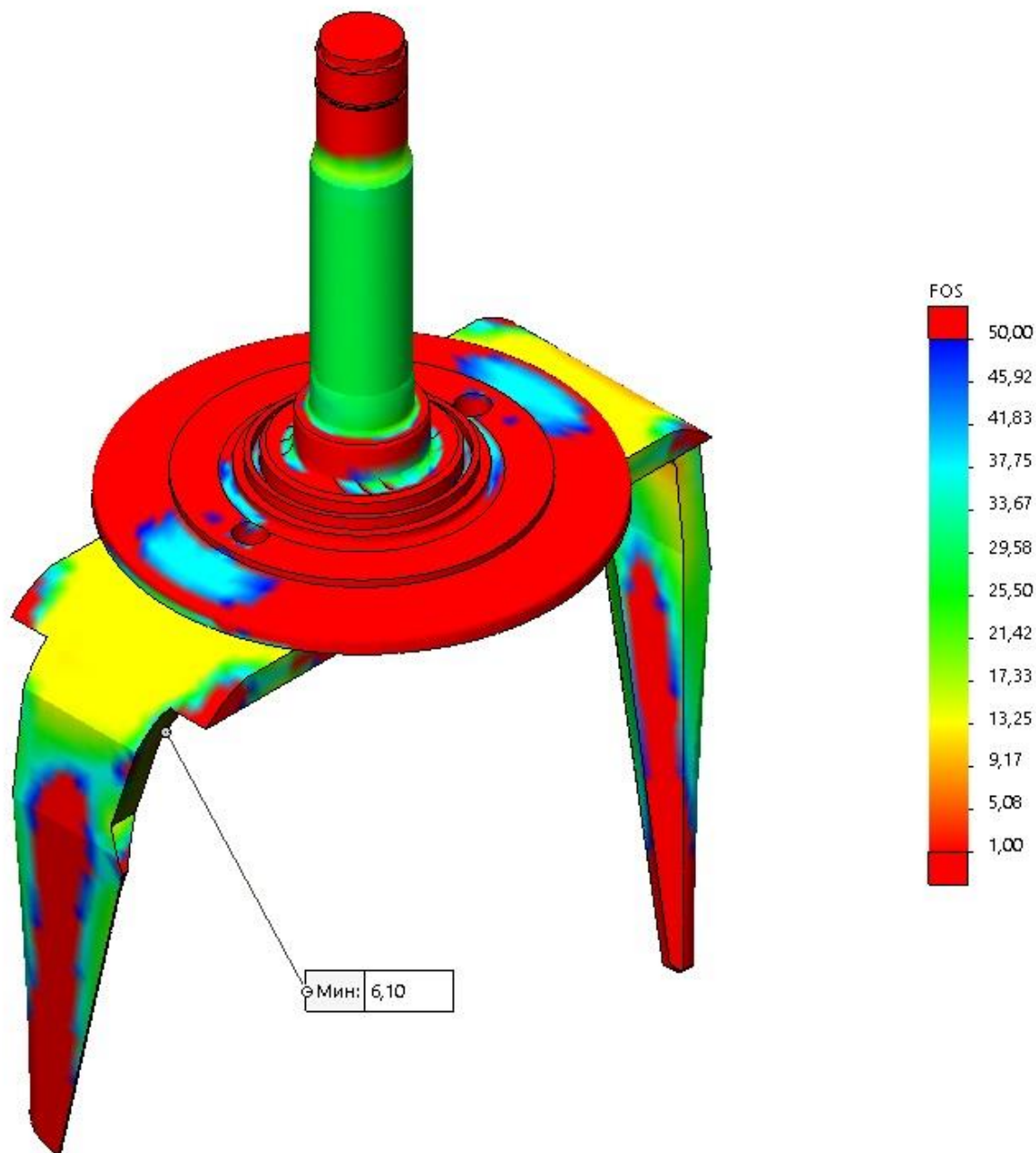


Рисунок 2.23 – Розподіл коефіцієнту запасу міцності робочого органу ротаційного культиватора

З отриманих результатів бачимо, що коефіцієнт запасу міцності задовольняє 6,10.

2.4. Розрахунок машино-тракторного агрегату

Відповідно до агротехнічних вимог підготовки ґрунту та посіву озимої пшениці, комплектуємо енергетичний засіб Claas Axion 850 оскільки посівний комплекс (ґрунтофреза KG-3000 Special та сівалка) є запропонована темою кваліфікаційної роботи.

Визначення тягового зусилля трактора для рівномірного руху

$$P_T = \frac{(104 \cdot N_e \cdot \eta_{TP})}{(\eta_{дв} \cdot r_k) - G_{TP} \cdot (f \pm i)}; \quad (2.1)$$

Отже

$$r_k = r_0 + \lambda \cdot h_{ш} \quad (2.2)$$

Тоді

$$r_k = 0,53 + 0,85 \cdot 0,50 = 0,955 \text{ м.}$$

Тоді

$$P_T = \frac{(104 \cdot 197 \cdot 0,98)}{(1500 \cdot 0,955) - 77,5 \cdot (0,015 + 0,08)} = 14,1 \text{ кН.}$$

Визначення необхідної потужності двигуна та ступень використання визначаю за залежністю

$$N_e = \frac{[R_a + G_m \cdot (f_m + i)] \cdot V_p}{3,6 \cdot \eta_{мг} \cdot \eta_v} + \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}}; \quad (2.3)$$

Опір переміщення картоплесаджалки визначаю за залежністю

$$R_a = \frac{k_c}{B_p}; \quad (2.4)$$

Тоді

$$R_a \frac{34}{3} = 11,3 \text{ кН.}$$

Отже необхідна потужність двигуна буде становити

$$N_e = \frac{[11,3 + 77,5 \cdot (0,015 + 0,08)] \cdot 6,5}{3,6 \cdot 0,85 \cdot 0,94} + \frac{140}{0,91} = 196 \text{ кВт.}$$

Отже розрахуємо максимальну ширину захвату ґрунтофрези та сівалки

$$B_{max} = \frac{P_{гак}}{R_a + R_i}; \quad (2.4)$$

Робочу швидкість руху агрегату визначаємо за формулою, де $\delta=10\%$.

$$V_p = V_m \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right); \quad (2.5)$$

$$V_p = 7,24 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 6,5 \text{ км/год};$$

$$V_p = 9 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 8,01 \text{ км/год.}$$

Опір ґрунту визначаю за залежністю 2.6

$$K_V = k_0 \cdot \left(1 + K_{ПР} \cdot (V_p - V_0)\right); \quad (2.6)$$

$$k_v = 10 \cdot (1 + 1,25 \cdot (6,5 - 5)) = 28,9 \text{ кН/м}^2;$$

$$k_v = 10 \cdot (1 + 1,25 \cdot (8,01 - 5)) = 47,6 \text{ кН/м}^2.$$

Додатковий опір, який виникає при русі енергетичного засобу та посівного комплексу на кут піднімання в гору визначаємо за залежністю.

$$R_i = \frac{G_m \cdot i}{B_k}; \quad (2.7)$$

Тоді

$$R_i = \frac{28,45 \cdot 0,08}{3} = 0,76 \text{ кН.}$$

Підставивши значення отримаємо максимальну ширину захвату

$$B_{max3} = \frac{70}{11,3 + 0,76} = 4,9 \text{ м;}$$

Кількість комбінованих агрегатів визначаємо за залежністю 2.8

$$n_m = \frac{B_{max}}{B_k}; \quad (2.8)$$

$$n_{m3} = \frac{4,9}{3} = 1,63;$$

Отже, аналізуючи розрахунок за формулою 2.8 приймаю 1 комбінований агрегат для підготовки ґрунту та посіву озимої пшениці.

Визначаю привід робочих органів від ВВП за формулою де $N_{np}=150$ кВт, $\eta_{np}=0.93$, $\eta_d=0,94$

$$R_{вен} = \frac{9,6 \cdot N_{np} \cdot \eta_{np}}{V_p \cdot \eta_d}; \quad (2.9)$$

$$R_{ВВП} = \frac{9,6 \cdot 150 \cdot 0,93}{6,5 \cdot 0,94} = 204 \text{ кН/м;}$$

$$R_{ВВП} = \frac{9,6 \cdot 150 \cdot 0,93}{8,01 \cdot 0,94} = 166 \text{ кН/м.}$$

Тягово-привідний опір агрегату визначаю за залежністю

$$R_{\text{агр}} = k_v \cdot B_k \cdot n + R_{\text{ВВП}}; \quad (2.10)$$

$$R_{\text{агр}} = 28,9 \cdot 3 \cdot 1 + 204 = 290 \text{ кН};$$

$$R_{\text{агр}} = 47,6 \cdot 3 \cdot 1 + 166 = 308 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля енергетичного засобу визначаємо за залежністю 2.11

$$\eta_{mз} = \frac{R_{\text{агр}}}{R'_{\text{зак}}}; \quad (2.11)$$

$$\eta_{\text{тз3}} = \frac{290}{170} = 4,1;$$

$$\eta_{\text{тз4}} = \frac{308}{70} 4,4.$$

У складі агрегату CLAAS AXION850 + KG 3000 Special + Cataya 3000 ефективно використовувати діапазон В на третій передачі руху енергетичного засобу з робочою швидкістю 6,5 км/год.

2.4.1. Розрахунок продуктивності МТА та витрату палива

Продуктивність МТА являє собою показник обсягу виконаної роботи, що вимірюється за визначений інтервал часу. Це дозволяє оцінити ефективність діяльності, враховуючи кількість завдань, завершених в межах заданого періоду, а також темпи їх виконання.

Варто також враховувати, що в 1 кілограмі дизельного палива міститься приблизно 1,18 літра.

Визначення споживання пального енергетичним засобом здійснюється шляхом застосування відповідної залежності, яка відображає взаємозв'язок між технічними параметрами транспортного засобу, технологічними особливостями виконання операцій та умовами експлуатації. Цей підхід дозволяє врахувати ключові фактори, що впливають на ефективність використання пального, включаючи його витрати за різних режимів роботи чи навантажень.

$$G = \frac{G_p \cdot T_p + G_{xx} \cdot T_{xx} + G_3 \cdot T_3}{W_{зм}}; \quad (2.12)$$

Визначаю основний робочий час зміни

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau; \quad (2.13)$$

Підставивши значення отримаю

$$T_p = 7 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ год.}$$

Час зупинки агрегату

$$T_3 = \frac{T_{зм} - T_p}{3}; \quad (2.14)$$

Отже,

$$T_3 = \frac{7 - 5,6}{3} = 0,47 \text{ год.}$$

Час порожніх переїздів

$$T_{xx} = T_{зм} - T_p - T_3; \quad (2.15)$$

Підставивши значення

$$T_{xx} = 7 - 5,6 - 0,47 = 0,93 \text{ год.}$$

Час завантаження насіння озимої пшениці за зміну за залежністю

$$T_3 = t_3 \cdot n_3; \quad (2.16)$$

Скільки завантажень відбулося за зміну визначаю за залежністю 2.16

$$n_3 = \frac{G_v}{V_B}; \quad (2.17)$$

Кількість насіння висіяного за зміну визначаю за залежністю

$$G_v = W_{3M} \cdot N_B; \quad (2.18)$$

Підставимо значення

$$G_v = 13,44 \cdot 220 = 2,96 \text{ т.}$$

Кількість завантажень бункера було протягом зміни

$$n_3 = \frac{2,96}{750} = 4.$$

Час завантаження бункера озимою пшеницею за зміну

$$T_3 = 0,08 \cdot 4 = 0,32 \text{ год.}$$

Оцінка продуктивності МТА протягом зміни

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B \cdot v_p \cdot T_p; \quad (2.19)$$

Тоді

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 5,6 = 13,44 \text{ га/зм.}$$

З залежності 2.12 підставляємо значення

$$G = \frac{18 \cdot 5,6 + 4 \cdot 0,93 + 2,8 \cdot 0,47}{13,44} = 7,8 \text{ кг/га.}$$

Отже, на основі проведених розрахунків було встановлено, що продуктивність машинно-тракторного агрегату (МТА) становить $W_{зм} = 13,44$ гектара за одну зміну.

Споживання дизельного палива під час виконання посіву озимої пшениці на одному гектарі складає $G = 7,8$ кг, що еквівалентно 9,2 літра. Варто зазначити, що співвідношення маси до об'єму для палива становить $1 \text{ кг} = 1,18$ літра.

2.4.2. Вибір та розрахунок способу руху енергетичного засобу. Підготовка поля до роботи

Продуктивність і якість виконання робіт забезпечуються ретельною підготовкою ґрунту (зазвичай оранка проводиться не пізніше ніж за 3-4 тижні до посіву), правильною організацією процесу висіву озимої пшениці, а також підготовкою насіннєвого матеріалу та використанням мінеральних добрив.

Агротехнічні вимоги до підготовки поверхні поля передбачають досягнення таких умов: поверхня має бути рівною, без наявності борозенок, пагорбів чи інших нерівностей, які можуть впливати на якість посіву. Посів на полях з нерівномірною поверхнею може значно погіршити якість проведення робіт, зокрема це стосується дотримання прямолінійності рядків, рівномірності глибини загортання насіння та оптимальних умов садіння для озимої пшениці. Нерівності на полях створюють перешкоди для якісного ведення сільськогосподарських операцій, тому вирівнювання є важливою складовою підготовки ґрунту перед посівом.

Рух комбінованого агрегату повинен відповідати напрямку оранки. Перед здійсненням сівби проводиться підготовка ґрунту за допомогою комбінованого агрегату, що включає ґрунтофрезу та сівалку.

Посів озимої пшениці із підготовкою ґрунту виконується методом човникового руху МТА.

Машино-тракторний агрегат CLAAS AXION850 + KG 3000 Special + Сатауа 3000 щоб здійснити поворот потрібна смуга, шириною 13 метри, схема способу руху МТА зображена на рисунку 2.24

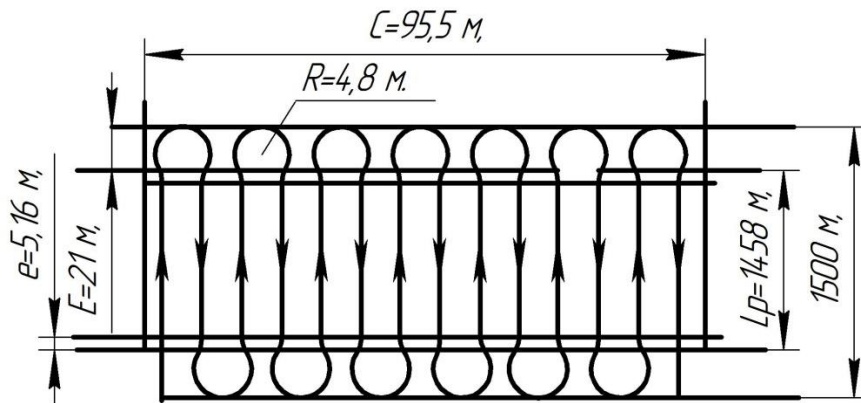


Рисунок 2.24 – Човниковий спосіб руху МТА

Визначення ширини заїмки МТА протягом робочої зміни

$$C = \frac{10^4 \cdot (2 \dots 3) \cdot W_{зм}}{L_p}; \quad (2.20)$$

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 13,44}{1500} = 269 \text{ м.}$$

Довжину холостого ходу під час повороту МТА визначаємо за формулою

$$S_x = 6 \cdot R + 2 \cdot e; \quad (2.21)$$

Потрібно врахувати що комбінований агрегат є начіпний тоді ми сприймаємо наступну розрахункову формулу визначення радіусу повороту агрегату

$$R = 1,6 \cdot B_p; \quad (2.22)$$

Підставимо значення

$$R = 1,6 \cdot 3 = 4,8 \text{ м.}$$

Виїзд агрегату визначаємо за залежністю

$$e = (0.50 \dots 0.75) \cdot l_a; \quad (2.23)$$

Кінематичну довжину енергетичного засобу та комбінованого агрегату визначаю за залежністю

$$l_a = l_m + l_c; \quad (2.24)$$

Отже,

$$l_a = 5,7 + 3,2 = 8,9 \text{ м.}$$

Отже виїзд націпного агрегату становитиме

$$e = 0,58 \cdot 8,9 = 5,16 \text{ м.}$$

Тоді отримаємо довжину холостого ходу при повороті

$$S_x = 6 \cdot 4,8 + 2 \cdot 5,16 = 39,12 \text{ м.}$$

Визначення робочої довжини гону за залежністю

$$L_p = L - 2 \cdot E_p; \quad (2.25)$$

Ширина поворотної смуги петльового способу руху агрегату становитиме

$$E_p = 3 \cdot R + e; \quad (2.26)$$

$$E_p = 3 \cdot 4,8 + 5,16 = 19,56 \text{ м.}$$

Фактична ширина поворотної смуги повинна бути не меншою, ніж ширина комбінованого посівного агрегату, та обов'язково кратною їй.

$$E_{\phi} = n \cdot B_p \geq E_p; \quad (2.27)$$

Схема повороту з отриманого результату зображено на рисунку 2.25

$$E_{\phi} = 7 \cdot 3 = 21 \geq 19,56 \text{ м.}$$

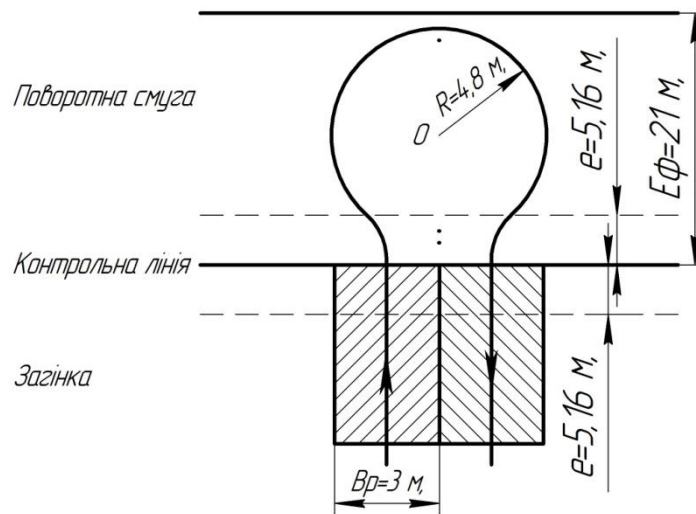


Рисунок 2.25 – Схема повороту з отриманого результату

Визначаю кількість загінок за залежністю

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot S_{\phi}}{L \cdot C_{\text{опт}}}; \quad (2.28)$$

Оптимальна ширина загінки визначаю за тотожністю

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16 \cdot R^2 + 2 \cdot L_p \cdot B_p}; \quad (2.29)$$

Отже, робоча довжина гону

$$L_p = 1500 - 2 \cdot 21 = 1458 \text{ м.}$$

Оптимальна ширина заїнки буде становити

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16 \cdot 4,8^2 + 2 \cdot 1458 \cdot 3} = 95,5 \text{ м.}$$

Кількість заїнок буде

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 100}{1500 \cdot 95,5} = 7$$

Отже, приймається площа у сім заїно, причому ширина кожної окремої заїнки становить 95,5 метра. Детальна схема розподілу та розташування робочої ділянки подана у вигляді рисунка 2.26, який відображає точну конфігурацію та особливості місцевості.

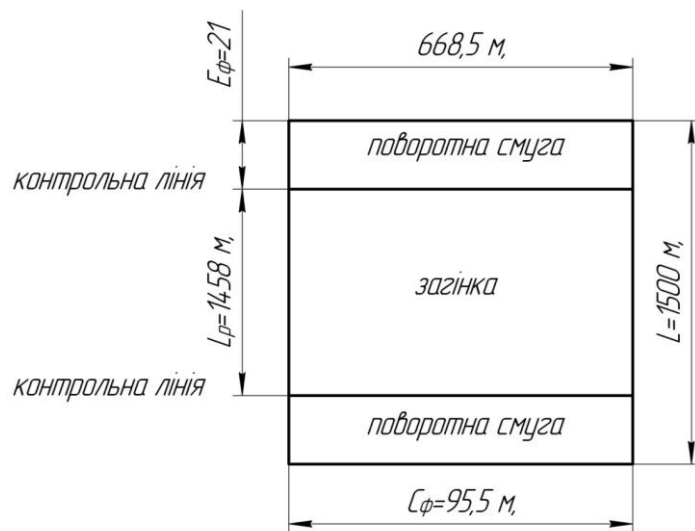


Рисунок 2.26 – Схема робочої ділянки руху

Розрахунок навантаження на осі трактора, та схема навантаження зображена на рисунку 2.27

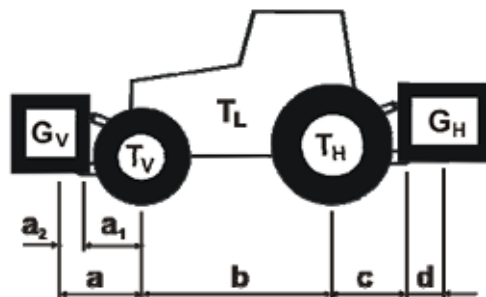


Рисунок 2.27 – Розподіл навантаження на осі та баластування

Фактичне навантаження на передню вісь розраховуємо за залежністю:

$$T_{пф} = \frac{G_T \cdot (a + b)}{T_T} - G_0 \cdot \frac{c}{d} \quad (2.31)$$

$$T_{пф} = \frac{88,3 \cdot 1,5}{3} - 36,6 \cdot \frac{2,20}{3} = 17,55 \text{ кН}$$

Фактична загальна вага комбінованого агрегату визначаємо за залежністю:

$$G_{TM} = G_T + T_T + G_0 \quad (2.32)$$

$$G_{TM} = 88,3 + 36,6 = 124,6 \text{ кН}$$

Фактичне навантаження на задню вісь:

$$T_{зф} = G_T - T_{пф} \quad (2.33)$$

$$T_{зф} = 88,3 - 17,55 = 70,75 \text{ кН}$$

3 ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Конструктивні розрахунки ротаційного культиватора

Вихідні дані до розрахунку ротаційного культиватора

вид роботи – фрезерування мінерального ґрунту; максимальна подача 0,1 м; глибина обробки 0,1 м; засміченість ґрунту – середня.

Напрямок обертання роторів вибираємо у відповідності з агротехнічними вимогами. Так як основною вимогою при фрезеруванні ґрунту є його якісне кришення та повне подрібнення (знищення) бур'янів.

Подача на ніж і гребнистість дна.

Для польових і садових фрез рекомендовані агротехнічними вимогами значення подачі S на один ніж знаходяться в межах 0,05...0,15 м. Приймаємо $S=0,15$ м. Допустима висота гребенів на дні борозни $h_2=(0,1...0,2)h$. В даному випадку $h=0,2$ м, отже $h_2=0,02$ м.

Діаметр ротора.

Оптимальне значення діаметра ротора при вертикальному повинно бути $(l/h)_{\min}$ при $D/h=1,35$, звідки $D_{opt}=1,35*0,20=0,27$ м або $R_{opt}=0,135$ м.

Режими роботи ротаційного культиватора (фрези)

Режим роботи ґрунтообробних фрез визначається за швидкісним параметром λ , який обчислюється на основі відповідної залежності. h

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

Отже

$$\lambda = \frac{\left(\frac{3,14}{2} + \arccos \frac{0.135 - 0.02}{0.135}\right) \cdot 0.135}{\sqrt{2 \cdot 0.135 \cdot 0.02 - 0.02^2}} = 4.05$$

Приймаю $\lambda=4$.

Оскільки подача на ніж є ключовою характеристикою, режим роботи (λ) необхідно налаштовувати відповідно до подачі:

$$S = \frac{\pi \cdot D}{m \cdot \lambda}; \quad (3.2)$$

Отже

$$S = \frac{3.14 \cdot 0.27}{2 \cdot 4} = 0.1 \text{ м.}$$

Для вертикальної фрез, виходячи з агротехнічних вимог, рекомендовані значення подачі S на один ніж розташовані в діапазоні від 0,05 до 0,15 метра. У даному випадку приймаємо значення S рівним 0,15 метра для забезпечення оптимальної роботи агрегату.

Отримане значення подачі не перевищує встановлену максимальну величину (0,15 м), що свідчить про відповідність обраного режиму роботи агротехнічним вимогам.

Визначаємо критичне значення швидкісного параметру:

$$\lambda_{кр} = \frac{1}{\cos \alpha} \quad (3.3)$$

Кут α визначаємо за умови $m=2$ згідно з формулою:

$$\frac{\pi}{m} = tg \alpha - \alpha \quad (3.4)$$

з якого $\alpha = 0^\circ 54'$. Тому

$$\lambda_{кр} = \frac{1}{\cos 0^\circ 54'} = 1.1$$

Граничну подачу визначаємо згідно виразу

$$S_{max} = 0.27 \left[\sqrt{1 - \frac{1}{1.1^2}} - \frac{1}{1.1} \arccos \frac{1}{1.1} \right] = 0.078 \text{ м.} \quad (3.5)$$

Максимальну висоту гребенів у критичному режимі роботи визначимо за допомогою рівняння:

$$\left(\frac{h_2}{R}\right) = \frac{\lambda_{кр} - 1}{\lambda_{кр}} = \frac{1.1 - 1}{1.1} = 0.099 \quad (3.6)$$

Отже

$$h_{2max} = 0.135 \cdot 0.099 = 0.013 \text{ м.}$$

3.2. Товщина стружки.

Товщину стружки обчислюємо в момент, коли ніж починає входити в поверхню ґрунту, тобто на початковій стадії його заглиблення, що відповідає значенню глибини ножів $h_2=0,01$. Для цього потрібно здійснити наступні дії: На першому етапі визначаємо кут, який утворюється під час роботи. Цей кут є ключовим параметром, який впливає на точність розрахунків та загальну ефективність процесу. Подальші обчислення враховують отримані дані для забезпечення оптимальних умов різання та вимірювання.

$$a_c = \arccos \frac{R - h}{R} = \arccos \frac{0.135 - 0.100}{0.135} = 74^\circ (1.29 \text{ рад.}) \quad (3.7)$$

З виразу визначимо кут α , що характеризує координати довільних точок товщини стружки.

$$a + \lambda \cos \alpha \left(\alpha - \frac{2\pi}{m} - a_c - \lambda \sin a_c \right) + \lambda(1 + \lambda \cos a_c) \sin \alpha = \frac{2\pi}{m} + a_c + \lambda \sin a_c$$

Ліва частина рівняння рівна правій.

$$x_{A1} = R \left(\frac{\alpha}{\lambda} + \sin \alpha \right) = 0.135 \left(\frac{1.35}{2} + 0.40 \right) = 0.145 \text{ м.}$$

$$y_{A1} = R(1 + \cos \alpha) = 0.135(1 + 0.289) = 0.174 \text{ м.}$$

$$x_{c1} = R \left[\frac{2\pi}{ma} + \frac{a_c}{\lambda} + \sin a_c \right] = 0.135 \left[\frac{2\pi}{2 \cdot 4} + \frac{3.34}{4} + 0.75 \right] = 0.321 \text{ м.}$$

$$y_{c1} = R(1 + \cos a_c) = 0.135(1 - 0.6) = 0.054 \text{ м.}$$

Визначимо товщину стружки:

$$\delta = \sqrt{(x_c - a_x)^2 + (y_c - Y_a)^2} \quad (3.8)$$

$$\delta = \sqrt{(0.321 - 0.145)^2 + (0.100 - 0.174)^2} = 0.190 \text{ м.}$$

3.3. Швидкість і частота обертання роторів.

Рекомендована колова швидкість барабанів польових фрез становить 5–6 м/с. Обираємо значення м/с.

Тоді:

$$v_n = \frac{v_0}{\lambda} = \frac{6}{4} = 1.5 \text{ м/с} \quad (3.9)$$

Частота обертання ротора:

$$n = \frac{30v_0}{\pi R} = \frac{30 \cdot 6}{3.14 \cdot 0.135} = 405 \text{ об/хв} \quad (3.10)$$

Швидкість різання є величиною змінною. В момент входження ножа при $h=0,2 \text{ м}$:

$$v_A = v_0 \sqrt{1 + \frac{1}{\lambda^2} + \frac{2 \cos \alpha}{\lambda}} = \sqrt{1 + \frac{1}{4^2} + \frac{2 \cdot 74^\circ}{4}} = 1.4 \text{ м/с} \quad (3.11)$$

3.4. Кути установки та різання.

Кути установки і різання визначимо момент входження його в ґрунт, тобто при заглибленні ножів $h=0,1$ м, або $h/R=1.48$.

Знайдемо кут контакту:

$$\alpha = \arccos \frac{R - h}{R} = \arccos \frac{0.135 - 0.100}{0.135} = 74^\circ$$

Кут різання визначаємо наступним чином. Спочатку знаходимо кут між радіусом і дотичною до трохоїди за формулою:

$$\operatorname{tg} \varepsilon_0 = \frac{\cos \alpha + \lambda}{\sin \alpha} = \frac{\cos 74^\circ + 4}{\sin 74^\circ} = 4.44 \quad (3.12)$$

3.5. Ширина захвату.

Визначаємо ширину захвату тягово-привідних агрегатів знаходять із залежності:

$$B = \frac{\left(N_e - \frac{G_T \cdot f \cdot v_{\pi}}{1020 \cdot \eta_M} \right) \eta_M \cdot \eta_{\text{ВOM}}}{A_{\text{уд}} \cdot h \cdot v_{\pi}}; \quad (3.13)$$

Питома робота ротаційного культиватора КГ :

$$A_{\text{уд}} = A_{\text{уд.різ}} + A_{\text{уд.отб}}; \quad (3.14)$$

$$A_{\text{уд.різ}} = k \frac{l \cdot b + F}{h \cdot b \cdot S}; \quad (3.15)$$

$$A_{\text{уд.отб}} = k_{\text{отб}} \frac{v^2 \cdot m}{2g}; \quad (3.16)$$

Довжину лінії різання при $R=0.135$ м, $\lambda=4$ і $h=0,1$ м із наступної

залежності:

Величини k , φ і α знайдемо наступним чином:

$$k = \frac{2\sqrt{\lambda}}{1 + \lambda} = \frac{2\sqrt{4}}{1 + 4} = 0.8; (53^\circ)$$

Питомий опір ґрунтів k при фрезеруванні на глибину $h=0,1$ м рівний 5...7 кН/м.

3.6. Питомі витрати енергії.

Питомі витрати енергії на фрезерування з розрахунку на 1 м ширини захвату буде рівним:

$$A_{\text{уд.різ}} = 7000 \frac{0,540 \cdot 1 + 0,0171}{1 \cdot 0,1 \cdot 9,8} = 3979 \text{ Н} \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}^3} = 42 \text{ кВт}$$

$$A_{\text{уд.отб}} = 0,27 \frac{5^2 \cdot 372,4}{2 \cdot 9,8} = 128,25 \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{м}^3$$

$$m = B \cdot v_{\text{п}} \cdot h \cdot \dot{\gamma} = 1 \cdot 1,4 \cdot 0,1 \cdot 2660 = 372,4 \text{ кг/см};$$

щільність ґрунту використано з джерела [20].

В кінцевому випадку питома робота на фрезерування складає:

$$A_{\text{уд}} = 42 + 10,5 = 52,5 \text{ кВт}$$

Потужність на валу відбору потужності обчислюємо згідно формули:

$$N_{\text{ВOM}} = N_e - \frac{G_T \cdot f \cdot v_{\text{п}}}{102\eta_M} = 197 - \frac{7535 \cdot 0,12 \cdot 1,4}{102 \cdot 0,91} = 183,4 \text{ кВт}; \quad (3.17)$$

ККД передачі від ВВП до ротаційного культиватора KG 3000:

$$\eta_{\Pi} = \eta_{\kappa} \cdot \eta_{\Pi} = 0,96 \cdot 0,98 = 0,94,$$

Підставивши значення потужності на ВВП і питомої роботи у наведені вище рівняння, знайдемо ширину захвату фрези:

$$B = \frac{183,4 \cdot 0,94 \cdot 0,95}{52,5 \cdot 0,1 \cdot 7,5 + 10,5} = 3,2 \text{ м.}$$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Загальні положення

Промислова безпека – система, або комплекс правових та організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечної експлуатації об'єктів, машин, механізмів і устаткування, підвищення безпеки та виконання технологічних процесів з метою запобігання аварій та нещасних випадків.

В сільськогосподарському виробництві є багато небезпек. Особливу увагу необхідно приділяти потенційно небезпечним (особливо небезпечним) об'єктам.

Це такі об'єкти, робота з якими при порушенні вимог безпеки може призвести до травм або інших тяжких наслідків.

Основними особливо небезпечними об'єктами в сільськогосподарському виробництві є:

- рухомі машини і механізми;
- пестициди і мінеральні добрива;
- обладнання, що працює під тиском;
- статична електрика;
- напруга в електричній мережі;
- хвороботворні мікро- і макроорганізми;
- склади, що містять запаси речовини для дезінфекції сховищ для зерна, тваринницьких приміщень;
- склади з запасами отрутохімікатів.

Як свідчать статичні дані, розподіл нещасних випадків в с/г виробництві такий: механізатори – 42,0%, тваринництво – 32,0%, рослинництво – 12,5%,

інше – 13,5%. Самий високий рівень травматизму спостерігається при виконанні робіт, пов'язаних з експлуатацією сільськогосподарської техніки і

транспортних засобів. При цьому найбільш висока питома вага травм приходить на механізаторів (49,3%) і водіїв (28,4%).

Найбільш частими причинами нещасних випадків на виробництві є неправильні дії і неправильні прийоми роботи ненавчених і які не прийшли інструктаж з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

4.2. Інструкція охорони праці під час підготовки ґрунту комбінованим агрегатом.

До роботи на агрегаті допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку, не молодші 18 років, мають навички по обслуговуванню, ремонту та експлуатації ротаційних культиваторів та сівалок.

- Трактор повинен мати державні номерні знаки, справну систему освітлення і звукову сигналізацію.
- Переїзд трактором в поле, до місця роботи, дозволяється тільки за маршрутом затвердженим керівником господарства.
- Агрегат повинен бути обладнаний аптечкою медичної допомоги і вогнегасниками.
- Працюючі на агрегаті несуть персональну відповідальність за невиконання правил даної інструкції.

4.2.1. Вимоги техніки безпеки перед початком роботи.

- Надіти спецодяг, застібнути гудзики, волосся підібрати в головний убір.
- Перевірити справність агрегату, наявність засобів пожежогасіння, медичної аптечки.

- Одержати від керівника підрозділу маршрут руху, вивчити рельєф ділянку, місця поворотів і переїздів.
- Перевірити величину перекриття валу ведучої карданної передачі, вона повинна становити не менше 60 мм.
- Перевірити роботу ротаційного культиватора на холостому ході.
- Перед початком роботи тракторист повинен обійти ділянку поля, впевнитись в повній безпеці проведення сільськогосподарської операції.

4.2.2. Вимоги техніки безпеки під час роботи агрегату.

- Завантаження насіння озимої пшениці та добривами проводити на зупинках при виключеному ВВП.
- Технічне обслуговування, усунення несправності навішаної на трактор комбінованого агрегату проводити тільки з виключеним двигуном і підставленими під раму підставками.

Забороняється:

- перебувати на в зоні дії агрегату стороннім особам;
- робити круті повороти, якщо робочі органи агрегату заглиблені у ґрунт;
- перевозити людей на агрегаті;
- При виявленні будь-яких несправностей необхідно терміново зупинити агрегат.

4.2.3. Вимоги техніки безпеки в аварійних ситуаціях.

- При виникненні пожежі сповістити керівника підрозділу, пожежну частину і приступити до гасіння.

- При виникненні нещасного випадку або раптовому захворюванні, надати першу долікарську допомогу, сповістити керівника підрозділу, місце де стався нещасний випадок зберегти в недоторканому стані.
- При виявленні небезпечного або шкідливого фактору зупинити агрегат і ліквідувати вказані фактори, при неможливості ліквідувати, сповістити керівника підрозділу.

4.3.Вимоги техніки безпеки після закінчення роботи.

- Оглянути і очистити агрегат від пилу і бруду, привести в порядок робоче місце.
- Поставити агрегат на місце стоянки і поставити на підставки.
- Повідомити керівника підрозділу про неполадки, виявлені в процесі виконання роботи.
- Зняти і привести в порядок спецодяг, виконати вимоги особистої гігієни.

Дана інструкція розроблена на основі ДНОП 2.0.00.-1.01-01 «Правил безпеки при вирощуванні продукції рослинництва в системі Держагропром».

4.4. Заходи охорони природи при використанні машино-тракторних агрегатів

Основним завданням охорони природи є дбайливе ставлення до неї, збереження з метою створення ефективних умов для життя суспільства.

Дотримання агротехнічних вимог вирощування озимої пшениці, строків виконання робіт, використання нових МТА може дати позитивні результати, що до покращення екологічної ситуації, зменшення тиску на природу.

Використання оптимальних норм мінеральних добрив та хімічних препаратів, правильність їх внесення, зменшують їх попадання у підземні води і колодязі.

Дотримання цих простих правил потребує матеріальних затрат, використання нових агрегатів, але може дати відчутний ефект в питанні збереження тваринного і рослинного світу в місцях господарювання.

Надзвичайні ситуації:

Надзвичайні ситуації на виробництві можуть бути різними, залежно від виду діяльності та технологічного процесу. Ось деякі з них:

Пожежі або вибухи — ймовірні на підприємствах з вибухонебезпечними матеріалами або горючими речовинами.

Дії при пожежі або вибуху: необхідно знати місця розташування вогнегасників, евакуаційних виходів, а також засобів захисту від пожежі (пожежний одяг, дихальні апарати).

Електричні аварії — коротке замикання або пошкодження електричних систем, які можуть призвести до ураження електричним струмом.

Дії при електричній аварії: при короткому замиканні або інших проблемах з електропостачанням, працівники повинні вимкнути живлення та негайно повідомити про інцидент.

Механічні пошкодження — вихід з ладу механічних систем обладнання, що може призвести до травм.

Хімічні витoki — у випадку використання токсичних або шкідливих речовин.

При витoku хімічних речовин: використання захисних масок, респіраторів та інших засобів для запобігання шкідливому впливу токсичних речовин на організм.

Евакуація: працівники повинні бути ознайомлені з планами евакуації та мати чітке уявлення, куди йти у випадку надзвичайної ситуації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою виконання кваліфікаційної роботи було досліджено робочі органи ротаційного культиватора.

У першому розділі надається стислий опис озимої пшениці та її харчової цінності.

Розроблено схему сівозміни для озимої пшениці, оскільки сприяє накопиченню хвороб та шкідників у ґрунті. Тому пшеницю не рекомендується висівати на те саме місце раніше ніж через три роки.

В другому розділі вибрано машино-тракторний парк який використовується для основного передпосівного обробітку, проведено розрахунки агрегатів по основних операціях, визначено необхідну кількість ПММ на період. Проведено детальну розробку операції по комбінованому посіві озимої пшениці.

Отже маючи план механізованих робіт вирощування картоплі у якому виконується 22 технологічні операції початком є лущення стерні кінець операції збирання урожаю озимої пшениці наведено певну кількість операцій відповідно до глибини обробітку ґрунту:

- Лущення стерні на глибину – 6...8 см;
- Оранка на зяб глибина – 18...30 см;
- Підготовка ґрунту ротаційним культиватором глибина обробітку 10 см, глибина загортання насіння пшениці 2,5...3 см. Норма висіву 220 кг/га.
- Підживлення посівів озимої пшениці.
- Внесення засобів захисту рослин.

Витрата палива 9,2 л/га або 7,8 кг/га, зміна продуктивність агрегату 13,44 га/зм.

Заплановано виконати операцію посіву озимої пшениці за 7,5 робочих змін.

Проведений розрахунок використовуючи програмне забезпечення SolidWorks.

Зробивши аналіз робочих органів ротаційного культиватора отримав результат, максимальна деформація становить 0,50 мм, що цілком є достатній для даної марки сталі.

Максимальні нормальні напруження 36,19 МПа. Отримане значення коефіцієнту запасу міцності 6,10 рекомендованого значення 2,5 тому запасу міцності є достатньо як для ножа так і вала.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проектування для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023.
2. Бабій А.В., Головецький І.В., Герасимович П.В. Проблеми та перспективи розвитку картоплярства в Україні. Збірник тез доповідей X Міжнародної науковопрактичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». Тернопіль 24-25 листопада 2021 року. ФОП Паляниця ВА. Т.1.
3. [Technologia_vyroshcuvannya_nasinna_pshenytsya_ozyma.pdf](#) (дата звернення 13.09.2025).
4. Zhou B, Li Y, Zhang C, Cao L, Li C, Xie S, Niu Q. Potato Planter and Planting Technology: A Review of Recent Developments. *Agriculture*. 2022; (дата звернення 03.10.2025).
5. <https://www.agronom.com.ua/intensyfikatsiya-tehnologiyi-vyroshhuvannya-pshenytsi-ozymoi/> (дата звернення 25. 11. 2025)
6. 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.
7. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
8. https://lnzweb.com/blog/tehnologiya_vyroshchuvannya_ozymoi_pshenytsi?srsid=AfmBOop4TOeXSN1GD_JK8QRmeLB5pkmfn_Rzt7lN297Hwm6P9m_n72-I (дата звернення 03.10.2025).
9. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методчний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д.

Довбуш, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.

10. <https://www.organicresearchcentre.com/manage/authincludes/article> (дата звернення 03.11.2025).

11. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А.Довбуш, Н.І.Хомик, А.В. Бабій, Г.Б.Цьонь, А.Д.Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А.,2022. 220с

12. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві. /За редакцією професора В.Ю.Ільченка. – Київ: “Урожай”, 1993.

13. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101600> (дата звернення 28.11.2025).

14. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Бабій А.В., Сташків М.Я., Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Цьонь Г.Б., Мартинюк В.В. – Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2024.

15. Методичні рекомендації з оплати праці робітників сільськогосподарських підприємств на збиранні зернових культур урожаю 2018 року / І. М. Демчак, В. О. Мариненко, В. М. Івченко та ін. К. : НДІ "Укراгропромпродуктивність", 2018.

16. <https://lanclaas.com.ua/amazone/plugy/amazone-teres/> (дата звернення 23.09.2025).

17. <https://amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=27635> (дата звернення 25.10.2025).

18. <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/18415-osnovni-ahrotekhnichni-vymohy-do-obrobitku-gruntu-ta-sivby.html> (дата звернення 12.10.2025).

19. <http://www.tsatu.edu.ua/ros1/wp-content/uploads/sites/20/pr.9.skladannja-tehnologichnyh-kart-ahrotechnichna-chastyna-vyroshchuvannja-ozymoyi-pshenyci.pdf> (дата звернення 20.09.2025).

20. <https://www.mdpi.com/2076-0825/11/12/342> (дата звернення 30.09.2025).

21. 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.

22. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 320 с.

23. 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.

24. Andrii Babii, Taras Dovbush, Nadiia Khomuk, Anatolii Dovbush, Anna Tson, Vasyl Oleksyuk, 2022. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity* No 36. 203-210.

25. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Palyukh A. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2022. Vol 108. No 4. P. 5-15.

26. <https://amazone.net/en> (дата звернення 30.09.2025).

27. <https://ats.in.ua/products/amazone-cataya/1944> (дата звернення 30.10.2025).

28. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Dunets Bogdan. Evaluation technique of frame residual operational life. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2019. Vol. 93. No. 1. P. 61-69.

Додатки