

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 вирощування озимого жита з розробкою
навісного пристосування для мульчування

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

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Драпінський В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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 Драпінському Віктору Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Удосконалення технології вирощування озимого жита з розробкою
навісного пристосування для мульчування

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

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи

Базові конструкції мульчувачів, ширина захвату – 3,45 м,
продуктивність агрегату – 3,4 га/год, робоча швидкість – 10 км/год.
частота обертання барабану мульчувача – 500 хв⁻¹.

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

Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Проектування операційно-технологічної карти
мульчування. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.
Загальні висновки

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

1. Мульчувач. Загальний вигляд. - 1А4. 2. Рама. Складальне креслення. – 1А4.
3. Ротор. Складальне креслення. – 1А4. 4. Дослідження НДС ножа мульчувача. – 1А4.
5. Операційно-технологічна карта мульчування стерні. – 1А4. 6. Деталювання. – 1А4.
7. Технологія вирощування озимого жита. – 1А4. 8. Огляд конструкцій машин для
мульчування. – 2 А4.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Комар Р.В., доцент		

7. Дата видачі завдання

27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина	02.02.2025 р.	
2	Проектування операційно-технологічної карти мультчування	09.02.2025 р.	
3	Проектна частина	15.05.2025 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	25.05.2025 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки	05.06.2025 р.	
6	Ілюстративна частина. Додатки	15.06.2025 р.	

Студент

(підпис)

Драпінський В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Драпінський Віктор Васильович.

Тема роботи – «Удосконалення технології вирощування озимого жита з розробкою навісного пристосування для мульчування».

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

Зниження приведених витрат при вирощуванні озимого жита та збільшення його урожайності можливе за рахунок включення в технологічну карту процесу мульчування та використання стерньових посівів.

При переході до енергозберігаючих технологій обробітку ґрунту, мульчування або накопичення і рівномірний розподіл рослинних залишків на поверхні ґрунту є дуже важливим.

Для подрібнення поживних залишків різних сільськогосподарських культур останнім часом, з розвитком технологій мінімальної обробітку ґрунту, все частіше використовуються спеціальні пристрої – машини для мульчування. Вони дозволяють підвищити запаси вологи і родючість ґрунту, поліпшити його агрофізичні властивості, знизити водну і вітрову ерозію, підвищити врожайність сільськогосподарських культур. Крім того є можливість зниження енергоємності виробництва сільськогосподарських культур, витрат пального, і, відповідно, зменшення собівартості виробництва продукції.

Тому тематика кваліфікаційної роботи є актуальною.

Мета роботи

Основною метою кваліфікаційної роботи є удосконалення технології вирощування озимого жита шляхом застосування навісного пристосування для мульчування.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Технологія вирощування озимого жита.

Предмет дослідження. Навісне пристосування для мульчування.

Методи дослідження. Теоретико-емпіричний, теорії міцності, графічний, порівняльний, математичного моделювання.

Отримані результати:

- проведено аналіз технології вирощування озимого жита;
- здійснено огляд конструкцій машин для мульчування, з'ясовано їх основні переваги та недоліки;
- розроблено операційно-технологічну карту на мульчування;
- проведено кінематичні та тягові розрахунки машинно-тракторного агрегату;
- здійснено розрахунки продуктивності та витрат палива агрегату;
- запропоновано конструкцію пристосування для мульчування;
- обґрунтовано компоновку приводу мульчувача;
- розроблено конструкції складальних одиниць та деталей мульчувача;
- обґрунтовано кінематичні параметри мульчувача, досліджено напружено-деформований стан ножа мульчувача;
- розглянуто основні аспекти з охорони праці та вимоги безпеки при роботі з машинами для мульчування.

Практичне значення отриманих результатів.

Проведено удосконалення технології вирощування озимого жита. Запропоновано конструкцію навісної машини для мульчування сільськогосподарських культур, шляхом впровадження нової конструктивної схеми навісної машини та шарнірного розміщення ножів подрібнювача.

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 – 57, додатки – 4 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

Ключові слова: пристосування для мульчування, навісна машина, ротор, ніж, технологія вирощування, озиме жито.

Роз'яснення величин, що входять у розрахункові залежності

Розділ 2:

R_M – робочий тяговий опір машини, кН;

G – вага трактора, кН;

f – коефіцієнт опору коченню трактора;

i – нахил поверхні поля;

$\eta_{мг}$ – механічний к.к.д. трансмісії трактора;

η_{δ} – коефіцієнт пробуксовування рушіїв трактора;

k – питомий тяговий опір машини, кН/м;

B_k – конструктивна ширина захвату машини, м;

G_M – вага машини, кН;

$\eta_{цил}, \eta_{кон}$ – відповідно механічний к.к.д. пари конічних та циліндричних шестерень трансмісії трактора;

α, β – відповідно кількість пар зубчастих зачеплень в трансмісії при роботі на даній передачі;

δ – буксування рушіїв в даних умовах, %;

U – урожайність маси, т/га;

$N_{ВВП}$ – витрати потужності на привід робочих органів через ВВП трактора, кВт;

$\eta_{ВВП}$ – к.к.д. механічної передачі від двигуна трактора до ВВП;

F – площа ділянки, м²;

B – ширина робочої ділянки, м;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, хв;

$T_{пз}$ – тривалість підготовчо-заклучних робіт, хв;

$T_{вд}$ – норматив на тривалість відпочинку протягом зміни, хв;

$T_{осп}$ – час для особистих потреб, хв;

$T_{обс}$ – час на обслуговування агрегату протягом зміни, хв;

$\Gamma_{пов}, \Gamma_{пер}, \Gamma_{допр}$ – коефіцієнти поворотів, переїздів та інших допоміжних робіт;

B_p – робоча ширина захвату агрегату, м;

V_p – робоча швидкість руху, км/год;

L – середня довжина гону, м;

$L_{\text{пов}}$ – довжина повороту, км;

T_0 , $T_{\text{пов}}$, $T_{\text{зуп}}$ – затрати часу протягом зміни відповідно на виконання основної роботи, повороти, на зупинки, хв;

Q_0 , $Q_{\text{пер}}$, $Q_{\text{зуп}}$ – норматив витрати палива відповідно на виконання основної роботи, при поворотах, переїздах і на зупинках, кг.

Розділ 3:

P – потужність, кВт;

n – частота обертання ведучого вала, об/хв.;

d_{pm} – розрахунковий діаметр меншого шківів, мм;

d_{pb} – розрахунковий діаметр більшого шківів, мм;

h – висота паса, $p=10$;

N – потужність, кВт;

$M_{\text{мах}}$ – максимальний крутний момент, Нм;

$[\sigma]$ – допустиме напруження, МПа;

$W_{\text{нетто}}$ – осьовий момент опору перерізу вала;

$W_{p_{\text{нетто}}}$ – полярний момент інерції;

K_g , K_t – ефективні коефіцієнти концентрації напружень;

K_d – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу;

K_{ϕ} – коефіцієнт впливу шорсткості вала;

K_v – коефіцієнт впливу поверхневого зміцнення вала (цементация.);

ω – кутова швидкість ножа, рад/с;

R – радіус барабана, м;

a – відстань між осями ножів, м;

M – число планок;

K – число заходів гвинтової лінії.

ЗМІСТ

Вступ	9
1. Оглядова частина	10
1.1 Технологія вирощування озимого жита	10
1.2 Огляд конструкцій машин для мульчування	18
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	23
2. Проектування операційно-технологічної карти мульчування	25
2.1 Тяговий розрахунок машинно-тракторного агрегату	25
2.2 Кінематичний розрахунок машинно-тракторного агрегату	27
2.3 Розрахунок продуктивності та витрат палива	31
3. Проектна частина	34
3.1 Обґрунтування конструкції пристосування для мульчування	34
3.2 Компоновка приводу пристосування для мульчування	36
3.3 Розрахунок привідного вала на кручення	38
3.4 Розрахунок кінематичних параметрів	42
3.5 Аналіз напружено-деформованого стану ножа пристосування для мульчування	45
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	49
4.1 Нормативно-правові акти з охорони праці	49
4.2 Вимоги безпеки при роботі з пристосуванням для мульчування	50
Загальні висновки	53
Перелік посилань	54
Додатки	57

ВСТУП

В Україні спостерігається загострення екологічної ситуації, зокрема у сфері навколишнього природного середовища, що, зокрема, проявляється у глобальному потеплінні клімату. Для сільськогосподарської галузі це створює ризики прискореного розкладання гумусу в ґрунтах і зниження рівня їх зволоження. В умовах таких кліматичних змін особливої актуальності набувають питання максимально ефективного накопичення опадів протягом року та раціонального використання вологи впродовж теплого періоду.

Система органічного землеробства має ґрунтуватися на забезпеченні замкненого кругообігу поживних речовин, що сприятиме збереженню та підвищенню родючості й біологічної активності ґрунтів. У зв'язку з цим виникає необхідність у переосмисленні та розробці новітніх систем ведення сільського господарства і землеробства з урахуванням змін кліматичних умов та специфіки сучасного агровиробництва.

Одним із ефективних способів протидії посусі та несприятливим температурним умовам є застосування мульчування. Цей агротехнічний прийом сприяє зменшенню випаровування вологи, зниженню рівня засміченості посівів бур'янами, стабілізації температурного режиму у верхньому шарі ґрунту, запобіганню утворенню ґрунтової кірки, а також покращенню фізичних характеристик ґрунту й активізації мікробіологічних процесів. У сукупності ці фактори забезпечують підвищення польової схожості насіння та дружну появу сходів, що, своєю чергою, позитивно впливає на урожайність і якість сільськогосподарської продукції.

Застосування органічної мульчі дає змогу додатково збагачувати ґрунт поживними речовинами, при цьому мульчувальні матеріали є доступними за ціною та походженням. Проте основним обмеженням у використанні органічної мульчі є складність її механізованого внесення в умовах польового виробництва.

Зниження загальних витрат на вирощування озимого жита та підвищення його продуктивності можливе шляхом інтеграції операції мульчування в технологічний процес разом із впровадженням стерньових посівів.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.2. Технологія вирощування озимого жита

Вимоги до попередників

Жито характеризується меншою вибагливістю до попередників порівняно з озимою пшеницею. Однак за умов інтенсивного вирощування доцільно висівати жито після найкращих попередників. Оскільки строки сівби жита передбачають більш раннє його висівання, ніж озимі пшениці, важливо розміщувати цю культуру після тих попередників, які рано звільняють поле та забезпечують можливість своєчасного проведення обробітку ґрунту [15].

Серед зернових культур жито вважається найбільш витривалим до вирощування в умовах беззмінних посівів. Проте в рамках інтенсивної технології його не рекомендується вирощувати після самого себе з огляду на фітосанітарні ризики, оскільки жито не є культурою з властивістю самооздоровлення, що призводить до зниження врожайності.

У Поліській зоні до найкращих попередників жита належать багаторічні бобові трави на один укіс, люпин на зелений корм і силос, горох, вика, а також сумішки люпину з іншими бобовими та злаковими культурами, призначені на зелений корм і силос. Серед добрих попередників можна виділити озимий ріпак, кукурудзу на зелений корм, ранню картоплю та льон-довгунець.

Підготовка ґрунту до посіву

Обробіток ґрунту сприяє формуванню оптимальної структури та пористої будови орного шару, активізує мікробіологічні процеси, сприяє знищенню бур'янів, збудників хвороб і шкідників, а також забезпечує загортання в ґрунт рослинних решток і добрив. Озиме жито відзначається підвищеною чутливістю до строків проведення ґрунтообробних робіт порівняно з іншими зерновими культурами. Оптимальний інтервал між проведенням оранки та сівбою повинен становити щонайменше 20–25 днів, що забезпечує осідання ґрунту та

проростання бур'янів. Посів жита в неосілий, щойно зораний ґрунт негативно впливає на розвиток культури [15].

Особливо важливо розпочинати обробіток тоді, коли ґрунт перебуває у фізично оптимальному стані – не надмірно зволожений і не пересушений. Найвища якість розпушення з мінімальними витратами енергії досягається після дощу, коли ґрунт частково підсихає. Це також сприяє зменшенню кількості проходів агрегатів.

До загальних вимог щодо обробітку ґрунту під озиме жито належать:

а) мінімізація часу між збиранням попередника і першим мілким обробітком поля із застосуванням широкозахватної техніки;

б) забезпечення переходу від основного обробітку до посівного стану в рамках єдиного технологічного циклу. Якщо мілкий обробіток здійснюється через 2–3 дні після оранки, досягти необхідної якості ґрунтообробки значно складніше;

в) через 10–14 днів після оранки необхідно провести мілкий поверхневий обробіток з метою знищення пророслих бур'янів та вирівнювання посівного шару ґрунту.

Процеси основного та передпосівного обробітку ґрунту разом із сівбою можуть бути реалізовані за один прохід шляхом використання комбінованих агрегатів, до складу яких входить сівалка. Сучасні агропромислові компанії пропонують широкий вибір таких агрегатів. Як правило, перед вирощуванням просапних культур здійснюється оранка на повну глибину орного шару. Якщо ж після збирання просапних культур на полі не залишилось глибоких колій, значної кількості рослинних решток, ґрунт має задовільну щільність та не зазнав структурного руйнування, доцільним є застосування багатофункціональних комбінованих агрегатів для сівби жита.

У випадках, коли попередники звільняють поле на ранніх строках, основний обробіток під озиме жито здійснюється за напівпаровою схемою. Одразу після збирання врожаю поле піддають луценню: дисковими луцильниками (наприклад, ЛДГ-10, ЛДГ-15) на глибину 6–8 см або лемішними

(ПЛ-5-25, ППЛ-10-25) – на глибину 8–10 см. Через 10–12 днів, після проростання бур'янів, проводять оранку плугами з передплужниками (ПЛН-3-35, ПЛН-6-35) на глибину 20–22 см. До сівби, залежно від інтенсивності росту бур'янів, поле 2–3 рази культивують на глибини 10–12 см та 6–8 см.

У посушливих умовах літньо-осіннього періоду, особливо після таких культур, як горох, льон або картопля, за відсутності бур'янів доцільно замінити оранку поверхневим обробітком, що дозволяє зберегти вологу та забезпечити належні умови для сівби жита [9].

Люпин, вирощений на зелене добриво, піддають оранці у фазі формування сизих бобів на глибину 23–25 см із застосуванням агрегатів, оснащених важкими котками. Цей агроприйом необхідно проводити не пізніше ніж за 3–4 тижні до настання оптимальних строків сівби озимого жита. У разі розміщення культури після стерньових попередників спочатку здійснюють лущення стерні, а через 10–14 днів проводять оранку: на глибину 16–18 см у зоні Полісся та 20–22 см у Лісостепу.

Передпосівний обробіток

Поверхня поля повинна бути ретельно вирівняною, при цьому висота гребенів або глибина борозен не повинна перевищувати 4 см. Оброблений шар ґрунту має бути пухким, з дрібногрудочкуватою структурою. Допустимий вміст грудок діаметром до 2,5 см становить не більше 80%, а грудок розміром від 5 до 10 см – не більше 10%. Щільність ґрунту в зоні обробітку повинна знаходитись у межах 1,0–1,3 г/см³. Відхилення від встановленої глибини обробітку не повинне перевищувати 1 см.

З огляду на невеликі розміри насіння та відносно слабку силу проростання, озиме жито серед усіх зернових культур є найбільш чутливим до якості передпосівної підготовки. Для успішного проростання воно потребує дрібногрудочкуватої структури ґрунту і добре ущільненого насіннєвого ложа.

Найбільш ефективним є застосування для передпосівного обробітку комбінованих багатофункціональних агрегатів типу РВК-3,6, РВК-5,4,

«Європак», ВП-5,6, АКШ-6, «Компактор», ЛК-4 тощо [23]. Разом з тим, у господарській практиці залишається поширеним використання культиватора КПС-4. Для покращення якості обробітку його агрегатують з кільчасто-шпоровими котками (ЗККШ-6), а на торфових ґрунтах – з водоналивними гладкими котками (ЗКВГ-1,4) [9, 15].

Підготовка насіння до сівби

Для посіву використовують очищене та відсортоване насіння, яке відповідає кондиційним вимогам і має силу росту не нижче 80%. Посівний матеріал повинен бути вирівняним за розміром, з масою 1000 зерен не менше 40 г. Використання травмованого насіння, а також насіння, зібраного з полеглих або уражених грибковими захворюваннями посівів, у системі інтенсивного вирощування є недоцільним [15].

Підготовка насіння до сівби за інтенсивною технологією вимагає обов'язкового дотримання рекомендованих агротехнічних заходів. Зокрема, слід застосовувати методи протруювання, які забезпечують надійне прилипання засобу захисту до поверхні насіння. Ефективність передпосівної підготовки значно підвищується за умов використання під час протруювання ретардантів і мікродобрив. Це пояснюється тим, що діючі речовини починають впливати вже на початкових етапах росту, коли проростки є найбільш чутливими до впливу несприятливих зовнішніх факторів.

Якісне хімічне протруювання насіння забезпечує захист насіння, проростків та молодих рослин від основних збудників хвороб на ранніх фазах розвитку. Це є важливою передумовою для отримання здорових, рівномірних сходів і оптимального розміщення рослин на площі, що, своєю чергою, позитивно впливає на рівень урожайності. Протруювання як метод внесення хімічних засобів є економічно доцільним і екологічно безпечним агроприйомом.

Система удобрення

Для формування високої врожайності озиме жито потребує належного забезпечення поживними речовинами. На формування 1 центнера зерна культура витрачає в середньому 2,4–3,5 кг азоту, 1,2–1,4 кг фосфору та 2,4–2,6 кг калію. За узагальненими розрахунками, при урожайності 60 ц/га озиме жито вилучає з ґрунту 120–180 кг/га азоту, 40–90 кг/га фосфору і 120–180 кг/га калію, що співвідноситься з показниками виносу елементів живлення озимою пшеницею. Це свідчить про необхідність забезпечення жита оптимальними дозами мінеральних добрив, особливо з огляду на те, що його часто вирощують на менш родючих ґрунтах [15].

При правильному дотриманні сівозмінного чергування культур органічні добрива доцільно вносити під просапні культури з урахуванням післядії для наступної культури – зокрема, жита. Однак у разі тривалого вирощування зернових культур на одній і тій самій площі виникає потреба у прямому внесенні органіки безпосередньо під озиме жито.

На дерново-підзолистих ґрунтах Полісся рекомендується вносити 30–40 т/га органічних добрив, тоді як на чорноземах Лісостепу – 20–25 т/га. Серед органічних добрив найбільш ефективним є гній, проте застосовуються також торфокомпости та зелене добриво, яке приорюють одночасно із внесенням фосфорних і калійних добрив у дозах Р45-60К45-60

Оптимальні норми мінерального удобрення визначаються залежно від рівня родючості ґрунту, попередника та очікуваної врожайності. У більшості випадків дози мінеральних добрив під озиме жито є нижчими, ніж під озиму пшеницю. Це пояснюється високою здатністю кореневої системи жита до засвоєння поживних речовин. Водночас, жито має вищий зріст, і без застосування ретардантів має схильність до вилягання.

Сівба

Озиме жито висівають звичним рядковим способом із міжряддями 10, 13 або 15 см. Також ефективним є використання вузькорядного способу сівби з

міжряддям 7,5 см. В умовах інтенсивної технології вирощування важливою агротехнічною вимогою є дотримання оптимальної глибини загортання насіння, оскільки культура вкрай негативно реагує на її перевищення.

Рекомендована глибина сівби становить 3–4 см, але не більше 5 см. За таких умов забезпечується раннє та рівномірне проростання насіння, формування вторинної кореневої системи на рівні первинної, що сприяє одночасному живленню рослин водою та поживними речовинами. Такі сходи характеризуються інтенсивним кущенням і формують високопродуктивні рослини.

Крім дотримання рекомендованої глибини загортання насіння (3–4 см), важливо забезпечити її рівномірність для всієї площі посіву. Порушення рівномірності глибини призводить до нерівномірного проростання, зниження польової схожості та формування неоднорідних за розвитком рослин. Запізнілі сходи зазвичай пригнічуються або взагалі гинуть, що унеможливорює формування оптимальної густоти продуктивного стеблостою.

Оптимальна густота продуктивних стебел для озимого жита становить 450–500 шт./м², що є дещо нижчим показником порівняно з озимою пшеницею. Сівба жита здійснюється на ранні строки, за відносно вищих температур повітря, що позитивно впливає на рівень польової схожості. З огляду на високу здатність жита до кущення, норма висіву дещо менша, ніж у пшениці.

За умови інтенсивного вирощування озимого жита норма висіву для Полісся становить 4,5–5 млн схожих насінин на 1 га. Проте слід зазначити, що така норма вважається дещо завищеною, оскільки у провідних європейських країнах вона зазвичай не перевищує 3 млн/га. У зоні Лісостепу оптимальною вважається норма 3,5–4,0 млн/га. На родючих ґрунтах Степової зони її знижують до 2,5–3,5 млн/га, натомість на малородючих або дуже бідних ґрунтах норму висіву збільшують на 15–25%.

Строки сівби не мають істотного впливу на тривалість вегетаційного періоду до досягання, проте значно впливають на осінній розвиток рослин, інтенсивність їхнього кущення, стійкість до хвороб і шкідників, а також на

здатність до успішної перезимівлі. Щоб озиме жито могло сформувати високий урожай, рослини до настання періоду осіннього спокою повинні добре розкущитися та накопичити достатній рівень вуглеводів і поживних речовин, що забезпечують зимостійкість. Для досягнення такого розвитку необхідна сума середньодобових температур повітря вище $+5^{\circ}\text{C}$ у межах 500°C , а тривалість осіннього вегетаційного періоду має становити щонайменше 60–70 діб [9, 23, 15].

Оптимальні строки сівби визначаються на основі польових досліджень, що проводяться на сортодільницях та в науково-дослідних установах. Для Полісся вони становлять 1–15 вересня, для Лісостепу – 5–20 вересня, а для Степу – 15–25 вересня. У разі вирощування жита за інтенсивною технологією строки сівби зсуваються до кінця оптимального періоду, проте сівбу необхідно завершити не пізніше 30 вересня. За умов дефіциту вологи після сівби доцільним є коткування посівів.

Догляд за посівами

На відміну від озимої пшениці, озиме жито характеризується підвищеною здатністю до пригнічення бур'янів. Завдяки більшій висоті рослин, жито створює ефективне затінення, що обмежує розвиток бур'янової рослинності. Крім того, культура рано починає весняну вегетацію, швидко відростаючи та випереджаючи у рості ярі бур'яни, які зазвичай не становлять суттєвої загрози. Найбільшу конкуренцію житу створюють багаторічні, озимі та зимуючі бур'яни, які починають ріст одночасно з посівами культурних рослин.

Проблема забур'янення загострюється при насиченні сівозміни зерновими культурами, а також за умов їх беззмінного вирощування. Для обмеження поширення бур'янів застосовують як агротехнічні заходи, так і хімічні засоби захисту.

Озиме жито, порівняно з пшеницею, також має вищу стійкість до збудників хвороб. Водночас інтенсифікація технологій вирощування, зокрема застосування підвищених доз мінеральних добрив, у несприятливі роки може

зумовлювати значне ураження рослин хворобами.

Серед найбільш поширених захворювань озимого жита виділяють різні форми сажкових хвороб, іржі, кореневі гнилі, борошнисту росу, снігову плісняву та інші. Загалом культура може уражатися 21 хворобою. Частина з них ефективно контролюють шляхом протруювання насіння перед сівбою. У період вегетації застосовують фунгіцидні препарати, зокрема:

Альто 400 SC, к.с. –0,15–0,2 кг/га,

Дерозал, к.с. –0,5 кг/га,

Імпакт 2S SC, к.с. –0,5 л/га,

Тілт 250 EC, к.е. –0,5 л/га.

Боротьба з шкідниками

У роки масового поширення шкідників втрати врожаю озимого жита можуть досягати значних обсягів –до 50% урожаю зерна. Найбільшої шкоди завдають такі шкідники, як злакові мухи, попелиці, шкідлива черепашка, хлібні жуки та совки.

Як високоросла культура, озиме жито має більшу схильність до вилягання в порівнянні з озимою пшеницею. Для зниження ризику вилягання першочергове значення мають агротехнічні заходи: вирощування низькорослих стійких сортів, раціональне співвідношення елементів живлення, дотримання оптимальних строків та способів сівби, а також уникнення загущення посівів.

В умовах інтенсивної технології, поряд із застосуванням агротехнічних прийомів, використовують ретарданти – фізіологічно активні речовини, які пригнічують надмірний ріст рослин. Серед рекомендованих препаратів:

Антивилягач 675 SL, в.р. – у дозі 2 л/га,

Терпал С, р.к. – 2,5 л/га,

Хлормекватхлорид 460, к.с. – 2 л/га,

ТУР – згідно з регламентом застосування [23].

Збирання врожаю

Озиме жито є найвищорослішою культурою серед зернових колосових, що створює певні труднощі під час збирання. Зокрема, волога, недостигла солома має властивість намотуватись на молотильний барабан, що ускладнює процес обмолоту. Крім того, жито відзначається схильністю до осипання та проростання зерна, тому його збирання необхідно завершити в стислі строки – протягом 7–8 днів.

Збирання озимого жита здійснюють як роздільним способом, так і прямим комбайнуванням. У період від середини до кінця воскової стиглості (вологість зерна 30–20%) посіви скошують у валки при висоті зрізу 20–25 см. Роздільний спосіб є доцільним для забур'янених посівів, оскільки сприяє кращому очищенню зерна [15].

Пряме комбайнування проводиться у фазі повної стиглості насіння, коли вологість зерна становить 18–15%. Своєчасне збирання врожаю є запорукою збереження високої якості зерна. Загальні втрати під час збирання не повинні перевищувати 2%. Зібране зерно після обмолоту підлягає очищенню, сортуванню та зберігається за вологості 14–15% [9].

Для полегшення збирання та зменшення втрат жита застосовують десикацію. Обприскування посівів проводять за 10–14 днів до збирання за умови, що вологість зерна не перевищує 30%. З цією метою використовують препарати: Вулкан –3 л/га, Домінатор –3 л/га, Космік –3 л/га, Раундап –3 л/га, Ураган –3 л/га, Ураган Форте –1,5–2,0 л/га [9, 15].

1.2. Огляд конструкцій машин для мульчування

З розвитком технологій мінімального обробітку ґрунту в сучасному землеробстві все ширше впроваджуються спеціалізовані машини–мульчувачі, призначені для ефективного подрібнення пожнивних залишків різних сільськогосподарських культур.

Одним із таких агрегатів є мульчувач ІМС-2,8 (рис. 1.1), який виготовляється ВАТ «Агропромтехніка». Машина призначена для збирання гички цукрових буряків, її подрібнення та рівномірного розподілу по поверхні поля. Окрім того, агрегат ефективно справляється з подрібненням поживних залишків інших культур, забезпечуючи рівномірне мульчування ґрунту.

Конструктивно подрібнювач складається з таких основних елементів:

рама (1) – служить основою для монтажу всіх робочих вузлів; трансмісія (2) – передає крутний момент на робочі органи; причіпний пристрій (3) – забезпечує зчеплення з трактором; ротор (4) – основний робочий орган для подрібнення маси; опорні колеса (5) – стабілізують положення машини на полі.

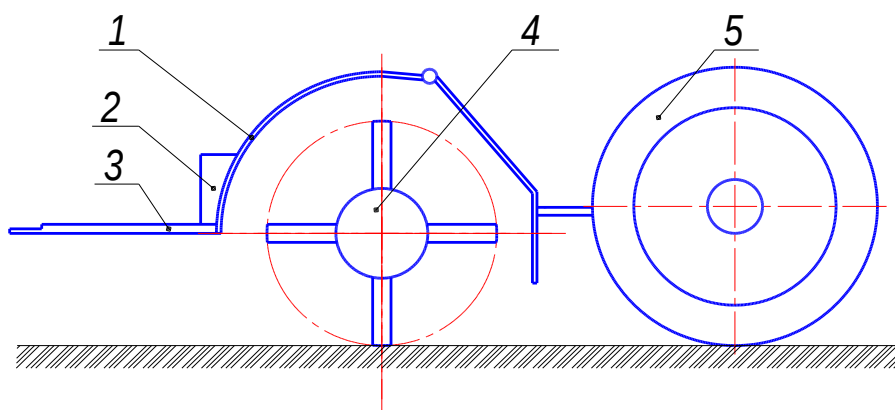


Рисунок 1.1 – Схема мульчувача ІМС-2,8

Мульчувач ІМС-2,8 агрегується з тракторами тягового класу 1,4 тс. Привід ротора здійснюється від вала відбору потужності (ВВП) трактора. Конструкцією передбачено наявність двох обгінних муфт, що запобігають скручуванню вала та захищають трансмісію від перевантаження.

Машина забезпечує продуктивність на рівні 2,1–2,3 га/год за умови руху з робочою швидкістю 6,5–9 км/год. Основним недоліком даної моделі є порівняно низька робоча швидкість, що обмежує загальну ефективність мульчувача і знижує його продуктивність при великих обсягах роботи.

Іншим прикладом техніки подібного призначення є мульчувач RC12 (рис.

1.2), який виробляється компанією RHINO. Цей агрегат призначений для подрібнення рослинних решток кукурудзи, соняшнику, а також стебел зернових і олійних культур.

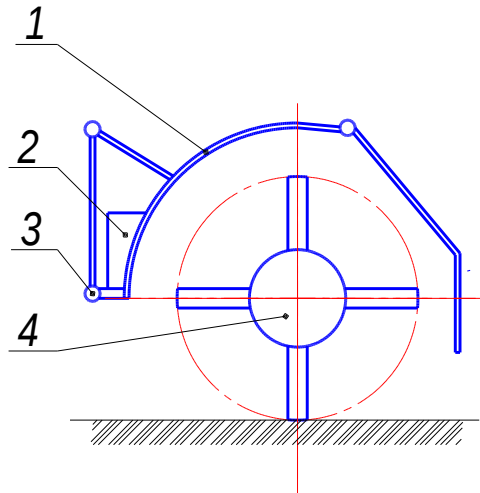


Рисунок 1.2 – Схема мульчувача RC12

Мульчувач RC12 складається з таких основних вузлів: рами (1), трансмісії (2), навісного пристрою (3), ротора (4) та захисних механізмів. У порівнянні з мульчувачем ІМС-2,8, дана модель характеризується вищою робочою швидкістю, що, відповідно, забезпечує більшу продуктивність агрегату.

Разом з тим, суттєвим недоліком мульчувача RC12 є відсутність уніфікованої навісної системи, що обмежує його сумісність із тракторами. Цей агрегат може ефективно використовуватись лише з імпортною технікою, оснащеною двигуном потужністю понад 200 к.с.

Мульчувач НК 4801, виробництва компанії KUNN, за конструкцією подібний до попередніх моделей. Його основними складовими є: рама (1), трансмісія (2), навісний пристрій (3), ротор (4) та опорні колеса (5) (рис. 1.3). Агрегат призначений для виконання аналогічних функцій –подрібнення рослинних решток з рівномірним розподілом мульчі по поверхні поля.

Особливістю мульчувача НК 4801 є збільшена ширина захвату, що вимагає передавання крутного моменту на обидва кінці робочого вала, задля

рівномірного навантаження. Крім того, навісна система має універсальну конструкцію, що дозволяє агрегувати машину як із вітчизняними, так і з зарубіжними тракторами.

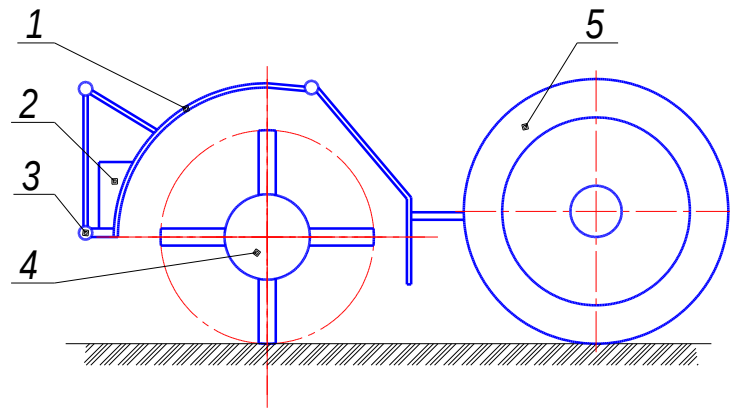


Рисунок 1.3 – Схема мульчувача NK 4801

Основними недоліками розглянутої моделі мульчувача є відсутність причіпного пристрою для переведення машини в транспортне положення, що ускладнює її переміщення дорогами загального користування, а також ненадійність захисних пластин, які швидко зношуються та потребують частої заміни.

Особливістю мульчувача BNG 270, виробництва компанії KUHN, є те, що привід ротора реалізується з обох кінців вала, що забезпечує рівномірний розподіл крутного моменту та стабільну роботу агрегату. Крім того, ножі на роторі закріплені шарнірно, що дозволяє їм адаптуватися до нерівностей поверхні ґрунту та знижує ризик пошкодження при зіткненні з твердими перешкодами.

Технічна характеристика проаналізованих мульчувачів представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Коротка технічна характеристика мульчувачів

Показники	Машина			
	IMC-2,8	RC12	NK 4801	BNG 270
Робоча ширина захвату, м	2,8	3,66	4,95	2,6
Робоча швидкість, км/год	6,5...9	10...12	10...12	10...12
Необхідна потужність трактора, к.с.	70	90	140	63
Маса, кг	1320	1730	2667	1010

Роторні мульчувачі за конструктивними особливостями поділяються на машини з вертикальною (рис. 1.4) та горизонтальною (рис. 1.5) віссю обертання ротора.



а)

б)

Рисунок 1.4 – Причіпні подрібнювачі з вертикальною віссю обертання ротора:
а – BL820; б – Schulte.



а)

б)



Рисунок 1.5 – Роторні подрібнювачі з горизонтальною віссю обертання ротора:
 а – причіпний ПП-2,0; б – начіпний ПН-2,0; в – начіпний Kornik Z902;
 г – начіпний з поздовжньою віссю транспортування

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Зниження приведених витрат на вирощування озимого жита та підвищення врожайності можливе за умови включення в технологічну карту операції мульчування та використання стерньових посівів.

У процесі переходу до енергозберігаючих технологій обробітку ґрунту особливого значення набуває накопичення та рівномірний розподіл рослинних решток по поверхні поля шляхом мульчування. Сучасна практика показує, що для подрібнення післяжнивних залишків дедалі активніше використовуються спеціалізовані машини – мульчувачі, що є важливим елементом у системах мінімального та нульового обробітку ґрунту.

Застосування мульчувачів сприяє: підвищенню запасів вологи у ґрунті; покращенню агрофізичних властивостей орного шару; зниженню проявів водної та вітрової ерозії; зростанню родючості ґрунту; підвищенню врожайності сільськогосподарських культур; зменшенню енергоємності

виробничих процесів, витрат пального і, як наслідок, собівартості продукції.

У результаті аналізу сучасних високопродуктивних технологій встановлено, що, попри наявність широкого асортименту мульчувачів, кожна з існуючих моделей має певні конструктивні та експлуатаційні недоліки, а саме: недостатня робоча швидкість, що обмежує продуктивність; відсутність уніфікованої навіски, що унеможлиблює агрегування з тракторами вітчизняного виробництва з меншою потужністю (до 200 к.с.); відсутність причіпного пристрою, що ускладнює переведення машини в транспортне положення; ненадійність захисних пластин, які мають низький ресурс служби.

З метою усунення зазначених недоліків запропоновано нову конструктивну схему навісного пристосування для мульчування, яка дозволяє підвищити ефективність експлуатації агрегату, забезпечити його універсальність і покращити адаптацію до умов вітчизняного агровиробництва.

2. ПРОЕКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ МУЛЬЧУВАННЯ

2.1. Тяговий розрахунок машинно-тракторного агрегату

Запропонований МТА призначений для виконання поверхневого обробітку ґрунту, зокрема мульчування стерні. В якості енергетичного засобу попередньо обрано трактор МТЗ-1523.

Сумарна потужність, необхідна для забезпечення роботи агрегату, включає витрати на переміщення робочої машини та самого трактора, і визначається за відповідною розрахунковою формулою [15]:

$$N_{e.m.} = \frac{[R_M + G(f + i)]v_p}{3,6 \cdot \eta_{mz} \eta_{\delta}} \quad (2.1)$$

Повний тяговий опір агрегату визначимо за формулою [15]:

$$R_M = k B_k + G_M \cdot i, \quad (2.2)$$

$$R_M = 1,1 \cdot 3,45 + 16,5 \cdot 0,05 = 4,62 \text{ кН}.$$

Механічний к.к.д. трансмісії тракторів з колісною ходовою частиною знайдемо згідно формули [15]:

$$\eta_{mz} = \eta_{цшл}^{\alpha} \cdot \eta_{кон}^{\beta}, \quad (2.3)$$

$$\eta_{mz} = 0,97^3 \cdot 0,98^1 = 0,894.$$

Визначимо коефіцієнт пробуксовування рушіїв трактора:

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{\delta}{100} \quad (2.4)$$

За роботи тракторів по стерні буксування рушіїв становить 13% [15].

Тоді

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{13}{100} = 0,87.$$

Визначаємо потужність.

$$N_{e.m.} = \frac{[4,62 + 50(0,08 + 0,05)] \cdot 10}{3,6 \cdot 0,894 \cdot 0,870} = 39,7 \text{ кВт}.$$

Подачу матеріалу на робочі органи машини знайдемо згідно формули:

$$q = \frac{U \cdot B_p \cdot v_p}{36} \quad (2.5)$$

$$q = \frac{4 \cdot 3.45 \cdot 10}{36} = 3.83 \text{ кг / с}.$$

Загальний тяговий опір агрегату визначається як сума робочого опору сільськогосподарської машини та приведеного опору руху енергетичного засобу. який знайдемо за формулою [15]:

$$R_{\text{ПП}} = \frac{3,6 \cdot N_{\text{БВП}} \cdot \eta_{\text{мг}}}{v_p \eta_{\text{БВП}}}, \quad (2.6)$$

$$R_{\text{ПП}} = \frac{3,6 \cdot 64,3 \cdot 0,894}{10 \cdot 0,95} = 21,7 \text{ кН}.$$

Визначимо величину загального тягового опору мульчувача.

$$R = R_{\text{М}} + R_{\text{ПП}}, \quad (2.7)$$

$$R = 39,7 + 21,7 = 61,4 \text{ кН}.$$

Ефективність роботи МТА оцінюється за допомогою коефіцієнтів використання тягового зусилля та потужності двигуна трактора.

Для подальших розрахунків приймаємо, що трактор рухається на третій передачі в межах робочого діапазону. Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора розраховується за формулою:

$$\xi_P = \frac{P_{\text{TH}}}{P_{\text{НОМ}}}, \quad (2.8)$$

$$\xi_P = \frac{61,4}{65,6} = 0,93.$$

Таким чином, скомплектований агрегат забезпечує завантаження трактора на рівні 93%, що відповідає нормативним вимогам щодо ефективного використання енергетичного засобу.

2.2. Кінематичний розрахунок машинно-тракторного агрегату

Кінематичний розрахунок передбачає визначення кінематичних параметрів МТА під час його руху по робочій ділянці. Для виконання обробітку прийнято гоновий човниковий спосіб руху з петлевими грушоподібними поворотами агрегату (рис. 2.1) [17].

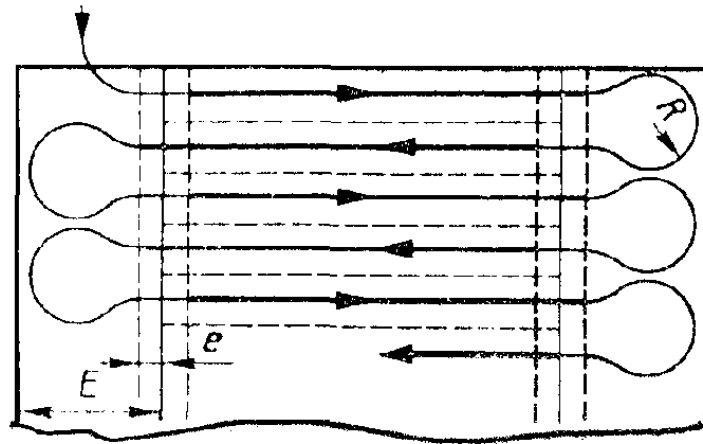


Рисунок 2.1 – Схема човникового способу руху

E – ширина поворотної смуги, e – довжина прямолінійного виїзду,
 R – радіус повороту МТА.

Ширина поворотної смуги при здійсненні петлеподібних розворотів визначається за відповідною розрахунковою формулою [17].

$$E = 2,8R + 0,5B_p + e. \quad (2.9)$$

Для агрегатів з навісними машинами радіус повороту МТА дорівнює радіусу повороту базового трактора.

$$E = 2,8 \cdot 4,8 + 0,5 \cdot 3,45 + 2,1 = 17,26 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги є кратною ширині захвату МТА.

$E = 17,25$ м, що рівно 5-ти проходам МТА.

Площа робочої ділянки складає 50 га (рис. 2.2).

Загальна довжина робочих ходів МТА на ділянці може бути визначена згідно залежності:

$$S_p = \frac{F}{B_p} \quad (2.10)$$

Площа робочої ділянки визначається як різниця між загальною площею поля та сумарною площею поворотних смуг, тобто:

$$(1200 \cdot 416) - (34,3 \cdot 416) = 484931,2 \text{ м}^2.$$

Тоді,

$$S_p = \frac{484931,2}{3,45} = 140559,8 \text{ м}.$$

Число поворотів на полі знайдемо згідно формули:

$$n_x = \frac{B}{B_p} - 1 \quad (2.11)$$

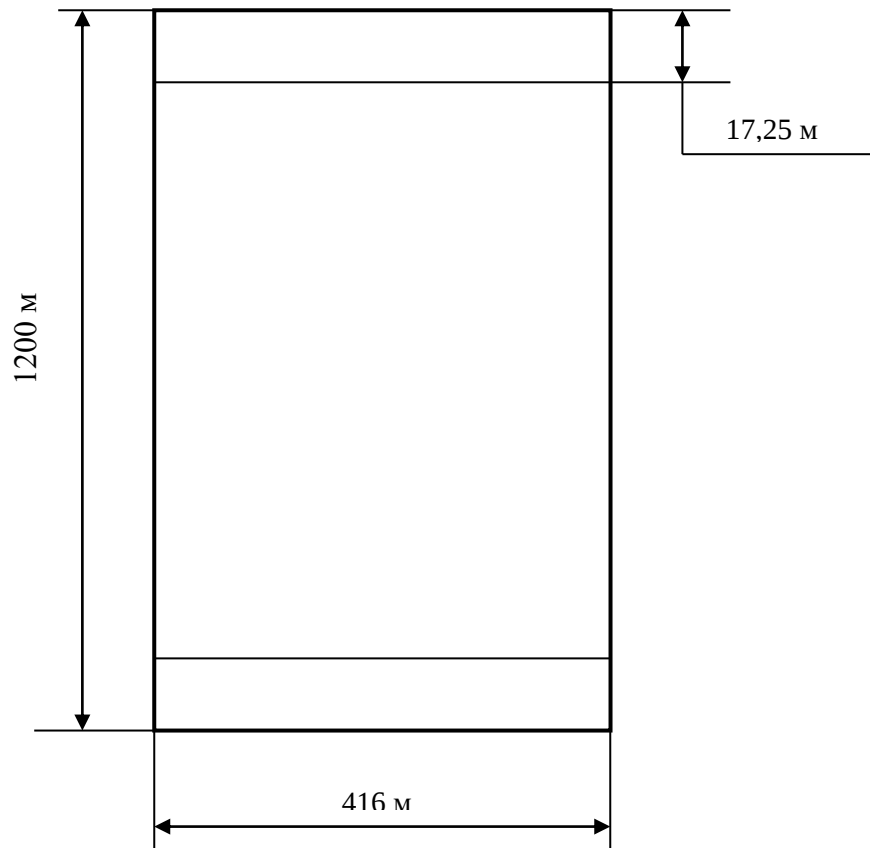


Рисунок. 2.2 – Схема робочої ділянки

$$n_x = \frac{416}{3,45} - 1 = 119.$$

Знайдемо загальну довжину холостих ходів [22]:

$$S_x = n_x(6R + 2e) + 6R + 2e, \quad (2.12)$$

$$S_x = 119(6 \cdot 4.8 + 2 \cdot 2.1) + 6 \cdot 4.8 + 2 \cdot 2.1 = 3960 \text{ м.}$$

Тоді коефіцієнт робочих ходів складатиме

$$\varphi = \frac{S_p}{S_p + S_x}, \quad (2.13)$$

$$\varphi = \frac{140559,8}{140559,8 + 3960} = 0,973.$$

Таким чином, обраний нами спосіб руху МТА забезпечуватиме 97,3 % всього руху МТА на безпосереднє виконання технологічних операцій.

2.3. Розрахунок продуктивності та витрат палива

Визначаємо норму продуктивності [22]:

$$H_B = \frac{T_{зм} - (T_{н.з} + T_{від} + T_{ос.н} + T_{обс})}{60 \cdot (1 + r_{пов} + r_{пер} + r_{дон.р})} \cdot W. \quad (2.14)$$

Продуктивність у межах основного часу роботи визначають за відповідною розрахунковою формулою:

$$W = 0.1 \cdot B_p \cdot V_p, \quad (2.15)$$

$$W = 0.1 \cdot 3,45 \cdot 10,6 = 3,65 \text{ га.}$$

Знайдемо коефіцієнт поворотів:

$$r_{пов} = \frac{V_p \cdot T_{нов}}{3,6 \cdot L}. \quad (2.16)$$

Час повороту:

$$T_{\text{пов}} = \frac{L_{\text{пов}}}{v_p} \quad (2.17)$$

У разі застосування петлеподібних поворотів довжина одного повороту визначається як [4]:

$$L_{\text{пов}} = (6,6 \dots 8,0) R, \quad (2.18)$$

$$L_{\text{пов}} = (6,6 \dots 8,0) \cdot 4,8 = 31,6 \dots 52,8 \text{ м.}$$

Прийmemo $L_{\text{пов}} = 0,04$ км.

$$T_{\text{пов}} = \frac{0,04}{10,6} = 0,2 \text{ хв.}$$

Так як МТА буде працювати на одній ділянці, то коефіцієнт переїздів складатиме 1.

Норму продуктивності знайдемо згідно нормативів [22].

$$H_B = \frac{420 - (38 + 30 + 4)}{60(1 + 0,2 + 0 + 0)} 3,65 = 17,64 \text{ га.}$$

Величина питомих витрат палива визначається згідно формули:

$$Q_{\text{за}} = \frac{T_o \cdot Q_o + T_{\text{пов}} \cdot Q_{\text{пов}} + T_{\text{зуп}} \cdot Q_{\text{зуп}}}{H_{\text{с}}} \quad (2.19)$$

Загальні витрати часу на повороти:

$$T_{нов} = L_{нов} \cdot n_x, \quad (2.20)$$

$$T_{нов} = 0,2 \cdot 119 = 23,8 \text{ хв} = 0,4 \text{ год.}$$

$$Q_{га} = \frac{5,8 \cdot 24 + 0,2 \cdot 15 + 0,25 \cdot 8,5}{17,64} = 8,1 \text{ кг/га.}$$

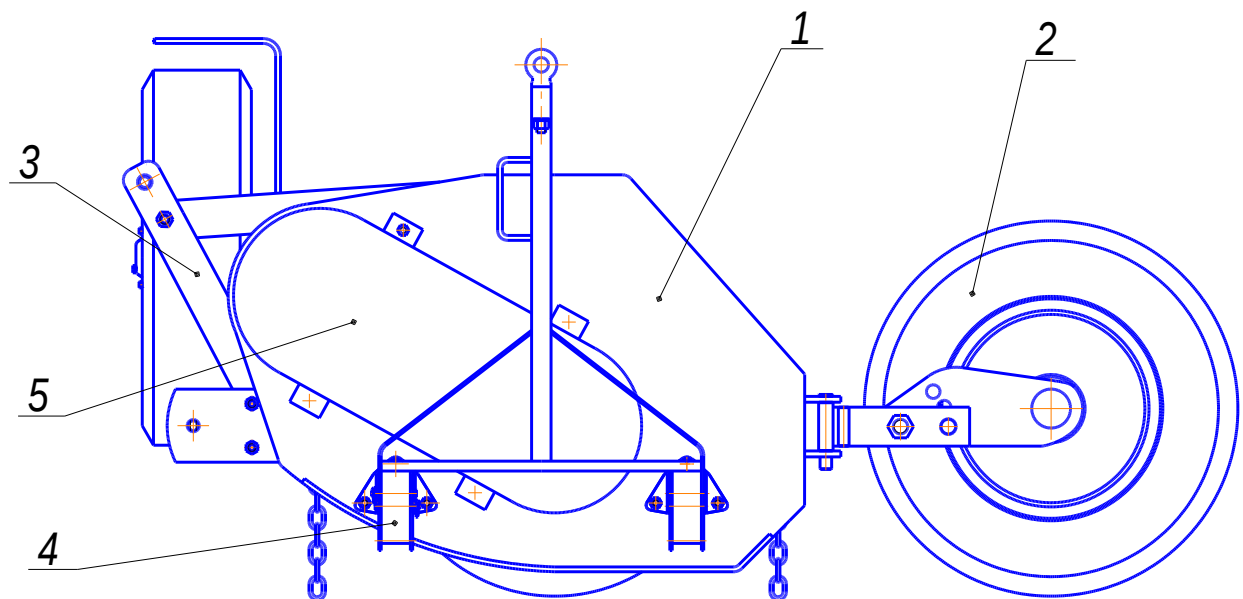
Таким чином, продуктивність машинно-тракторного агрегату становить 3,65 га/год, а питомі витрати пального – 8,1 кг/га. Агрегат здійснює рух по полю за гоновою схемою човникового типу з петлеподібними грушоподібними поворотами, при цьому коефіцієнт використання робочих ходів дорівнює 0,97.

Отримані показники свідчать про доцільність і ефективність поєднання сконструйованого мульчувача з трактором МТЗ-1523.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування конструкції пристосування для мульчування

Проектоване мульчувальне обладнання призначене для ефективного подрібнення рослинних решток майже всіх видів сільськогосподарських культур.



1 – рама; 2 – колісний хід; 3 – навіска; 4- причіпний пристрій;
5 – трансмісія

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд пристосування для мульчування

Конструкція рами запропонованого мульчувального пристосування включає боковини та бруси, з'єднані між собою зварними швами. Для забезпечення стабільної висоти зрізу пристрій оснащений двома опорними колесами, одне з яких додатково виконує функцію транспортного. Для запобігання викиданню сторонніх предметів з-під ножів, на рамі мульчувача встановлено захисні ланцюги.

Основним робочим елементом пристрою є ротор, оснащений Y-

подібними ножами, які встановлюються на шарнірах. Сам ротор монтується на шарикопідшипникових опорах, розташованих у боковинах рами. Рекомендовано використання самоустановлюваних підшипників.

Привід ротора здійснюється від валу відбору потужності (ВВП) трактора через трансмісійну систему, до складу якої входять: конічний редуктор, карданна передача та пасова передача. Для захисту трансмісії від пошкоджень у разі раптової зупинки ротора, привід планується доповнити обгінною муфтою. Проектна швидкість обертання ротора становить 2000 об/хв. Висота зрізу регулюється шляхом зміни положення опорних коліс відносно рами мульчувача.

Переведення мульчувача в транспортне положення здійснюється шляхом переведення опорного колеса в режим транспортування. Для цього необхідно виконати такі дії: опустити та повернути колесо у відповідне положення, повернути опорне колесо, висунути опорну стійку, перевести причіпний пристрій, розташований на лівій боковині, у горизонтальне положення. Далі слід опустити мульчувач на поверхню, від'єднати його від навісного механізму енергозасобу та з'єднати причіпний гак з транспортним причіпним пристроєм.

Технологічний процес мульчування с/г культур відбувається у такій послідовності: під час руху по полю ротор обертається, і під дією відцентрової сили ножі розкриваються, виконуючи зрізування та подрібнення стерні й рослинних залишків. Подрібнена маса рівномірно розподіляється по поверхні поля.

У результаті проходження машинно-тракторного агрегату утворюється шар змульчованої соломи, що відповідає вимогам ґрунтозахисних технологій.

3.2. Компоновка приводу пристосування для мульчування

Розрахуємо потужність, необхідну для забезпечення роботи приводу машини. Для цього скористаємося орієнтовним значенням питомої потужності машин-аналогів, яке в середньому становить 25 к.с./м. За умови, що ширина захвату мульчувача становить 3,5 м, розрахункова потужність приводу дорівнює: $N=25 \cdot 3,5=87,5$ к.с.=64,3 кВт.

Силовa передача агрегату представлена такою схемою: конічний редуктор з передаточним числом $i=1$, карданна передача, а також циліндричний двоступінчастий редуктор із загальним передаточним відношенням $i=0,5$.

Частота обертання вала відбору потужності (ВВП) трактора становить 1000 об/хв.

Наступним кроком є визначення крутного моменту, що передається конічним редуктором. Для цього скористаємося формулою [13]:

$$T = \frac{9,55P}{n}, \quad (3.1)$$

$$T = \frac{9,55 \cdot 64,3 \cdot 10^3}{100} = 614 \text{ Нм.}$$

У якості конічного редуктора обираємо модель КЦ1-200, яка має передаточне число $i=1$ та масу 85 кг.

Для передавання крутного моменту до вала ротора використовується клинопасова передача з передаточним числом $i=2/1$.

Здійснимо попередній розрахунок параметрів пасової передачі.

На першому етапі визначимо мінімально допустиму міжосьову відстань, яка є необхідною умовою для правильного функціонування приводу:

$$L_{\min} = (d_{pб} + d_{pм}) \cdot 0,55 + n, \quad (3.2)$$

$$L_{\min} = 0,55(205 + 105) + 10 = 180,5 \text{ мм.}$$

Знайдемо максимальну міжосьову відстань:

$$L_{\max} = 2(d_{p\delta} + d_{pm}), \quad (3.3)$$

$$L_{\max} = 2(205 + 105) = 620 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань $L=625$ мм.

Відповідно до обраної міжосьової відстані визначаємо розрахункову довжину паса, яка необхідна для забезпечення коректної роботи пасової передачі.

$$L_p = 2L + W + \frac{Y}{L}, \quad (3.4)$$

де

$$Y = \frac{(d_{p\delta} + d_{pm})^2}{2} = \frac{(205 - 105)^2}{2} = 2500 \text{ мм}^2;$$

$$W = \frac{(d_{p\delta} - d_{pm})}{2} \cdot \pi = \frac{(205 - 105)}{2} \cdot 3,14 = 147 \text{ мм};$$

$$L_p = 2 \cdot 625 + 147 + \frac{2500}{625} = 1401 \text{ мм.}$$

Розраховану довжину паса округлимо до відповідного значення згідно ГОСТ 8032-54. $L_p = 1400$ мм.

На веденому валу мульчувача встановлюється роликів обгінна муфта типу NuW68, яка характеризується номінальним крутним моментом 680 Нм та

максимально допустимою частотою обертання 2120 об/хв.

Обраний тип муфти повністю відповідає експлуатаційним вимогам до мульчувача. Маса даного елемента становить 1,8 кг [13].

3.3. Розрахунок привідного вала на кручення

Знайдемо реакції в опорах вала, склавши рівняння моментів (А і В) [13].

$$\sum M_A = R_B \cdot l - q \cdot \frac{l}{2} - M = 0; \quad (3.5)$$

$$\sum M_B = -R_A \cdot l + q \cdot \frac{l}{2} + M = 0. \quad (3.6)$$

З даних рівнянь реакції в опорах складатимуть:

$$R_B = \frac{q \cdot \frac{l}{2} + M}{l}; \quad (3.7)$$

$$R_A = \frac{q \cdot \frac{l}{2} + M}{l}. \quad (3.8)$$

Знайдемо значення крутного моменту [13].

$$T = \frac{9,55 \cdot N}{n}, \quad (3.9)$$

$$T = \frac{9,55 \cdot 5,2 \cdot 10^3}{190} = 261,4 \text{ Нм.}$$

$$R_B = \frac{154,2 \cdot \frac{0,7}{2} + 261,4}{0,7} = 450,5 \text{ Н} = R_A.$$

Визначимо момент інерції перерізу конструктивного елемента, що піддається найбільшим навантаженням. [13].

$$W_z = \frac{M_{\max}}{[\sigma]}, \quad (3.10)$$

$$W_z = \frac{261400}{[250 \cdot 10^6]} = 10,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Діаметр вала з умови міцності:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_z}{\pi}}; \quad (3.11)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10,5 \cdot 10^{-4}}{3.14}} = 0.107 \text{ м.}$$

Прийmemo діаметр вала 12 см.

Розрахуємо значення напружень у найбільш навантаженому (небезпечному) перерізі конструкції.

Для цього визначимо амплітуду напружень, що виникає під дією змінного навантаження:

$$\sigma_a = \sigma_{3\Gamma} = M \cdot 1000 / W_{\text{нetto}}. \quad (3.12)$$

Осьовий момент опору для суцільного круглого поперечного перерізу визначається за наступною формулою:

$$W_{\text{нетто}} = 0.1 \cdot d^3, \quad (3.13)$$

$$W_{\text{нетто}} = 0.1 \cdot 120^3 = 172800 \text{ мм}^3.$$

Тоді,

$$\sigma_a = 261.4 \cdot 1000 / 172800 = 2 \text{ МПа}.$$

Дотичні напруження змінюються відповідно до нульового циклу навантаження, при якому амплітудне значення дотичних напружень τ_a становить половину від розрахункового значення τ_k [13]:

$$\tau_a = \tau_k / 2 = M_k / (2 \cdot W_{p_{\text{нетто}}}); \quad (3.14)$$

При круглому перерізі він визначається згідно формули:

$$W_{p_{\text{нетто}}} = 0.2 \cdot d^3, \quad (3.15)$$

$$W_{p_{\text{нетто}}} = 0.2 \cdot 120^3 = 345600 \text{ мм}^3.$$

Тоді,

$$\tau_a = 47 / (2 \cdot 345600) \approx 0 \text{ МПа}.$$

Отже, амплітудним значенням дотичних напружень можемо знехтувати. Коефіцієнти концентрації як нормальних, так і дотичних напружень

визначається за відповідною розрахунковою формулою [13]:

$$(K_g)_d = [K_g / K_d + K_\phi - 1] \cdot (1 / K_v); \quad (3.16)$$

$$(K_T)_d = [K_T / K_d + K_\phi - 1] \cdot (1 / K_v); \quad (3.17)$$

де $K_g = 1.62$, $K_T = 1.42$;

$K_d = 0.67$, $K_\phi = 1$;

$K_v = 1.45$.

$$(K_g)_d = [1.62 / 0.67 + 1 - 1] \cdot (1 / 1.45) = 1.67;$$

$$(K_T)_d = [1.42 / 0.67 + 1 - 1] \cdot (1 / 1.45) = 1.46.$$

Знайдемо межі міцності в небезпечних перерізах вала.

$$(\sigma_i)_d = \sigma_i / (K_g)_d; \quad (3.18)$$

$$(\tau_i)_d = \tau_i / (K_T)_d. \quad (3.19)$$

Де, $\sigma_i=335$ і $\tau_i=0.58$ – межі міцності за симетричного циклу згину та кручення [13].

$$(\sigma_i)_d = 335 / 1.67 = 201 \text{ МПа};$$

$$(\tau_i)_d = 133 \text{ МПа}.$$

Розрахуємо коефіцієнти запасу міцності за нормальними та дотичними напруженнями, що дозволить оцінити надійність елемента конструкції під дією експлуатаційних навантажень.

$$S_g = (\sigma_i)_d / \sigma_a. \quad (3.20)$$

$$S_T = (t_i)_d / t_a. \quad (3.21)$$

$$S_g = 201 / 2 = 100.5;$$

$$S_T = 133 / 0 .$$

Ураховуючи незначну величину дотичних напружень, їх вплив було прийнято таким, що не впливає на загальну міцність конструкції, і тому вони не враховувалися в розрахунках. Відповідно, визначення коефіцієнта запасу міцності за дотичними напруженнями є неможливим, оскільки поділ на нульове значення недопустимий.

Таким чином, отримані результати підтверджують достатній рівень міцності прийнятого конструктивного рішення для вала.

3.4. Розрахунок кінематичних параметрів

Частота обертання барабана мульчувача становить 500 об/хв.

Розрахуємо кінематичний режим роботи мульчувача, визначивши відношення лінійної швидкості ножів до поступальної швидкості руху машино-тракторного агрегату, яка дорівнює 10 км/год, тобто 2,78 м/с.

Лінійну швидкість обертового руху ножів визначаємо за формулою:

$$v = \omega R. \quad (3.22)$$

Радіус барабана, з урахуванням конструктивно-технологічних особливостей, прийнято рівним 0,36 м.

Для подальших розрахунків визначимо кутову швидкість обертання барабана за формулою:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (3.23)$$

$$\omega = \frac{3.14 \cdot 500}{30} = 52.33 \text{ рад/с.}$$

У цьому випадку швидкість ножів буде:

$$v = 52.33 \cdot 0.36 = 18.8 \text{ м/с.}$$

Розрахуємо показник кінематичного режиму роботи мульчувача, який характеризує інтенсивність взаємодії робочих органів із ґрунтом та рослинними рештками:

$$\lambda = \frac{v}{V}, \quad (3.24)$$

$$\lambda = \frac{18.8}{10} = 1.9.$$

Розрахуємо подачу на мульчувач за один оберт барабана, тобто величину шляху, який проходить машино-тракторний агрегат за час одного оберту робочого органа:

$$S = \frac{2\pi R}{\lambda}, \quad (3.25)$$

$$S = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.36}{1.9} = 1.19 \text{ м.}$$

Виходячи з конструктивних міркувань, для подальших розрахунків

приймається конфігурація ножа, представлена в ілюстративних матеріалах.

Розміщення ножів передбачається здійснювати по розгортці гвинтової лінії на поверхні барабана.

Крок гвинтової лінії визначається за формулою:

$$t_1 = a \cdot M, \quad (3.26)$$

$$t_1 = 0,1 \cdot 4 = 0,4 \text{ м.}$$

Відстань між суміжними гвинтовими лініями визначається за формулою:

$$b = \frac{M \cdot a}{K}, \quad (3.27)$$

$$b = \frac{4 \cdot 0,1}{2} = 0,2 \text{ м.}$$

Таким чином, спроектований робочий орган мульчувача характеризується горизонтальною віссю обертання та кінематичним режимом роботи, що дорівнює 1,9.

Передбачене конструктивне виконання забезпечує можливість ефективної агрегатування з серійним трактором МТЗ-1523. Розміщення ножів по гвинтовій лінії сприяє раціональному використанню кінематичних параметрів, що дозволяє реалізувати максимальну швидкість руху машино-тракторного агрегату по полю та, відповідно, підвищити його продуктивність.

Міцнісний аналіз підтвердив обґрунтованість прийнятих конструктивних рішень та забезпечує надійну експлуатацію мульчувача в реальних умовах роботи.

3.5. Аналіз напружено-деформованого стану ножа пристосування для мультчування

У системи тривимірного моделювання SolidWorks будуємо твердотільну модель ножа мультчувача (рис. 3.2).

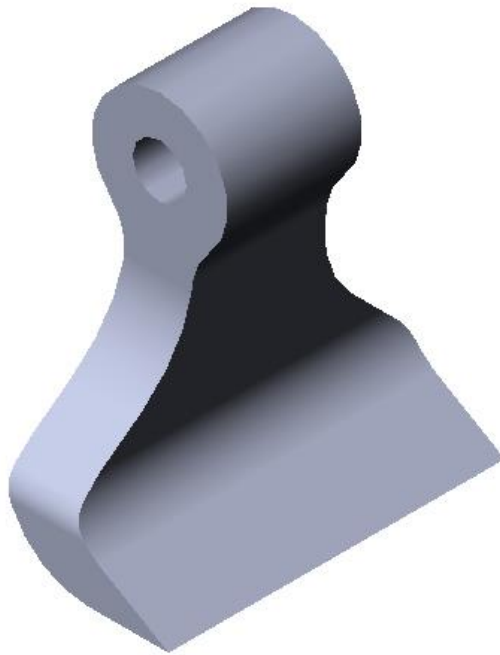


Рисунок 3.2 – Твердотільна модель ножа

Здійснимо аналіз напружено-деформовного стану ножа мультчувача, використовуючи модуль кінцевоелементного аналізу CosmosWorks.

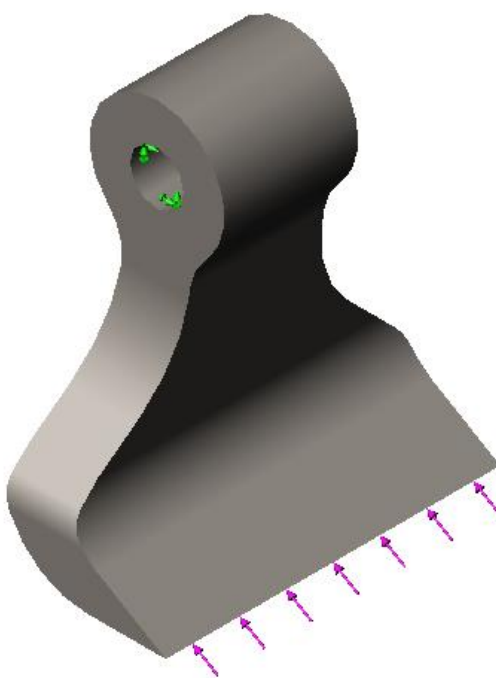
Побудуємо сітку кінцевих елементів на 3D-моделі ножа (рис. 3.3, а).

Задаємо граничні умови для проведення розрахунку на міцність: передбачається жорстке закріплення ножа шляхом защемлення в області отвору головки.

У якості робочого навантаження на ніж прикладається зусилля різання орієнтовною величиною 1000 Н, прикладене до ріжучої кромки (рис. 3.3, б).



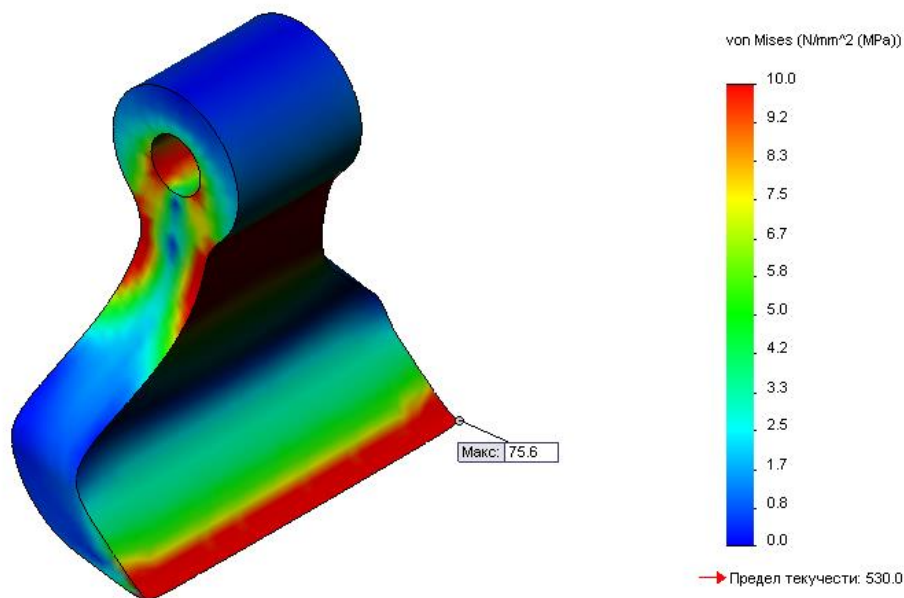
a)



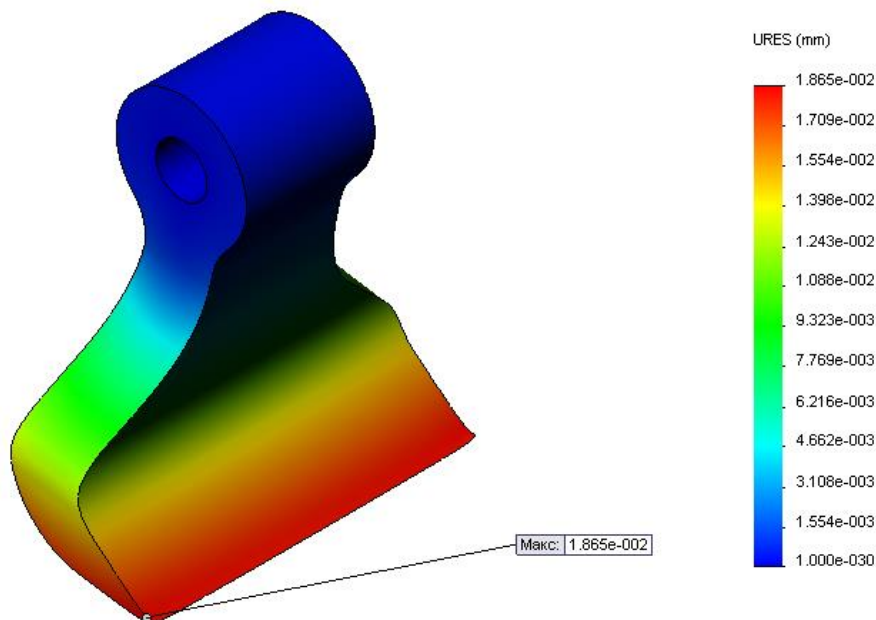
б)

Рисунок 3.3 – Моделювання ножа мульчувача

Результати розрахунку напружено-деформованого стану ножа мульчувача, отримані за допомогою модуля кінцеелементного аналізу CosmosWorks у середовищі тривимірного моделювання SolidWorks, представлені на рис. 3.4.



а)



б)

Рисунок 3.3 – Результати розрахунку НДС ножа:

а - напруження, МПа; б - переміщення точок, мм.

Як свідчать результати кінцевоелементного аналізу, максимальні контактні напруження виникають у зоні ріжучої кромки ножа мульчувача та становлять приблизно 75 МПа.

Максимальна деформація, що проявляється у вигляді згину зуба, досягає значення близько 0,18 мм.

Графічне представлення розподілу коефіцієнтів запасу міцності по поверхні зуба мульчувача наведено на рис. 3.5.

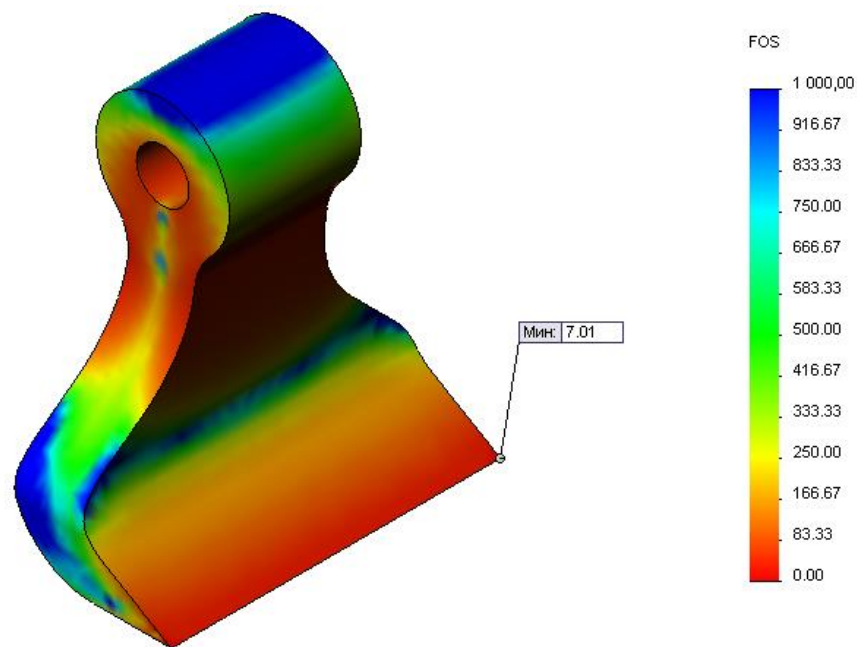


Рисунок 3.5 – Розподіл запасу міцності по зубу пристосування для мульчування

Мінімальне значення коефіцієнта запасу міцності для зуба ножа мульчувача становить орієнтовно 7, що свідчить про достатній рівень міцності конструктивного елемента при заданих умовах навантаження.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Нормативно-правові акти з охорони праці

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закони України та Кодекс законів про працю України (КЗпП). Законодавчими актами, що визначають основні положення з охорони праці є загальні закони України, а також спеціальні законодавчі акти, як, приймаються кабінетом Міністрів України, Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, Міністерством соціальної політики України, Міністерством охорони здоров'я й ін. Крім законодавчих актів України, правові відносини у сфері охорони праці регулюються нормативно-правовими актами з охорони праці [12].

До найважливіших нормативно-правових актів із питань охорони праці відносять державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП). Залежно від сфери дії ДНАОП можуть бути міжгалузевими або галузевими.

Згідно із Законом України "Про охорону праці" (ст. 28), нормативно-правові акти переглядаються в міру впровадження досягнень науки і техніки, що сприяють поліпшенню безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, але не рідше ніж один раз на десять років. Державні нормативні акти (ДНАОП) потрібно відрізняти від відомчих документів про охорону праці (ВДОП), які можуть розроблятися на їх основі і затверджуватися міністерствами, відомствами України або асоціаціями, концернами та іншими об'єднаннями підприємств для конкретизації вимог ДНАОП відповідно до специфіки галузі. Роботодавець або уповноважений ним орган розробляють на основі ДНАОП і затверджують власні положення, інструкції або інші нормативноправові акти про охорону праці, що діють у межах підприємства.

Відповідно до рекомендацій Держнаглядохоронпраці щодо Порядку опрацювання і затвердження нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві (наказ № 132 Державного комітету з нагляду за охороною праці від 12 грудня 1993 р.) до основних нормативних актів підприємства належать:

1. Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;

2. Положення про службу охорони праці підприємства;
3. Положення про комісію з питань охорони праці підприємства;
4. Положення про роботу уповноваженого трудового колективу з питань охорони праці;
5. Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
6. Положення про організацію та проведення первинного і повторного інструктажів, а також пожежно-технічного мінімуму;
7. Наказ про порядок атестації робочих місць щодо їх відповідності 50 нормативним актам про охорону праці;
8. Положення про організацію попереднього і періодичного медичного огляду працівників;
9. Інструкції з охорони праці для працюючих за професіями і видами робіт;
10. Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
11. Перелік посадових осіб підприємства, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;
12. Наказ про порядок забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Згідно з чинним нині в Україні Положенням про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці 29 січня 1998 р. за № 9, передбачено періодичність перевірки інструкцій з охорони праці не рідше, ніж один раз на п'ять років, а інструкцій для працюючих за професіями або видами робіт, пов'язаними з підвищеною небезпекою - не рідше ніж раз на три роки [12].

4.2. Вимоги безпеки при роботі з пристосуванням для мульчування

Конструктивне виконання машин та здійснення ними функціонального призначення повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ 2189-93 з

урахуванням: загальних вимог безпеки згідно ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002; пожежної безпеки згідно з ГОСТ 12.1.004 та “Загальносоюзними правилами пожежної безпеки для об’єктів сільськогосподарського виробництва”; біологічної безпеки за ГОСТ 12.1.008; вимог до знаків безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026; вимог до загородження та блокіровок, а також до засобів малої механізації згідно з ГОСТ 12.2.042; ергономічних вимог згідно з ГОСТ 12.2.049.

Обслуговуючий персонал мульчувача повинен бути навчений безпечним методам складання, експлуатації і усунення несправностей мульчувача, пройти інструктаж по заходах безпеки.

При підготовці до роботи потрібно впевнитись у повній працездатності трактора і агрегата. Виконувати правила безпеки при агрегуванні мульчувача з трактором. При приєднанні мульчувача до трактора знаходження тракториста (сільгоспробочого) між тягами задньої начіпки трактора не допускається. Не від’єднувати мульчувач від трактора, не поставивши захисні упори. Не переводити мульчувач в транспортне положення при роботі. Не пускати агрегат в роботу, не впевнившись у відсутності людей перед і під мульчувачем. Не опускати агрегат в транспортне положення, не впевнившись у відсутності людей в зоні опускання. Не починати рух агрегату заднім ходом, якщо мульчувач знаходиться в робочому положенні.

Для знаходження під мульчувачем потрібно:

- перевести мульчувач в транспортне положення;
- установити захисні упори на циліндри бункера і опорно-привідних коліс;
- перевести рукоятку управління опорного стояка в нерухоме положення і впевнившись, що опора щільно і без перекосів зажати;
- опустити задню начіпку трактора, підкласти упори із підручного матеріалу під колеса;
- заглушити двигун трактора.

Транспортування мульчувача по дорогах загального користування проводити у відповідності з Правилами дорожнього руху.

Виконання зазначених правил обов’язкове для осіб, які обслуговують мульчувач. Забороняється допускати до роботи осіб, які не мають посвідчення

тракториста-машиніста сільськогосподарського виробництва та не пройшли інструктаж по безпеці праці при роботі з мульчувачем. Забороняється проводити ремонт, регулювання та змащення мульчувача при працюючому двигуні трактора, на схилах, а також при піднятому та незафіксованому положенні мульчувача. Забороняється експлуатувати мульчувач без захисних засобів, фартухів.

Перш ніж включати робочі органи і починати рух, перевірте, чи вільний шлях, упевніться, що біля мульчувача немає людей. Подайте попереджувальний сигнал. Перед роботою перевірте дію механізмів на холостому ході. Працюйте в спецодязі. Не дозволяється робота мульчувача в охоронній зоні лінії електропередач.

Забороняється робота мульчувача на непідготовлених полях, засмічених камінням та металевими предметами. Не торкайтесь робочих органів машини при працюючому двигуні трактора. Не допускайте присутності людей перед працюючим мульчувачем і в зоні розкидання рослинних залишків. Не залишайте мульчувач у піднятому положенні (під час тривалої зупинки, зберігання та транспортних переїзді), не зафіксувавши його. Коли з'явився стукіт або інші сигнали несправності, мульчувач потрібно зупинити, а несправності усунути. Робота на несправному мульчувачі забороняється.

Забороняється експлуатувати мульчувач з розбалансованим ротором. Дисбаланс може бути викликаний відсутністю ножа або його частини. Не знімайте захисні кожухи, не відкривайте кришки ротора до повної зупинки робочих органів (3÷5 хв після зупинки ВВП трактора). Не залишайте на мульчувачі після ремонту інструмент чи інші предмети. Попадання їх у робочі органи може призвести до аварії. Під час монтажних, складальних чи вантажно-розвантажувальних робіт мульчувач та його частини піднімайте за допомогою вантажопідійомних засобів. Транспортуйте мульчувач дорогами загального користування відповідно з діючими «Правилами дорожнього руху». Швидкість транспортування не повинна перевищувати 20 км/год .

Під час транспортних переїзді полем швидкість не повинна перевищувати 8 км/год, а під час руху під уклон - 4 км/год. Забороняється обгін транспорту в умовах обмеженої видимості та в нічний час.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технології вирощування озимого жита шляхом удосконалення конструкції навісного пристрою для мульчування, зокрема через використання нової схеми розміщення ножів подрібнювача на шарнірах.

Зниження технологічних витрат та підвищення урожайності культури забезпечується шляхом включення в агротехнологічний процес операції мульчування, а також завдяки застосуванню стерньових посівів.

У ході дослідження проведено аналіз існуючих технологій вирощування озимого жита, а також виконано огляд конструкцій машин для мульчування з визначенням їх переваг і недоліків.

Розроблено операційно-технологічну карту процесу мульчування, виконано кінематичні та тягові розрахунки машино-тракторного агрегату, а також обчислено продуктивність агрегату та витрати пального. Обґрунтовано компоновку приводу мульчувача.

У межах проєктної частини розроблено конструкції окремих складальних одиниць та деталей мульчувача, визначено оптимальні кінематичні параметри його роботи, а також проведено аналіз напружено-деформованого стану ножа за допомогою методу кінцевих елементів.

Крім того, у роботі розглянуто основні вимоги з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації мульчувачів.

Застосування МТА з удосконаленим мульчувачем у запропонованій технології вирощування озимого жита забезпечує можливість агрегування з серійним трактором МТЗ-1523.

Завдяки шарнірному розміщенню ножів забезпечується максимальна реалізація кінематичних можливостей агрегату, що дозволяє досягти високої швидкості його руху по полю та, відповідно, підвищити продуктивність роботи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е.Г. Дегодюк, В.Ф.Сайко, М.С.Корнійчук та ін.; За ред. Е.Г. Дегодюка. К.: Урожай, 1992. 320 с.
2. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М.Я Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навч. посібник / За ред. Д. Г. Войтюка. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.
3. 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.
4. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій, О.М. Погорілець, І. І. Ревенко та ін.; За ред. В. Д. Гречкосія. К.: Урожай, 1988. 360с.
5. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві В.Ю. Ільченко, І. П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. К.: Урожай, 1993. 288 с.
6. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 31 с.
7. Записна книжка інженера сільськогосподарського виробництва / М. П. Кононенко, Є. А. Бузовський, О. А. Лук'янчук та ін. За ред. М. П. Кононенка. 2-е вид., перероб. і доп. К.: Урожай, 1987. 288с.
8. Лехман С.В. Довідник з охорони праці в сільському господарстві, К.: Техніка, 1990.
9. Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур, Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730с.

10.Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. К: Мета, 2003. 448 с.

11.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.

12.Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlyvi

13.Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.

14.ПІ 2.00-013-99. Інструкція з охорони праці для тракториста-машиніста сільськогосподарського виробництва

15.Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н.Салатенко, М.А.Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591с.

16.Сільськогосподарські машини / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко, М.М. Косі-нов. К: Урожай, 1996. 240 с.

17.Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М.Булгаков та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464с.

18.Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г.Войтюк, В.О.Дубровін, Т.Д.Іщенко та ін.; За ред. Д.Г.Войтюка. К.: Вища освіта,2004. 544с.

19.Типові норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / В.В. Вітвіцький, ІМ. Демчак, В.С. Пивовар та ін. К: ЦЩ "Укراгропромпродуктивність", 2005. 544 с.

20.Типові норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами /В.В. Вітвіцький, І.М. Демчак, В.С. Пивовар та ін. К: НДІ "Украгропромпродуктивність", 2005. 544 с.

21. Типові норми продуктивності машин і витрат палива на передпосівному обробітку ґрунту. К.: НДІ "Укргропромпродуктивність", 2005. 672 с.
22. Типові норми продуктивності та витрати палива на тракторно-транспортних роботах /В.В. Вітвіцький, Ю.Я. Лузан, Л.І. Кучеренкота ін. К.: НДІ "Укргропромпродуктивність", 2007. 672 с. (Б-ка спеціаліста АПК „Економічні нормативи”).
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. 232 с.
24. 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.
25. 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.
26. Гудь, М., Ворошук, В., Олексюк, В., Гагалюк, А. (2024). Оцінка впливу фізико-механічних параметрів наповнювача на динамічну поведінку циліндричної оболонки. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 345 №6(2), 248-253.
27. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Pidgurskyi I., Oleksyuk V., Pidluzhnyi O., Bykiv D., Borys I., Bulaienko R., Stashkiv V., Mushak A. (2024) Methodology of experimental and analytical research of technical systems. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 116, no 4, pp. 50–58.
28. Sustainable and smart logistics centers: Challenges and opportunities for Ukraine's transport system. Y Vovk, I Vovk, U Plekan, O Tson, V Oleksyuk *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*. Vol. 10 No. 1 (2025), 116-124.

ДОДАТКИ