

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «ПОЛІПШЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ МТА В ПЕРІОД
ПІДГОТОВКИ ҐРУНТУ І СІВБИ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО
ЯЧМЕНЮ З ВДОСКОНАЛЕННЯМ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДУ РОБОЧИХ
ОРГАНІВ РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ 1-РМГ-4»

Виконав: студент IV курсу групи Аін-43сп

Спеціальності 208 «Агроінженерія»

(шифр і назва)

Гришук Олег Сергійович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: Березовецька Оксана Георгіївна

(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Шарибура А.О.

“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту
Грищуку Олегу Сергійовичу

1. Тема проекту: «Поліпшення використання МТА в період підготовки ґрунту і сівби під час вирощування ярого ячменю з вдосконаленням конструкції приводу робочих органів розкидача мінеральних добрив 1-РМГ-4»

Керівник проекту: Березовецька Оксана Георгіївна, к.т.н., в.о. доцента
Затверджена наказом по університету від 27.11.2023 року 641/к-с

2. Строк здачі студентом закінченого проекту 21.06.2024 року

3. Вихідні дані: технічні характеристики розкидачів мінеральних добрив; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою підживлення рослин механізованим способом; методики розрахунку та проектування розкидача мінеральних добрив; методики визначення економічної ефективності конструктивного удосконалення машини.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

- 4.1 Аналіз конструкцій розкидачів мінеральних добрив
- 4.2 Технологія доставки, зберігання та внесення міндобрив
- 4.3 Конструкторсько-технологічна частина
- 4.4 Охорона праці
- 4.5 Економічна частина

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

5.1. Аналіз конструкцій розкидачів мінеральних добрив - 1-ий аркуш.

5.2. Технологічні схеми доставки, зберігання та внесення міндобрив - 2-ий арк.

5.3. Загальний вигляд розкидача мінеральних добрив 1-РМГ-4 - 3-ий аркуш.

5.4. Складальні одиниці та деталі розкидача мінеральних добрив – 4-ий аркуш.

5.5. Складальні одиниці та деталі розкидача мінеральних добрив – 5-ий аркуш.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Березовецька О.Г., к.т.н., в.о. доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 29.12.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Відмітка про виконання
1	<i>Написання розділу: «Аналіз об'єкта проектування»</i>	<i>22.01.24-16.02.24</i>	
2	<i>Виконання другого розділу: «Технологічна частина»</i>	<i>19.02.24-15.03.24</i>	
3	<i>Виконання третього розділу: «Конструкторська частина»</i>	<i>18.03.24-03.05.24</i>	
4	<i>Написання розділу: «Охорона праці»</i>	<i>06.05.24-31.05.24</i>	
5	<i>Виконання розділу: «Економічна частина»</i>	<i>03.06.24-14.06.24</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	<i>17.06.24-21.06.24</i>	

Студент _____ Олег Грищук
(підпис)

Керівник проекту _____ Оксана Березовецька
(підпис)

УДК 631. 386. 275

Грищук О.С. Поліпшення використання МТА в період підготовки ґрунту і сівби під час вирощування ярого ячменю з вдосконаленням конструкції приводу робочих органів розкидача мінеральних добрив 1-РМГ-4. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 49 с.

Табл. 6; рис. 8; бібліогр. джерел 20.

Проаналізовано конструкції розкидачів мінеральних добрив та їх робочих органів для технологічного процесу підживлення рослин.

На основі аналізу в розрахунково-конструкторській частині удосконалено конструкцію робочих органів машини для внесення в ґрунт мінеральних добрив 1-РМГ-4, завдяки чому підвищена надійність і продуктивність машини.

Обґрунтована економічна ефективність використання машини для внесення в ґрунт мінеральних добрив 1-РМГ-4 з удосконаленими робочими органами.

Проведені конструктивні розрахунки запропонованого удосконалення з охорони праці, а також наведені рекомендації з покращання безпеки праці в даному господарстві. Приведені заходи з охорони довкілля.

Виконані економічні розрахунки показують певну економічну ефективність проектних та конструкторських рішень. Передбачувана ефективність від впровадження конструкторської розробки складе на рік 273493,49 грн., при термін окупності протягом 0,6 року.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ	8
1.1. Машина для внесення мінеральних добрив	8
1.2. Розкидач мінеральних добрив МВУ-5	11
1.3. Розкидач мінеральних добрив МВУ-0,5А	13
1.4. Машина для внесення мінеральних добрив СТТ-10	15
1.5. Розкидач мінеральних добрив 1-РМГ-4.....	16
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	20
2.1. Агротехнічні вимоги для внесення мінеральних добрив.....	20
2.3. Організація підрозділів розкидача для внесення мінеральних добрив	22
3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	26
3.1. Опис і принцип роботи вдосконаленої конструкції приводу робочих органів розкидача міндобрив 1-РМГ-4	26
3.2. Технологічний розрахунок запропонованого вдосконалення.....	30
3.3. Вибір матеріалу привідного вала і допустимих напруг	31
3.4. Вибір і перевірка шпонкових з'єднань	32
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ	34
4.1. Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу внесення мінеральних добрив та обґрунтування можливих чинників травмонебезпечних ситуацій	34
4.2. Розробка моделі травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час внесення мінеральних добрив.....	35
4.3. Обґрунтування інженерно-технічних рекомендацій відносно безпечного перебігу внесення мінеральних добрив	36
4.4. Обґрунтування інженерно-технічних рекомендацій відносно.....	37
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	39
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

ВСТУП

Річний обсяг добрив, який використовується під різні культури, можна вносити в різний час, і способи його внесення також різні. Умови і спосіб внесення добрив повинні забезпечити якомога більший вплив на ріст рослини протягом усього сезону і отримання максимальної кількості поживних речовин із урожаю. Існує три способи внесення добрив: перед посадкою (первинно), після посадки (рядки, лунки) і в період росту (переважно).

При первинному застосуванні (підживлення перед посадкою) використовується більша частина загальної кількості мінеральних добрив, що використовуються для цієї процедури. Процедуру проводять восени або навесні в залежності від типу ґрунту та клімату, а також характеру вирощування та внесених добрив.

Основне призначення основного внесення – забезпечення живлення рослин у період росту. Підживлення здійснюється шляхом рівномірного розподілу гранульованих або сухих мінералів по землі, а потім за допомогою плуга, культиватора або борони для внесення їх у ґрунт. Такий підхід повинен гарантувати рівномірний розподіл добрив по площі поля. Під час удобрення землі, яка обробляється, більшість добрив знаходиться в ґрунті на глибині 9-20 см, що не дозволяє рослинам мати доступ до більшості добрив на ранніх стадіях росту. При загортанні ґрунту культиватором або дисковою бороною 50-90% гною знаходиться в 3-сантиметровому шарі ґрунту, цей шар швидко висихає і поживні речовини в ньому не можуть повністю використовуватися рослинами. Все це знижує ефективність самих добрив.

Добрива застосовують при посадці насіння в прямі рядки (лунки, гнізда) або на певній відстані від неї стрічками. Мета добрива — забезпечити живлення рослин, поки вони ще розвивають своє коріння і не можуть використовувати поживні речовини з ґрунту. Як правило, необхідна мінімальна кількість добрив, щоб уникнути надлишку поживних речовин у ґрунті (в зоні молодого кореня).

Під час сезону росту підгодівлю доповнюють основним і передпосівним добривом для посилення живлення рослини в найбільш важливий для рослини період. Ефект від підгодівлі посилюється, якщо з якихось причин добриво не використано або внесено в недостатній кількості перед посівом.

Розкидання твердих мінеральних добрив здійснюється прямоточним і переважувальним способами за допомогою відцентрового та пневматичного розкидувача.

Результати випробувань технічних засобів внесення добрив засвідчили, що якісні показники технічного процесу всіх типів розкидачів в цілому відповідають вимогам агротехніки, однак рівномірність розподілу добрив тучними сівалками є значною. Більше, ніж показники машин із дископодібним корпусом, що виконує функцію розкидача.

Метою кваліфікаційної роботи є створення технічних засобів, які здешевлять виробництво сільськогосподарських культур за рахунок удосконалення способу їх удобрення за рахунок зміни конструкції приводного механізму роботизованих корпусів розкидача.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

Для підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції виробники постійно намагаються знизити її ціну [1]. У процесі вирощування сільськогосподарських культур важливим моментом є операції з внесення твердих добрив і хімічних підсилювачів, наприклад, завантаження специфічних технологічних матеріалів в умовах зберігання за допомогою транспортно-розвантажувальних засобів, транспортування їх на поле, перевантаження технологічних матеріалів. через транспортно-розвантажувальні засоби, поле та впровадження їх остаточного варіанту. Виходячи з наведеного вище, можна зробити висновок, що зниження собівартості операцій, пов'язаних із застосуванням мінеральних добрив та хімічних підсилювачів, позитивно вплине на собівартість продукції сільськогосподарських культур.

Виробничий досвід провідних аграрних компаній України показує, що використання мінеральних добрив і хімічних засобів дозволяє здешевити виробництво, а також скоротити час виконання необхідних технологічних операцій. Крім того, може бути корисним використання прямої схеми внесення цих речовин (при внесенні в ґрунт). Ефективність прямої схеми внесення добрив і хімічних підсилювачів, особливо в умовах господарств з великим землекористуванням, в Україні різко зростає.

За останні роки створено велику кількість машин для внесення добрив і хімічних засобів, які агрегуються з тракторами різних класів як у причепному, так і в навісному виконанні.

1.1. Машини для внесення мінеральних добрив

Для внесення мінеральних добрив застосовують відцентрові, шнекові, маятникові розкидачі та тукові сівалки, які відрізняються конструкцією розкидальних механізмів і технологічними схемами розподілу добрив [2, 4].

Навісні триточкові розкидачі міндобрив (РМД) відцентрового типу виготовляються з 1 або 2 тукорокидальними дисковими апаратами (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Навісний РМД дискового типу

Робоча ширина захвату навісних РМД може змінюватися залежно від конструкції та налаштувань робочих органів. Розкидальний механізм машин для внесення міндобрив *Amazone ZA-M* складається з рами, на якій у нижній частині кріпиться бункер із двома бункерами і розподільвач добрив.

В бункері для запобігання попадання у нього сторонніх предметів та великих грудок добрив встановлено решітки. Розкидач міндобрив оснащений розподільними дисками, жолобами і у кожному із жолобів є спіральний змішувач для забезпечення рівномірності доставки добрив до отвору, розмір якого змінюємо заслінкою дозатора. Розкидальні диски (тарілки) оснащені довгими та короткими лопатками. Короткі лопатки призначені для розподілу добрива по центру розкидання, а довгі – по робочій ширині захвату агрегату (рис. 1.2).

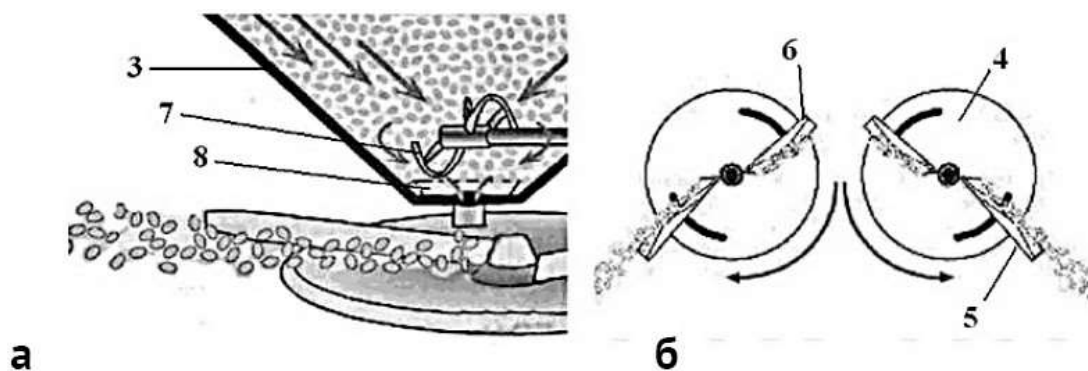


Рисунок 1.2 – Схема робочого процесу внесення мінеральних добрив

Для налаштування заданої ширини внесення добрив лопатки розкидального диска повертаються на однакові кути і саме завдяки цьому регулюється ширина захвату [2].

На відцентрованих РМД для регулювання і контролю норми внесення добрив встановлюють сучасні системи контролю, які гарантують правильне дозування за різних швидкостей руху і ширини захвату агрегату.

Розкидач *DPX Sulky-Burel* обладнаний розподільчим пристроєм, жолоба, дозувальних заслінок, вібраційного пружинного змішувача, лопатей, розсіювального диска, важеля для регулювання зміни дози внесення. Регулювання робочої ширини захвату відбувається шляхом змінювання кута природного сходження добрив. Даний РМД може також бути оснащений системою контролю *GPS*, яка проводить відслідковування, картографування вже оброблених полів, а також робить запис отриманих даних за допомогою флеш накопичувача *USB*.

Для розподілення по полях великої кількості мінеральних добрив застосовують розкидачі добрив моделі *XPI Agrex*. Його основний бункер має об'єм 1 500 літрів, який може бути доведений до 2 500 літрів простим нарощуванням нашивок. В даній машині розкидальні диски дозволяють з високою точністю регулювати робочу ширину внесення в залежності від виду та типу застосовуваних добрив. Будова розподільного пристрою у моделі *XPI Agrex* передбачає дефлектора, який обмежує ширину розкидання добрив під час роботи на краях полів. Ці РМД обладнані системою

регулювання, яка дозволяє виконувати внесення добрив на ширину від 12 до 32 метрів без заміни робочих органів. Весь технологічний процес керується бортовим комп'ютером запрограмованим оператором.

Для внесення твердих мінеральних добрив є велика різноманітність машин та їх робочих органів [2-4]. Однією з таких машин є дисковий розкидач РДУ-1,5. Цей розкидач дводисковий, місткість бункерів 1,5 т, робоча швидкість 8-12 км/год, ширина захвату 10-28 м, доза внесення добрив 50-500 кг/га, маса машини 465 кг, висота над полем 50-56 см. На дисках є ряд отворів для кріплення двох лопатей (крильчаток), що налаштовуються на різний кут та діаметр сходу з них частинок добрив.

При частоті обертання ВОМ, що дорівнює 540 об/хв, частота обертання дисків становить 980 об/хв, оскільки за 10 обертів диска приводний вал провертається на 5,5 обороту. Це цілком узгоджується з даними фірм, що випускають дводискові розкидачі мінеральних добрив типу *Rauch Alpha* 1142 або *Rauch MDS*. Ширина захвату у першій машини 12-28 м, у другій - 12-18 м. Маса першої машини - 400 кг, другої - 230 кг.

У сучасних реаліях далеко не всі господарства можуть дозволити собі новітній розкидач мінеральних добрив, вартість якого починається від 300000 гривень. Такі господарства вдосконалюють і модернізують наявні розкидачі, до яких належать МВУ-5, МВУ-0,5А, СТТ-10, 1-РМГ-4, РДУ-1,5, АВУ-0,8 тощо. Старі моделі розкидачів твердих мінеральних добрив вигідно модернізувати, щоб заощадити на покупці нового сучасного розкидача добрив, оскільки вартість таких удосконалень не надто висока, а ефект досить відчутний.

1.2. Розкидач мінеральних добрив МВУ-5

Машина для внесення добрив МВУ-5 (рис. 1.3) призначена для перевезення та поверхневого внесення мінеральних добрив, вапна та гіпсу, а також може бути використана для транспортування сипких вантажів та їх подальшого саморозвантаження (зі знятими дисками) [5]. Агрегатується з

тракторами класу 1,4 та 2, які обладнані гідрогаком та приводом до гальм причепа. Технічна характеристика МВУ-5 наведена у табл. 1.1.

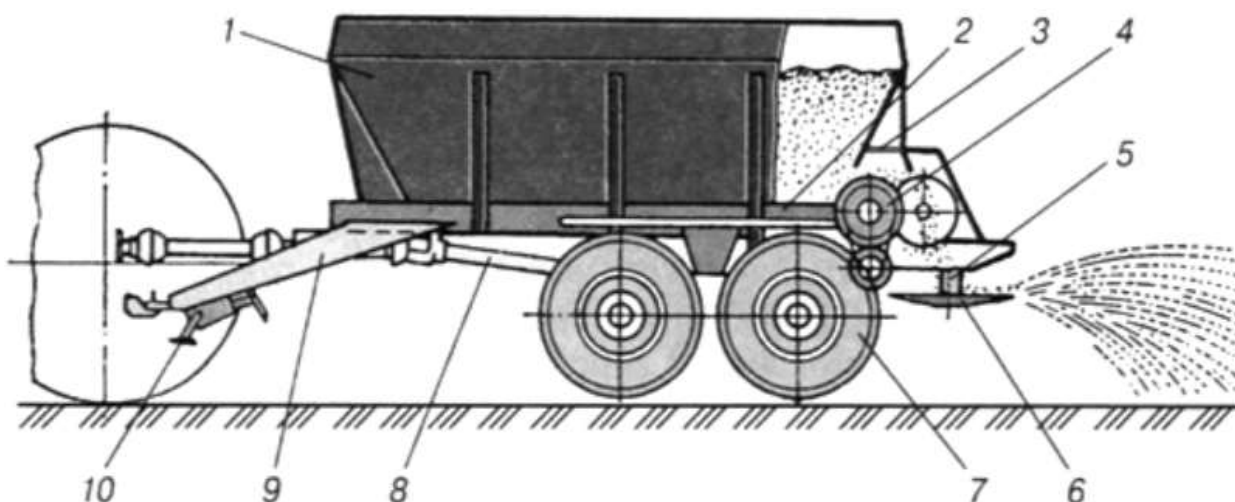
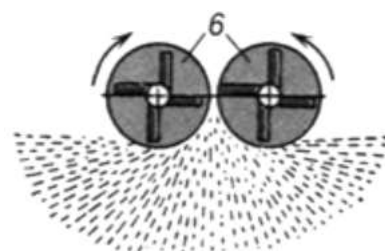


Рисунок 1.3 - Розкидач мінеральних добрив МВУ-5

- 1 – кузов; 2 – транспортер;
- 3 – дозатор; 4 – привод дисків;
- 5 – туконепрямник;
- 6 – розкидальні диски; 7 – ходова частина;
- 8 – карданний вал приводу робочих органів; 9 – причепний механізм;
- 10 – опора стоянкова.



Таблиця 1.1 - Технічна характеристика МВУ-5

Тип розкидача	напівпричіпний
Продуктивність за годину основного часу, не менше, га/год	
при внесенні гранульованих добрив	14,81
при внесенні кристалічних добрив	8
Діапазон доз внесення добрив, кг/га	100...10000
Вантажопідйомність, кг	5000
Ширина захоплення, м	
при внесенні гранульованих добрив	14...20
при внесенні кристалічних добрив	8...14
Робоча швидкість, трохи більше, км/ч	15
Навантажувальна висота від поверхні землі, мм	15
маса, кг	2060
Тип розсіювального органу	відцентровий, дводисковий
Габаритні розміри машини, мм	5350x2152x2000

1.3. Розкидач мінеральних добрив МВУ-0,5А

Машина МВУ-0,5А (рис. 1.4) призначена для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив у гранульованому та кристалічному вигляді з подальшим закладенням їх ґрунтообробними знаряддями, підживлення озимих зернових культур, просапних, лук і пасовищ, посіву насіння сидератів [5, 7].

Доза внесення встановлюється залежно від робочої швидкості агрегату упором механізму регулювання. Рівномірність розподілу добрив по ширині регулюється пристроєм, що дозує.

Машина МВУ-0,5А використовується в основному за переважувальною технологічною схемою.

Складається з конічного бункера із запобіжною сіткою, скребкового подавального та донного дозувальних пристроїв, відцентрового тукорозсіваючого апарату пневмомеханічного типу та механізму приводу робочих органів.

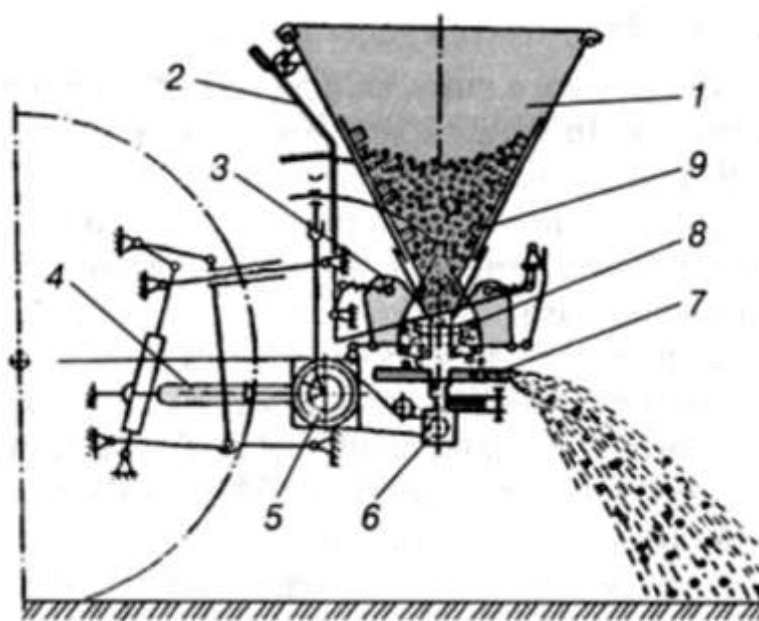


Рисунок 1.4 – Схема робочого процесу начіпної машини для внесення мінеральних добрив МВУ-0,5А: 1 - бункер (4,1 м³); 2 - дозуючий пристрій; 3 – клапан; 4 - карданний вал, 5 і 6 - редуктори, 7 - розкидальні диски і вітрозахисного пристрою; 8 - висівна планка; 9 - ворушилка

Туковисівальний апарат складається з лопатевого диска. На лопатях розташована кришка із центральним завантажувальним отвором. У центрі диска укріплений конус-розсікач [5, 7].

Подавальний пристрій виготовлено у вигляді скребків, що обертаються на валу, розташованих паралельно заслінкам дозуючого пристрою. Агрегатується з тракторами класу 0,9 і 1,4. Технічна характеристика МВУ-0,5А наведена у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічна характеристика МВУ-0,5А

Продуктивність за годину, га:	
основного часу	8...16
експлуатаційного часу при внесенні за перевантажувальною технологією гранульованих добрив дозою внесення 200 кг/га та з насипною щільністю 1200 кг/м ³	5,6
Вантажопідйомність, кг	600
Питома витрата палива, кг/т	7
Потужність, кВт	6
Швидкість, км/год:	
робоча	6...15
транспортна	25
Робоча ширина захвату при внесенні добрив, м:	
гранульованих	16...24
кристалічних	8...10
Нерівномірність внесення, %:	
по робочій ширині захвату	22
по ходу руху агрегату	10
Норма внесення, кг/га:	
при внесенні добрив	40...1000
при посіві насіння сидератів	10...200
Максимальна висота навантаження від поверхні землі, мм	1500
Габаритні розміри, мм:	
у робочому положенні	1350x1350x1500
транспортного агрегату МТЗ-80, -82 + МВУ-0,5А	не більше 5100x2600x2500
Маса (конструкційна) з комплектом робочих органів, кг	220

1.4. Машина для внесення мінеральних добрив СТТ-10

Машина для внесення мінеральних добрив СТТ-10 (рис. 1.5) призначена для внесення мінеральних добрив та їх сумішей перед оранкою або культивуванням, при підживленні озимих культур та багаторічних трав [5]. Може використовуватися для транспортування мінеральних добрив та інших сипких матеріалів.

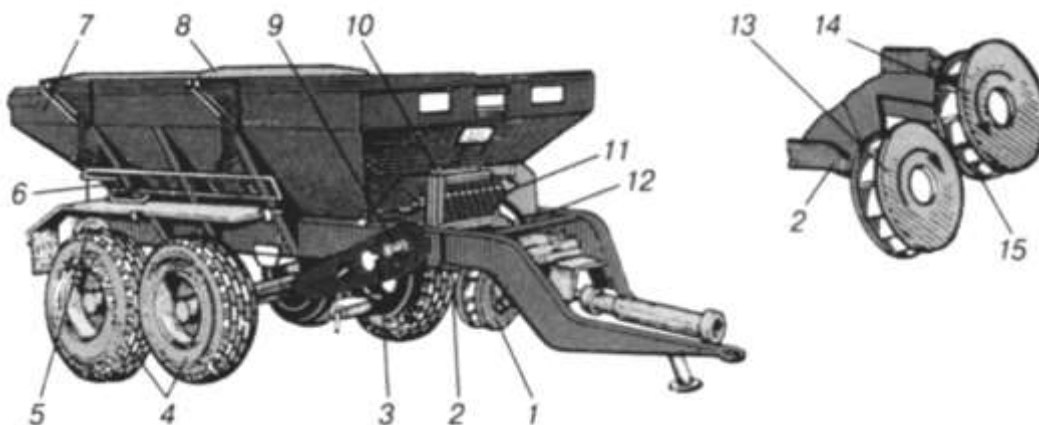


Рисунок 1.5 – Розкидач мінеральних добрив СТТ-10

1 - розподільний пристрій; 2 - туконапрямники; 3 - ланцюгова передача;
4 - колеса; 5 - задній вал; 6 і 11 - заслінки; 7 - кузов, 8 - сітка; 9 - передній вал;
10 - механізм пересування заслінки; 12 - транспортер; 13 і 14 - ротори;
15 - лопатка

Є напівпричіпом, обладнаним транспортуючим та розподільним робочими органами з приводом від ВВП трактора та ходового колеса машини. При роботі у вітряну та негоду кузов машини закривається тентом.

Складається з кузова з рамою, ходової системи, що розподіляє, дозує, подає пристроїв, приводу робочих органів, запобіжної сітки, пристрої для самовивантаження добрив та інших сипучих вантажів, пневматичної гальмівної системи та електроустаткування.

Розподільний пристрій - роторного типу з горизонтальною віссю обертання. Подача добрив на розподільні ротори забезпечується туконаправителем V-подібного типу з двома додатковими дільниками, шарнірно з'єднаними з основними дільниками [5, 7].

Дозуючий пристрій складається з поворотної заслінки сегментного типу. Управління дозуючою заслінкою здійснюється від гідросистеми трактора через запірні пристрої за допомогою гнучких рукавів високого тиску та гідроциліндра. Технічна характеристика СТТ-10 наведена у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічна характеристика СТТ-10

Продуктивність за годину (при дозі внесення 200...400 кг/га та робочій швидкості до 12,3 км/год), га:	
основного часу	13,08...18,9
змінного	5,0...8,9
експлуатаційного	4,93...8,69
Вантажопідйомність, т	5...6
Швидкість руху, км/год:	
робоча	10... 15
транспортна з вантажем (без вантажу)	10...15 (15...25)
Дорожній просвіт, мм	350
Ширина розподілу добрив, м	10...15
Навантажувальна висота, мм	не більше 2100
Доза внесення, кг/га	100...2000
Нерівномірність внесення добрив, %	до ± 15
Габаритні розміри, мм	5650x2490x2100
Маса, кг	2500

Машина СТТ-10 у порівнянні машиною 1РМГ-4 забезпечує підвищення продуктивності на 25%, врожайності на 3...5%, зниження витрат за 20%. Агрегатується з тракторами тягового класу 1,4

1.5. Розкидач мінеральних добрив 1-РМГ-4

Розкидач мінеральних добрив 1-РМГ-4 (рис. 1.6) призначений для поверхневого розсіювання мінеральних добрив та вапна [5, 7]. Є одновісним напівпричіпом і складається з рами, кузова, пристрою приводу транспортера, розподільчих органів, ходової системи. Кузов біметалічний для забезпечення необхідної стійкості корозійної вузлів і деталей машини.

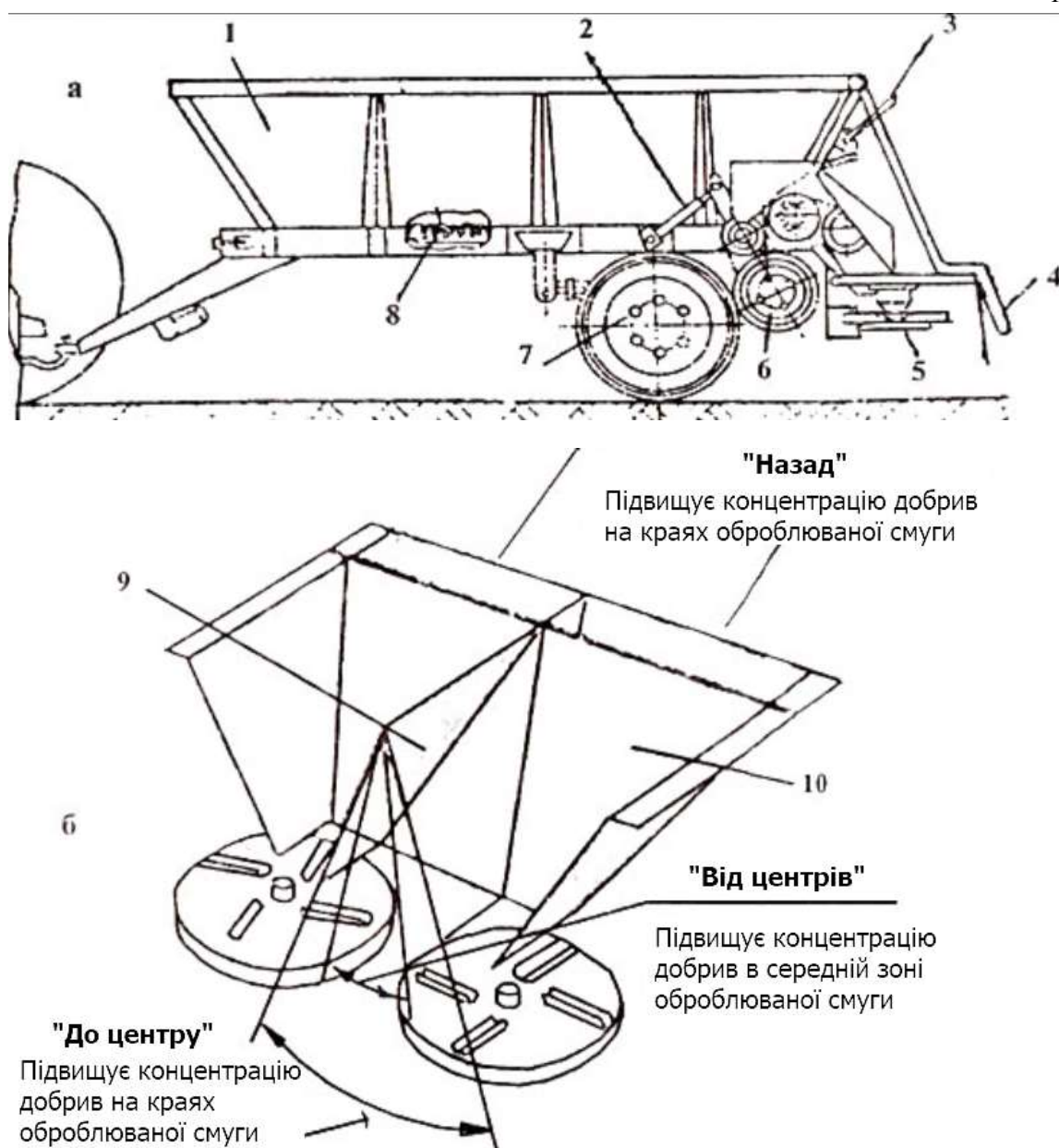


Рисунок 1.6 Розкидач мінеральних добрив 1-РМГ-4: а - схема роботи; б - схема тукоподільника; 1 - кузов; 2 - гідроциліндр; 3 – дозувальний пристрій; 4 - вітрозахисний пристрій; 5 - диски; 6 - ролик; 7 - ходове колесо; 8 - транспортер; 9 - шарнірна стінка; 10 - тукоподільник.

Застосування машини 1-РМГ-4Б у порівнянні з 1-РМГ-4 підвищує надійність та збільшує термін експлуатації на 50%. Рекомендується для зони: 1-20. Агрегується з тракторами тягового класу 1,4. Технічна характеристика 1-РМГ-4 наведена у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 - Технічна характеристика 1-РМГ-4

Продуктивність за годину основного часу при швидкості 10 км/год, га	8...14
Робоча ширина захвату при внесенні добрив, м:	
гранульованих	14
порошкоподібних та дрібнокристалічних	8
Швидкість, км/год:	
робоча	12
транспортна з вантажем	16
Доза внесення, кг/га	100...6000
Навантажувальна висота, мм	1840
Дорожній просвіт, мм	370
Габаритні розміри, мм:	
у робочому положенні	5800x6000x1840
у транспортному	5450x2100x3150
Маса (конструкційна), кг	1430

Розкидач 1-РМГ-4 включає в себе раму з кузовом 1 (рис. 1.6), транспортер 8, дозуючий пристрій 3, притискний ролик 6, ходове колесо 7, диски 5, що розкидають, туконаправитель, механізми приводу контейнера, вітрозахисний пристрій 4, електрообладнання міст із колесами 7, гальмівну систему.

Рама виконана із двох балок, з'єднаних поперечками. До рами та кузова приварені кронштейни, а також зроблені отвори для приєднання працюючих органів [5].

Транспортер виконаний у вигляді замкненого нескінченного ланцюга. Складається цей ланцюг з окремих ланок (прутків), які з'єднані між собою за допомогою зачеплення їх вигнутих кінців. Встановлено ланцюг так, що гострі вигнуті кінці прутків спрямовані проти ходу машини. Таке розташування вигнутих гострих кінців сприяє очищенню напрямних жолобів у кузові. Одягнений транспортер на зірочки ведучого та ролики веденого валів.

"Вперед". Підвищує концентрацію добрив у середній зоні оброблюваної смуги.

Регулюють натяг транспортера 8 переміщенням його веденого валу за допомогою гвинтів, розміщених у передній частині рами. Обертанням гвинтів встановлюють вісь транспортера так, щоб стрілка прогину нижньої гілки не перевищувала 10 мм, а верхня гілка злегка торкалася підлоги.

Приводиться в рух транспортер лівим колесом через 7 ролик 6 (притискним до колеса гідроциліндром 2) і триступінчасту ланцюгову передачу. За рахунок використання змінних зірочок у передачах одержують дві швидкості пересування транспортера [7].

Для внесення невеликих доз добрив на притискному ролику ставлять зірочки з числом зубів 10, а на проміжному валику зірочку з $Z = 32$, що дозволяє на транспортері живлення отримувати знижену швидкість, рівну 1,3 м/хв.

При оснащенні проміжного ролика зірочками з числом зубів $Z = 25$, а притискного валика зірочкою $Z = 17$ можна отримати швидкість руху транспортера живлення рівну 6,16 м/хв.

Для виключення пробуксовування пневматичного ролика 6 та ходового колеса в умовах підвищеної вологості встановлюють ланцюги протиковзання.

Туковисівник складається з двох коробчатих лотків, виготовлених з листової сталі. Він поділяє потік добрив на дві частини, спрямовуючи їх на диски, що розкидають. Внутрішні стінки лотків регулюють, перестановкою стін змінюють подачу маси добрив від периферії до центру дисків, що розкидають.

Розкидальні диски розташовані горизонтально і обертаються в протилежних напрямках. Виконані вони зі смужок металу та оснащені жолобчастими лопатями. Правий диск отримує обертання від шестеренного гідромотора. Лівий диск приводиться в дію від шківів, встановлених у нижній частині.

Масло до гідроциліндра та гідромотора надходить від розподільника гідросистеми трактора.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Агротехнічні вимоги для внесення мінеральних добрив

Внесення добрив є важливою складовою агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення врожайності та покращення якості продукції. Внесення добрив може здійснюватися двома основними способами: основне внесення та підживлення. Основне внесення добрив відбувається під час підготовки ґрунту до посіву або посадки рослин забезпечуючи необхідними елементами живлення на початкових етапах росту, що сприяє їхньому швидкому та здоровому розвитку [8, 9].

Правильний вибір внесення мінеральних добрив, а саме термін, глибина внесення в ґрунт, метод внесення, та дозування - забезпечує оптимальні умови для росту рослин, підвищуючи врожайність та якість продукції. Внесення добрив разом з посівом або посадкою з рекомендованою глибиною на 2-3 см нижче за насіння, дає найбільший агрохімічний ефект, проте внесення добрива восени, розміщуються в шарі ґрунту на глибині від 8 до 10 см чи навіть 15 см, забезпечує підживу ґрунту, відповідно доступність для кореневої системи проростання рослин.

Важливим компонентом для підживлення сільськогосподарських культур є азотні добрива, забезпечуючи їх необхідними елементами розвитку та росту. Завдяки ефективному весняному підживленню азотом підвищується врожайність та якість продукції [8].

Існують різні методи підживлення внесення органічних обрив:

- поверхневе внесення (внесення добрив по всій площі з використанням тукових сівалок);
- авіаційне внесення (використання сучасних агродронів для рівномірного розподілу добрив);
- культиватори-рослинопідживлювачі (використання культиваторів для міжрядного обробітку та підживлення просапних культур);

- некоренеve підживлення (підгодівля сільськогосподарських культур азотними добривами та мікродобривами шляхом обприскування).
- тощо.

Діапазон доз внесення 0,05...1,0 т/га мінеральних добрив, 2...14 т/га гіпсовмісних та вапняних добрив, 10...60 т/га органічних добрив [9].

2.2. Розрахунок операцій транспортування і внесення твердих мінеральних добрив

Для розрахунку потреби у розкидачах використовуємо, беручи до уваги кількість вантажу 4,5 тон, при їх внесенні використовуємо формулу [11]:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{дв}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{вн}}, \quad (2.1)$$

де $t_{\text{дв}}$ – час руху розкидача із вантажем і без нього, хв.;

$t_{\text{зав}}$ – час завантаження агрегату, хв.;

$t_{\text{вн}}$ – час внесення, розвантаження розкидача, хв.;

$$t_{\text{дв}} = \frac{62,5 \cdot l}{V_T \cdot \alpha}, \quad (2.2)$$

де l – віддаль перевезення добрив, км;

α – коефіцієнт використання;

V_T – середня швидкість руху розкидача, км/год:

$$V_T = \frac{V_z + V_x}{2,0} = \frac{8,0 + 25,0}{2,0} = 16, \quad (2.3)$$

де V_z – швидкість руху розкидача з вантажем, км/год;

V_x – швидкість розкидача без вантажу, км/год.

Площу, на якій планується розкинути мінеральне добриво обчислюємо за формулою [11]:

$$S = \frac{Q_{\text{тр}} \cdot S}{D} = \frac{4500 \cdot 1}{800} = 5,625 \text{ га},$$

де $Q_{\text{тр}}$ – вантажопідйомність розкидача 1-РМГ-4, кг;

S – площа внесення, га;

D – дозування внесень, кг/га.

Враховуючи, що доза внесення 800 кг/га, ми розраховуємо затрачений час для внесення одним агрегатом

$$t_{\text{вн}} = \frac{62,5 \cdot l}{V_T \cdot \alpha} + t_{\text{пзв}} = \frac{62,5 \cdot 3,5}{10 \cdot 0,5} + 0,25 = 44,0 \text{ хв.},$$

де l – довжина руху на 1 га поля, $l = 1$ км;

α – коефіцієнт пробігу; $\alpha = 0,5$

V_T – середня швидкість руху розкидача, км/год:

$t_{\text{пзв}}$ – час на розвертання розкидача, $t_{\text{пзв}} = 0,25$ хв

Час руху розкидача із вантажем, та без нього визначаємо за формулою 2.2, в хвилинах [11]:

$$t_{\text{дв}} = \frac{62,5 \cdot 2,0}{16,0 \cdot 0,5} = 15,63,$$

Щоб отримати час циклу транспортної одиниці, хв, ми підставляємо дані у формулу 2.1:

$$t_{\text{ц}} = 15,63 + 10,0 + 44,0 = 69,63.$$

2.3. Організація підрозділів розкидача для внесення мінеральних добрив

Час роботи за одну зміну роботи обладнання визначається за такою формулою, у хвиликах [11]:

$$T_p = t_{\text{пц}} \cdot n_{\text{ц}} = 69,63 \cdot 5 = 348,15, \quad (2.4)$$

де $t_{\text{пц}}$ - час циклу, хв., (з врахуванням 800 кг/га добрив);

$n_{\text{ц}}$ - кількість циклів розкидача мінеральних добрив за зміну.

Відповідно, дійсний час зміни, становитиме, хв.:

$$T_{\text{д}} = t_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}} + T_{\text{нз}} + T_{\text{омн}} = 69,63 \cdot 5 + 54,0 + 30,0 = 402,45, \quad (2.5)$$

де $t_{\text{ц}}$ - час циклу, хв.;

$n_{\text{ц}}$ - кількість за зміну циклів, шт.;

$T_{\text{нз}}$ - підготовчо-заключний термін часу, хв.;

T_{opt} - час оптимальний, при внутрішніх переїздах та час виїзду на відпочинок, хв..

За формулою 2.6, обчислюємо коефіцієнт використаного часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_o} = \frac{348,15}{402,45} = 0,86, \quad (2.6)$$

де T_p - робочий час (чистий), хв.;

T_o дійсний час (робочий), хв..

За формулою 2.7 обчислюємо продуктивність агрегату в гектарах за одну зміну, (га/зміну):

$$W_{zm} = W_T \cdot T_{zm} \cdot \tau = 20 \cdot 7,0 \cdot 0,86 = 120,4, \quad (2.7)$$

де W_T - теоретична годинна продуктивність, га/год;

T_{zm} - час агрегатної зміни, год, $T_{zm} = 7 \text{ год}$;

τ - коефіцієнт використання часу робочої зміни.

При русі розкидачем 1-РМГ-4, є також затрачений загальний час на повороти та переїзди, год [11]:

$$T_x = t_{xc} \cdot n_c + T_{пнк} = 0,3 \cdot 5,0 + 15,0 = 16,5 \text{ хв} = 0,28 \text{ год}, \quad (2.8)$$

За формулою 2.9, обчислюємо одиницю виконаної роботи, люд×год/т:

$$H = \frac{m \cdot T_{zm}}{W_{zm} \cdot 60,0} = \frac{1,0 \cdot 402,45}{120,4 \cdot 60,0} = 0,056, \quad (2.9)$$

де m - кількість працівників, що обслуговують розкидач, $m=1$;

T_{zm} - час робочої зміни, год;

W_{zm} - продуктивність розкидача за зміну.

2.4. Розрахунок і планування робіт з механізації під час вирощування ярого ячменю з вдосконаленням конструкції приводу робочих органів посівів.

Однією з основних ланок наукової системи вирощування ярого ячменю є впровадження найдосконалішої технології садіння

сільськогосподарської культури з найвищим ступенем механізації виробничого процесу та найменшими затратами праці [8]. Для цього розробляються плани механізації обробітку культури та вирощування.

Дані для розробки плану механізованих робіт включають такі показники: 800 кг/га - внесення мінеральних добрив, і по 40 ц/га - урожайність основної продукції, відповідно і ще 40 ц/га на врожайність побічної продукції.

Взявши до прикладу розрахунок операції луцення стерні трактором Т-150К+ЛДГ-10, в плані механізованих робіт зазначаємо усі операції, які використовуються під час вирощування. Ярого ячменю, де записуємо всі основні агротехнічні вимоги та календарний термін, за яким буде виконано ці операції, навантаження та одиницю виміру, кількість робочих днів та тривалість робочих днів для кожного агротехнічного циклу, дані кількості змін за робочий день, агрегатний склад відповідних марок тракторів і сільськогосподарської техніки [8, 9].

Норму виробітку МТА в гектарах за одиницю зміни (га/зміну) обчислюємо за такою формулою [11]:

$$W_{зм} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p \cdot \xi = 0,36 \cdot 16,2 \cdot 2,2 \cdot 5,6 \cdot 0,95 = 68,26, \quad (2.10)$$

де B_p – луцильникова конструктивна ширина захвату, м, $B_p = 16,2$ м;

V_p – робоча швидкість розкидача, $V_p = 8 \text{ км/год} = 2,2 \text{ м/с}$;

T_p – термін робочого часу за зміну, $T_p = T_{зм} \cdot \tau = 7,0 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ год}$;

ξ – коефіцієнт використання захватної ширини, $\xi = 0,95$.

Виробіток розкидача в гектарах за день, (га/день), обчислюємо за формулою:

$$W_o = W_{зм} \cdot \kappa_{зм} = 68,26 \cdot 1,0 = 68,26, \quad (2.11)$$

де $\kappa_{зм}$ – коефіцієнт змінності, $\kappa_{зм} = 1,0$.

Виробіток розкидача за агротехнічний термін, обчислюємо за формулою, га:

$$W_{аз} = W_o \cdot H_o = 68,26 \cdot 2,0 = 126,54, \quad (2.12)$$

де H_0 – нормальний агротехнічний термін робочих днів, $H_0=2$.

Норму витрат палива приймаємо відповідно до типової норми витрати палива, якщо $W_0=123$ га, тоді необхідна кількість тракторів, буде становити за результатом обчислення [11]:

$$n_{mp} = \frac{W_0}{W_{az}} = \frac{123}{126,54} = 0,97 \approx 1. \quad (2.13)$$

Отже, приймаємо 1 трактор.

Обчислюємо необхідну кількість працівників - механізаторів, за формулою:

$$H_m = H_a \cdot \kappa_{зм} \cdot m_n, \quad (2.14)$$

де H_a - необхідна чисельність агрегатів, для виконання всіх робіт;

$\kappa_{зм}$ - коефіцієнт змінності, $\kappa_{зм}=1,0$;

m_n - чисельність працівників - механізаторів, обслуговуючи 1 агрегат.

Тепер, обчислюємо потрібну кількість допоміжних робітників, т:

$$H_{дон} = H_a \cdot \kappa_{зм} \cdot m_{дон} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0 = 0, \quad (2.15)$$

де $m_{дон}$ - кількість допоміжних робітників, які обслуговують 1 агрегат (в операції згрібання сіна $m_{дон}=0$).

Потрібну кількість пального, з врахуванням всього обсягу робіт, обчислюємо за формулою 2.16, кг:

$$Q = q \cdot W_0 = 0,5 \cdot 123 = 61,5, \quad (2.16)$$

де q – витрати пального на одиницю виробітку, $кг/га$, $кг/т$, $кг/т. км$.

За формулою 2.17, обчислюємо затрати праці виконаної роботи, люд×год/га [11]:

$$z_{no} = \frac{m \cdot T_{зм}}{W_{зм}} = \frac{1,0 \cdot 7,0}{68,26} = 0,103, \quad (2.17)$$

де m – загальна кількість працівників за агрегатом який згрібає сіно.

Затрати праці усього обсягу робіт, визначаємо за формулою, люд×год:

$$z_{ns} = z_{no} \cdot W_0 = 0,103 \cdot 123,0 = 12,67. \quad (2.18)$$

3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1. Опис і принцип роботи вдосконаленої конструкції приводу робочих органів розкидача міндобрив 1-РМГ-4

Високі врожаї зернових культур значною мірою залежать від якості міндобрив, від способу внесення особливості агротехніки, інакше може відбутися вилягання, неодночасне дозрівання, обсіпання, зниження врожайності сільськогосподарської культури. Принцип роботи розкидача міндобрив 1-РМГ-4, його використання і забезпечення необхідної рівномірності, внесення твердих мінеральних добрив є вирішальним фактором підвищення ефективності показників врожайності агрокультур, зокрема ярого ячменю.

Дробарки для мінеральних добрив є важливими агрегатами у сільськогосподарському виробництві, забезпечуючи рівномірний розподіл добрив по полю. Вони дозволяють подрібнювати мінеральні добрива до потрібного розміру для ефективного внесення в ґрунт [13, 16]

Змішувачі для мінеральних добрив, такі як СЗУ-20 і УТС-30, а також автомобільні установки для приготування двокомпонентних сумішей УСЗСА-40, ЗСА-40 і ЗСА-7, забезпечують ефективне змішування добрив для їх рівномірного внесення в ґрунт.

Використання відповідного обладнання та дотримання технологічних вимог дозволяє забезпечити високу ефективність внесення мінеральних добрив, що сприяє підвищенню врожайності та якості сільськогосподарської продукції.

Підготовлюючи розкидач мінеральних добрив до роботи доцільно дотримуватись контролю якості внесення, а саме: подрібнення і просівання виконується 1-2 дні до приготування тукосуміші; вологість згідно стандарту 25%; розмір частинок добрив повинен бути до 5 мм, а розмір до 1мм має не перебільшувати 1%; подрібнення і просівання виконується 1-2 дні до

приготування тукоsumіші; $\pm 5\%$, допускається відхилення від співвідношення тукоsumіші до живильних речовин а також до 10%. неоднорідності суміші.

Вибір конкретної машини залежить від типу добрив, умов внесення і обсягів робіт. Такі машини як 1РМГ-4, РУМ-5, РУМ-8, КСА-3, МХА-7 та інші, використовуються для внесення міндобрив. Потрібна якість розкидання добрива досягається при дотриманні перекриття проходів, яка встановлюється в залежності від марки, виду, процесу внесення. В таблиці 3.1. вписано орієнтовні значення робочої ширини захвату для машин, що вносять мінеральні добрива [16]

Таблиця 3.1

Рекомендовані значення робочої ширини для машин, що вносять мінеральні добрива

Добрива	Марки машин				
	1-РМГ-4	РУМ-5	РУМ-8	КСА-3	МХА-7
Суперфосфат гранульований, нітрофоска	10–11	11–12	12–13	9–10	13–14
Аміачна селітра, сечовина	9–10	10–11	11–12	8–9	12–13
Калієва сіль, калій хлористий, фосфат-шлак	5-5,5	5,5–6	6–6,5	4,5-5	6,5-7

При внесенні міндобрив для зменшення їх поділу на компоненти відстань між сусідніми каналами апарату слід визначати за дисперсністю дрібніших компонентів [16].

Встановлення захисної сітки на корпусі розкидача добрив захищає його робочий орган (транспортер, клапан-дозатор, відцентровий диск) від пошкоджень та перешкоджає внесенню великих і глибоких добрив. Нерегулярне очищення від залишків добрив із ножів відцентрових дисків може призвести до 2-кратного зменшення робочої ширини притиску.

Машини НРУ-0,5, 1-РМГ-4 використовуються для серійного виробництва, а також удосконалених варіантів окремих конструкцій вузлів

для удобрення зернових культур. Ширину колії 1350 мм, може опрацювати машина НРУ-0,5, а ширину колії 1800 мм, можна використовувати як НРУ-0,5, так і 1-РМГ-4.

Для зменшення пошкодження врожаю агрокультур, зокрема, ярого ячменю, при використанні машини 1-РМГ-4, її колеса часом замінюють на колеса сівалок серії СЗ-3,6, додатково подовжуючи і важелі притискних роликів приводу конвеєра 1-РМГ-4.

Щоб покращити якість внесення міндобрива механізмом роботи, диски робочих органів, пропонуємо вдосконалити, шляхом зварювання по краю конічних бортів, для збільшення частоти обертання. При цьому робоча захватна ширина 1-РМГ-4 збільшена на 40-50%. Встановлення перегородки, за рахунок відбивних дощок, за відцентровим диском може покращити якість внесення добрив.

Зменшити до 100 кг/га дозування добрив можна за рахунок зменшення швидкості руху планок конвеєра або зменшення робочої довжини планок (встановлення двох щитків на нижній частині конвеєра-транспортера).

З точки зору оптимізації процесу організації інтенсивного підживлення зернових агрокультур, першочергове значення має надання переваг використанню машини 1-РМГ-4. Однак у вітряну погоду результати значно знижуються. Крім того, машини цієї серії можна використовувати з відстанню між коліями 10,5 м, але виключають культури з відстанню між коліями 14,1 м або 16,2 м. Порівнявши з рівномірністю розподілу добрив, отриманою за допомогою серійних машин з відцентровими агрегатами ця складна проблема була вирішена шляхом оснащення машин для внесення твердих мінеральних добрив стержневими змінними насадками замість відцентрових дисків як показано на рис. 3.1 - Схема машини 1-РМГ-4 з шнековою приставкою [12].

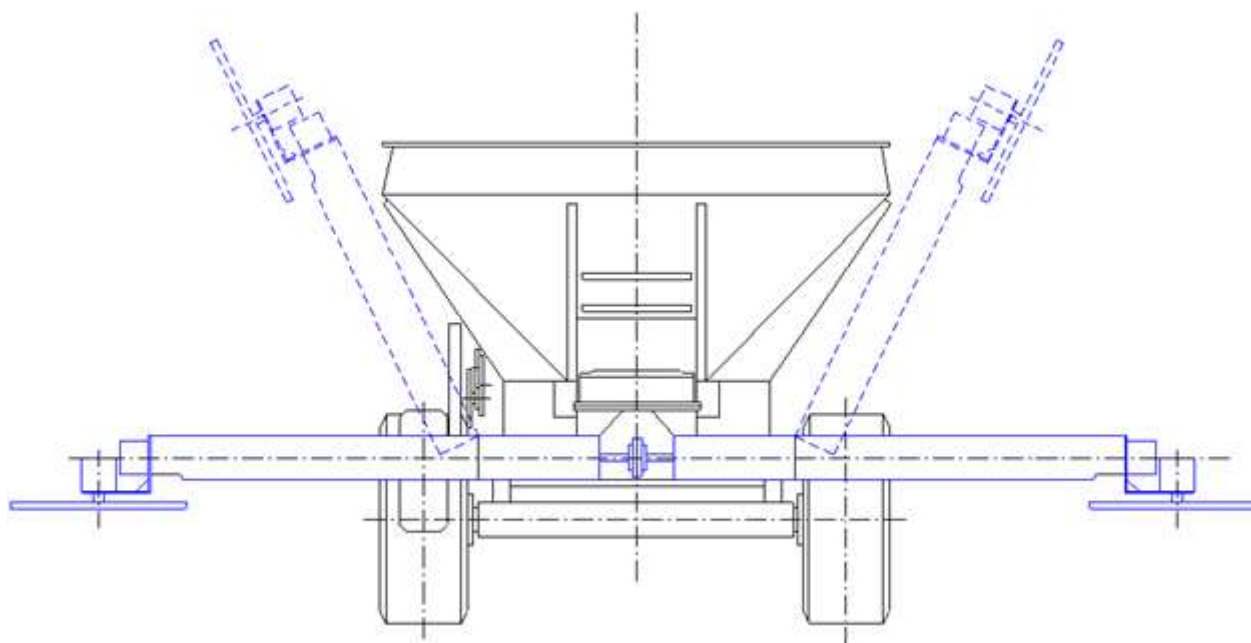


Рис. 3.1 - Схема машини 1-РМГ-4 з удосконаленням

Коли машина з навісним обладнанням переводиться в робоче положення, це дозволяє подавати добриво з бункера в навісне обладнання відповідно до дози міндобрив. Завантаження можна здійснити будь-яким зручним способом.

Насадка шнека на полі переводиться з транспортного в робоче положення, шляхом повертань навколо шарнірів 4 і 4' до тих пір, поки деталь не зайде в робоче положення тримача-фіксатора.

Під час роботи машини, з навісним обладнанням, міндобрива подаються у завантажувальний отвір з бункера по решітчастому транспортеру. Подаючий шнек захоплює добриво і переміщує його по дну циліндра до виходу [12, 13].

При обертанні шнека, спеціальний очисник, закріплений на його осі, потрапляє в висівну ямку пристрою і видаляє налиплі в ньому блоки добрив, частинки мішківини, а також видаляє в цій зоні добрива, які налипли на дно жолоба. .

Наявність стабілізуючого вікна в поверхні шнека забезпечує постійну подачу добрив над висівним апаратом незалежно від його монтажного положення по довжині секції. Тому пульсуюча подача добрив із бункера і

шнека по барабану, по стрижневому конвеєру, усуває негативний вплив на якість висіву добрив. Крім того, це забезпечує такі ж умови роботи, як і сівалка для внесення добрив. На пристрій, тобто висів, не впливають зміни коефіцієнта наповнення жолоба по його довжині, які відбуваються під час роботи приставки.

3.2. Технологічний розрахунок запропонованого вдосконалення

Так, як подачу міндобрив на відцентрові диски ми застосовуємо шнек комбайна «Колос», і знаючи його параметри, розмір кроку $S = 250$ мм, діаметр шнека $D = 275$ мм, кількість обертів буде прийнято $n = 150$ об/хв.

Кількість обертів шнекового вала розраховуємо за формулою [17]:

$$n = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V}{z \cdot t}, \quad (3.1)$$

де V - швидкість ланцюга, $V = 0,95$ м/с [17];

Z - кількість зубів привідної зірочки, $Z = 16$ [17];

t - крок привідного ланцюга, $t = 38,1$ мм [17];

$$n = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 0,95}{16 \cdot 38,1} = 93,5 \text{ об/хв}$$

Відповідно, приймемо $n = 94$ об/хв.

За відомими параметрами шнека, розрахуємо продуктивність.

$$Q = 47 \cdot K_n \cdot D^3 \cdot \psi \cdot \rho \cdot n, \quad (3.2)$$

де K_n - коефіцієнт продуктивності, $K_n = 0,4$;

D - діаметр гвинта, $D = 0,275$ м;

Ψ - відношення до діаметра крок гвинта, $\psi = 0,91$;

ρ - вага 1 м^3 міндобрива, $\rho = 0,8 \text{ т/м}^3$ [17];

n - шнекове число обертів, $n = 94$ об/хв;

$$Q = 47 \cdot 0,4 \cdot 0,275^3 \cdot 0,91 \cdot 0,8 \cdot 94 = 26,7 \text{ т/год}$$

Обчислюємо вагу матеріалу, що припадає на 1 м шнека

$$g = 1000 \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \varphi \cdot \varepsilon \cdot \rho, \quad (3.3)$$

де D - зовнішній діаметр гвинта, м;

d - зовнішній діаметр вала, м;

φ - коефіцієнт заповнень, $\varphi = 1$;

ε - коефіцієнт, враховує величину кута нахилу жолоба до ґрунту,

$\varepsilon = 1$;

ρ - вага 1 м^3 міндобрив, $\rho = 0,8 \text{ т/м}^3$;

$$g = 1000 \frac{3,14}{4} (0,275^2 - 0,04^2) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 37,43 \text{ Н/м}$$

Обчислюємо зусилля, що діє на вал за формулою:

$$A = gL(\sin \beta + M \cdot \cos \beta), \quad (3.4)$$

де L - довжина шнека, $L = 2,4 \text{ м}$;

M - коефіцієнт тертя (матеріалу по циліндрі), $M = 0,4$;

β - кут нахилу, $\beta = 0^\circ$.

$$A = 37,43 \cdot 2,4 (\sin 0 + 0,4 \cdot \cos 0) = 35,9 \text{ Н}$$

Обчислюємо крутний момент від опору переміщення гвинта на вал (матеріалу по циліндрі та тертя об шнек) за формулою:

$$M_1 = 0,5 \cdot D_{cp} \cdot A \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho), \quad (3.5)$$

де ρ - кут тертя (матеріалу об гвинт);

α - кут підйому гвинта (по колу діаметром) D_{cp}

$$D_{cp} = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 0,275 = 0,22 \text{ мм}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{\pi \cdot D_{cp}} = \frac{0,25}{3,14 \cdot 0,22} = 0,36 \quad \alpha = 19^\circ 50'$$

$$\operatorname{tg} \rho = M = 0,4 \quad \rho = 21^\circ 48'$$

Відповідно:

$$M_1 = 0,5 \cdot 0,22 \cdot 35,9 \cdot \operatorname{tg}(19,5 + 21,48) = 3,43 \text{ Нм}$$

3.3. Вибір матеріалу привідного вала і допустимих напруг

Обираємо матеріал - сталь 45 для ведучого вала, термічно оброблену, нормалізовану. Відповідно до нормалізованого стандарту : сталь 45, межа

міцності $\sigma_B=580 \text{ мН/м}^2$, і межа текучості $\sigma_T=290 \text{ мН/м}^2$.

Обчислюємо межу міцності, мН/м^2 :

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot \sigma_B = 0,43 \cdot 580,0 = 249,4. \quad (3.6)$$

Обчислюємо допустиму напругу під час циклу пульсації напруги згину, мН/м^2 :

$$[\sigma_o]_{\text{гз}} = \frac{1,4 \cdot \sigma_{-1}}{n \cdot k_\sigma} = \frac{1,4 \cdot 249,4}{1,4 \cdot 1,5} = 166,0, \quad (3.7)$$

де n - запас міцності для нормалізованої або поліпшеної сталевий головки, прийнявши $n=1,4$;

k_σ - коефіцієнт напружень, нормалізованої сталі, приймаючи:, $k_\sigma=1,5$.

Допустима контактна пружність зсуву, мН/м^2 :

$$[\tau]_s = 0,6\sigma_{-1} = 0,6 \cdot 249,4 = 149,64. \quad (3.8)$$

3.4. Вибір і перевірка шпонкових з'єднань

Щоб здешевити конструкцію шнекової насадки, ми використовуємо деталі від комбайна «Колос» для збиральної машини, а саме: вал, шнек, шпонку, підшипниковий вузол; проте необхідно перевірити шпонки, а саме, за напруженням зминання [18].

Розмір шпонки: ширина $e = 10,0 \text{ мм}$; висота $h = 8,0 \text{ мм}$; довжина $e = 40,0 \text{ мм}$.

Обчислюємо напруження на зминання, мН/м^2 :

$$\sigma_{зм} = \frac{4,0 \cdot M_{кр}}{d \cdot (e - e)} = \frac{4,0 \cdot 84,95}{0,030 \cdot (0,04 - 0,01)} = 29,3, \quad (3.9)$$

де $\sigma_{зм}$ - дійсне напруження зминання, мН/м^2 ;

$M_{кр}$ - крутний момент, $M_{кр}=84,95 \text{ Нм}$;

d - діаметр вала, $d=0,030 \text{ м}$;

e - довжина шпонки, $e=0,04 \text{ м}$;

e - ширина шпонки, $e=0,01 \text{ м}$.

Відповідно до рекомендацій, допустиму напруженість приймаємо у межах $[\sigma_{зм}] = 100,0 - 120,0 \text{ мН/м}^2$.

Тобто, ми правильно вибрали шпонку, звідси видно що:

$$\sigma_{зм} = 29,3 \text{ мН/м}^2 < [\sigma]_{зм} = 100,0 \text{ мН/м}^2. \quad (3.10)$$

Таким чином, результати розрахунків підтверджують, що використовувана в комбайні, а тепер і в розкидачі шконка витримає прикладені до неї навантаження.

Проведеними розрахунками встановлено, продуктивність розкидача мінеральних добрив 1-РМГ-4 можна підвищити, що дасть економічний ефект, який розраховано в розділі економічної частини [12, 13].

Отже, розрахунки підтверджують, що шпонка, яка використовується в зернозбиральних комбайнах, яку ми зараз використовуємо у вдосконаленого розкидача, витримує навантаження.

Проведені обчислення показали, що можна збільшити продуктивність розкидача мінеральних добрив 1-РМГ-4, що матиме економічні ефекти, за рахунок нашого вдосконалення, зображені в п'ятому розділі.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

В період підготовки ґрунту і сівби для основного і передпосівного обробітку ґрунту використовується різноманітна сільськогосподарська техніка. Інтенсивно її використовують під час сівби та догляду за посівами. До роботи з машинами і знаряддями допускаються особи, ознайомлені з будовою машин, процесами роботи і мають посвідчення на право працювати на них. Перед початком роботи проводиться інструктаж з техніки безпеки і виробничої санітарії.

4.1. Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу внесення мінеральних добрив та обґрунтування можливих чинників травмонебезпечних ситуацій

Технологічний процес внесення мінеральних добрив включає в себе наступні операції:

- завантаження мінеральних добрив ;
- транспортування;
- перевантаження;
- внесення мінеральних добрив.

При виконанні вищенаведених операцій можуть виникати наступні травмонебезпечні чинники:

– завантаження мінеральних добрив:

- технічна несправність машини;
- регулювання робочих органів в процесі роботи машини;
- відсутність захисних кожухів на привідних елементах машини;
- знаходження сторонніх осіб в зоні роботи машини;

– транспортування:

- технічна несправність транспортних засобів;

- перевищення допустимої швидкості руху;
- нетверезий стан водія;
- порушення правил дорожнього руху.

– **перевантаження:**

- технічна несправність машини;
- регулювання робочих органів в процесі роботи машини;
- відсутність захисних кожухів на привідних елементах машини;
- знаходження сторонніх осіб в зоні роботи машини;

– **внесення мінеральних добрив:**

- технічна несправність машини;
- регулювання робочих органів в процесі роботи машини;
- нетверезий стан водія;
- відсутність захисних кожухів на привідних елементах машини;
- знаходження сторонніх осіб в зоні роботи машини.

Виявлені та обґрунтовані чинники травмонебезпечних ситуацій під час внесення мінеральних добрив дадуть можливість уникнути нещасних випадків.

4.2. Розробка моделі травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час внесення мінеральних добрив

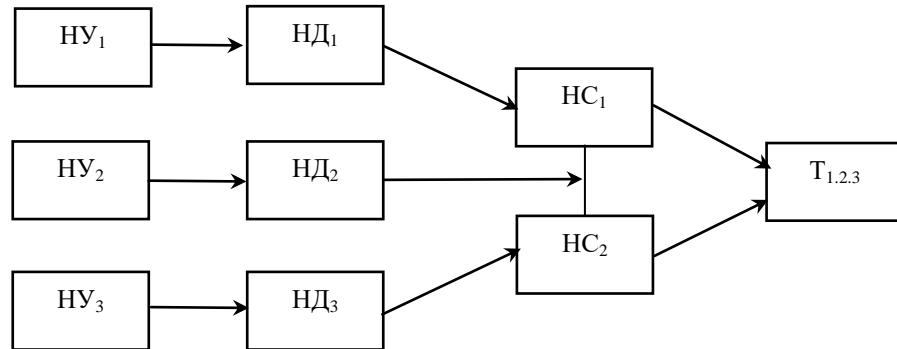
Представлені моделі травмонебезпечних ситуацій дозволять виявити, а також уникнути нещасних випадків в цьому процесі.

Внесення мінеральних добрив:

- технічна несправність машини 1-РМГ-4 (НУ₁);
- відсутність захисних кожухів на машині (НУ₂);
- невиконання правил техніки безпеки (НУ₃);
- експлуатація машини 1-РМГ-4 (НД₁);
- регулювання машини в процесі роботи (НД₂);

- порушення вимог заводської інструкції (НД₃);
- травмування працівника (НС₁);
- травмування допоміжного персоналу (НС₂).

Модель процесу



4.3. Обґрунтування інженерно-технічних рекомендацій відносно безпечного перебігу внесення мінеральних добрив

Вимоги безпеки під час внесення мінеральних добрив:

- трактор до сільськогосподарських машин і знарядь повинен під'їжджати плавно, на малих обертах двигуна. На шляху руху трактора не повинні перебувати людей. Гідросистема трактора повинна бути справною. Опустити і підіймати машину можна тільки з місця тракториста. Перед початком руху агрегату тракторист повинен подати сигнал для людей, що перебувають поруч. Заборонено працювати на машинах без захисних огорожень і щитків.
- при підтягуванні запобіжних муфт забороняється стояти напроти кінця валу. Регулювання проводять справним інструментом. Забороняється очищати руками підкопуючі лемеші, елеватори, підйомний барабан, транспортери;
- під час роботи не дозволяється передавати керування агрегату особам, які не закріплені за даною машиною, незалежно від того, яку посаду вони займають;

- забороняється під час руху агрегату перевіряти і регулювати робочі органи і механізми, усувати несправності, змащувати комбайн, очищати підкопуючі лемеші, транспортери, елеватори, барабан;
- очищення і регулювання дозволяється виконувати тільки при виключеному валі відбору потужності і вимкненому двигуні трактора;
- перед початком розвороту на поворотній смузі і при короткочасній зупинці вал відбору потужності трактора необхідно виключити;
- в місцях розворотів агрегату не дозволяється знаходження людей і транспортних засобів;
- при транспортних переїздах колеса і транспортери комбайна слід установити в транспортне положення. Забороняється перевозити людей на комбайні. Не дозволяється переїжджати під лінією електропередач, якщо відстань від найвищої точки комбайна до нижнього електропроводу менше ніж 2 метри.

4.4. Обґрунтування інженерно-технічних рекомендацій відносно

Будь-хто із цивільного населення має право на захист свого життя та здоров'я від наслідків аварій, катастроф, значних пожеж, а також стихійного лиха. Гарантом такого права є створена Державою система цивільної оборони, мета якої захист населення від небезпечних наслідків аварій та катастроф техногенного та військового характеру.

Такі заходи включають в себе:

- управління діяльністю робітників та службовців, населення при загрозі та виникненні надзвичайних ситуацій;
- захист населення від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха;
- забезпечення населення питною водою, продовольчими товарами, предметами першої необхідності;
- захист продовольства, харчової сировини, фуражу, вододжерел від радіаційного, хімічного та біологічного забруднення;
- житлове забезпечення та працевлаштування;

- комунально-побутове та медичне обслуговування;
- навчання населення способам захисту і діях в надзвичайних ситуаціях;
- санітарну обробку, знезараження території, споруд, транспортних засобів, обладнання, сировини, матеріалів і готової продукції;
- підготовка сил та засобів ведення рятувальних та інших невідкладних робіт в районах лиха і осередках ураження;
- забезпечення населення інформацією про характер і рівень небезпеки, порядок поведінки, морально-психологічну підготовку і заходи, щодо підтримання високої психологічної стійкості людей в екстремальних умовах;
- заходи, спрямовані на попередження, запобігання або послаблення несприятливих для людей екологічних наслідків надзвичайних ситуацій та інші заходи.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Машинно-тракторний парк господарств останнім часом мало комплектується потужними енергонасиченими тракторами, комбайнами, комбінованими агрегатами і технологічними комплексами машин для виробництва продукції. Це не дає змоги комплексно механізувати технологічні процеси, як і в рослинництві так і в тваринництві, що в значній мірі не сприяє збільшенню врожайності сільськогосподарських культур та виробництва м'яса, молока, яєць тощо [19, 20].

Тепер, коли в основному створено необхідні сільськогосподарські машини, опрацьовано основні технологічні комплекси машин, може завершитися комплексна механізація та здійснитись перехід до автоматизації виробничих процесів у сільському господарстві. Одним з важливих завдань сільськогосподарського виробництва є підвищення ефективності використання техніки. І саме тут виникає необхідність визначення їх економічної ефективності.

Для визначення економічної ефективності вдосконаленого розкидача мінеральних добрив в порівнянні з існуючим, в попередніх розрахунках у відповідних розділах даного проекту визначено основні вихідні дані для розрахунку економічної ефективності. Всі інші дані для розрахунків беруться із довідників та інструкцій по експлуатації машин та тракторів. Проведемо розрахунок економічної ефективності від вдосконалення розкидача мінеральних добрив 1-РМГ-4.

Даною кваліфікаційною роботою передбачається вдосконалення внесення мінеральних добрив. Внесення мінеральних добрив проектується за допомогою розкидача 1-РМГ-4 проте розкидач через недостатню продуктивність не повністю вписується у норми внесення, терміни, а також застосування його за посівів, які мають відстані між коліями 14,1 або 16,2 м. Тому даною роботою передбачається збільшення робочої ширини захвату розкидача, яка збільшить його продуктивність, і призведе до збільшення

річного його виробітку [19, 20]. Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності від удосконалення розкидача подані в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності удосконаленого розкидача 1-РМГ-4

Показники	Базова машина	Вдосконалена машина
Агрегування (марка енергетичного засобу)	МТЗ-80.1	МТЗ-80.1
Потужність двигуна, кВт	60	60
Маса розкидача, кг	1480,0	1560,0
Маса енергетичного засобу, кг	3700,0	3700,0
Ширина захвату, м	12	16,2
Продуктивність агрегату, га:		
- за годину чистого часу	14	20
- за годину змінного часу	12,04	17,2
- за зміну	84,3	120,4
- за рік	505,8	722,4
Коефіцієнт використання змінного часу	0,86	0,86
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
Годинна тарифна ставка механізатора, грн./год	45	45
Питома витрата палива, кг/га	0,2	0,2

Визначаємо затрати праці навантажувача на одиницю роботи, люд-год/га [19, 20]:

$$T = \frac{\sum n_i}{W_r}, \quad (5.1)$$

де n_i – кількість механізаторів, $n_i=1$;

W_r – продуктивність розкидача за годину змінного часу, га/зм.

Тоді, для базової машини:

$$T_B = \frac{1,0}{12,04} = 0,0831,$$

для вдосконаленої машини:

$$T_H = \frac{1,0}{17,2} = 0,0582.$$

Визначаємо зниження затрат праці внаслідок застосування вдосконаленої машини за формулою, %:

$$C_T = \frac{T_B - T_H}{T_B} \cdot 100\% = \frac{0,0831 - 0,0582}{0,0831} \cdot 100\% = 29,96. \quad (5.2)$$

Визначаємо економію праці на одиницю роботи, люд-год/га:

$$E_{II} = T_B - T_H = 0,0831 - 0,0582 = 0,0249. \quad (5.3)$$

Визначаємо річну економію праці вдосконаленої машини, люд-год/га:

$$E_{IP} = (T_B - T_H) \cdot W_{HP} = E_{II} \cdot W_{HP} = 0,0249 \cdot 722,4 = 17,987. \quad (5.4)$$

Визначаємо показник росту продуктивності праці за формулою:

$$B = \frac{T_B}{T_H} = \frac{0,0831}{0,0582} = 1,43 \text{ рази}. \quad (5.5)$$

Згідно даних нормативів приймаємо річне завантаження вдосконаленої машини $T_3=42,0$ год/рік або $T_3=722,4$ га/рік.

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю виробітку продукції, грн./га:

$$U_{ПЗ} = З + А + P_K + P_T + Г + П, \quad (5.6)$$

де $З$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн./га;

$А$ – амортизаційні відрахування, грн./га;

P_K – затрати на капітальний ремонт, грн./га;

P_T – затрати на поточний ремонт і планове технічне обслуговування, грн./т;

$Г$ – затрати на паливо-мастильні матеріали, грн./год;

$П$ – інші прямі затрати, грн./год.

Заробітну плату визначаємо за формулою, грн./га:

$$З = \frac{1,0}{W_{3M}} \cdot \sum \lambda \cdot r \cdot j, \quad (5.7)$$

де λ – кількість виробничого персоналу, $\lambda=1$;

rj – годинна тарифна ставка оплати праці обслуговуючого персоналу, грн./год.

Тоді, для базової машини:

$$z_B = \frac{1,0}{12,04} \cdot 1,0 \cdot 45 = 3,738,$$

для вдосконаленої машини:

$$z_H = \frac{1,0}{17,2} \cdot 1,0 \cdot 45 = 2,616.$$

Затрати на амортизацію визначаємо за формулою, грн./га:

$$A = \frac{B_B \cdot a}{T_3 \cdot W_T}, \quad (5.8)$$

де B_B – балансова ціна базової машини, яка складається з ціни трактора МТЗ-80.1 – 786 030 грн та ціни розкидача 1-РМГ-4 – 145 000 грн, ціна агрегата $B_B=931\ 030$ грн;

B_H – ціна вдосконаленої машини, $B_H=163\ 170$ грн;

a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, $a=0,166$.

Тоді, для базової машини:

$$A_B = \frac{931030 \cdot 0,166}{42,0 \cdot 12,04} = 305,63,$$

для вдосконаленої машини:

$$A_H = \frac{163170 \cdot 0,166}{42,0 \cdot 17,2} = 218,12.$$

Коефіцієнти відрахувань на капітальний, поточний ремонт і планове технічне обслуговування визначаємо по нормативно-технічній документації:

$$P_K + P_T = 40\%. \quad (5.9)$$

Тоді, для базової машини, грн./га:

$$P_K^B + P_T^B = \frac{931030 \cdot 40,0}{100,0 \cdot 12,04 \cdot 42,0} = 736,46,$$

для вдосконаленої машини, грн./га:

$$P_K^H + P_T^H = \frac{163170 \cdot 40,0}{100,0 \cdot 17,2 \cdot 42,0} = 525,58.$$

Затрати на паливо-мастильні матеріали, грн./год:

$$G = q \cdot C = G_C = G_H = 9,35 \cdot 45 = 467,5, \quad (5.10)$$

де q – витрата паливо-мастильних матеріалів, $q=9,35$ кг/год;

C – ціні 1 кг паливо-мастильних матеріалів, $C=50$ грн.

Затрати допоміжних матеріалів, грн./год:

$$П = M \cdot C_B = 2,12 \cdot 100 = 212, \quad (5.11)$$

де M – затрати допоміжних матеріалів, які взято по нормативних даних,
 $M=2,12$ кг;

C_B – ціна допоміжних матеріалів, які взято по нормативних даних,
 $C_B=100$ грн.

Тоді, для базової машини, грн./га:

$$U_{ПЗ}^B = 3,738 + 305,63 + 736,46 + 467,5 + 212 = 1725,33,$$

для вдосконаленої машини, грн./га:

$$U_{ПЗ}^H = 2,616 + 218,12 + 525,58 + 467,5 + 212 = 1425,81.$$

Визначаємо прямі експлуатаційні затрати на річний об'єм робіт, грн.:

$$U_P = U_{ПЗ} \cdot B_3. \quad (5.12)$$

Тоді, для базової машини:

$$U_P^C = 1725,33 \cdot 505,8 = 872669,58,$$

для вдосконаленої машини:

$$U_P^H = 1425,51 \cdot 722,4 = 1030008$$

Річна економія експлуатаційних затрат, грн.:

$$U_{PE} = U_P^H - U_P^C = 1030008 - 872669,58 = 157338,42. \quad (5.13)$$

Типові капіталовкладення по машинах визначасмо за формулою, грн./га:

$$K_{П} = \frac{B}{T_3 \cdot W_{Г}}, \quad (5.14)$$

Тоді, для базової машини:

$$K_{П}^C = \frac{9310300}{42,0 \cdot 12,04} = 1841,14,$$

для вдосконаленої машини:

$$K_{П}^H = \frac{9492000}{42,0 \cdot 17,2} = 1313,95.$$

Визначаємо капіталовкладення на річний об'єм робіт, грн.:

$$K_{ПР} = K_{П} \cdot B_3, \quad (5.15)$$

Тоді, для базової машини:

$$K_{PP}^C = 1841,14 \cdot 505,8 = 931250,94,$$

для вдосконаленої машини:

$$K_{PP}^H = 1313,95 \cdot 722,4 = 949200$$

Приведені затрати на одиницю виробітку визначаємо за формулою, грн./га:

$$P_{II} = E \cdot K_{II} + U_{II}, \quad (5.16)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E=0,15$.

Тоді, для базової машини:

$$P_{II}^C = 0,15 \cdot 1841,14 + 1725,33 = 2001,5,$$

для вдосконаленої машини:

$$P_{II}^H = 0,15 \cdot 1313,95 + 1425,81 = 1622,9.$$

Приведені затрати на річний об'єм робіт визначаємо за формулою, грн.:

$$P_{PP} = P_{II} \cdot B_3, \quad (5.17)$$

Тоді, для базової машини:

$$P_{PP}^C = 2001,5 \cdot 505,8 = 1012357,22,$$

для вдосконаленої машини:

$$P_{PP}^H = 1622,9 \cdot 722,4 = 1172388$$

Визначаємо річний економічний ефект від застосування вдосконаленої машини за формулою, грн.:

$$E_E = (P_{II}^C - P_{II}^H) \cdot B_3 = (2001,5 - 1622,9) \cdot 722,4 = 273493,49. \quad (5.18)$$

Визначаємо металомісткість процесу, кг/га:

$$M = \frac{G_M}{Q}, \quad (5.19)$$

де G_M^B – маса базової машини, $G_M^B = 4180,0$ кг;

G_M^H – маса вдосконаленої машини, $G_M^H = 4260,0$ кг;

Q_B – річний виробіток базової машини, $Q_B = 505,8$ га;

Q_H – річний виробіток вдосконаленої машини, $Q_H = 722,4$ га.

Тоді, для базової машини:

$$M_C = \frac{4180,0}{505,8} = 8,26,$$

для вдосконаленої машини:

$$M_H = \frac{4260,0}{722,4} = 5,897.$$

Визначаємо зниження металомісткості за формулою, %:

$$C_M = \frac{M_C - M_H}{M_C} \cdot 100,0 = \frac{8,26 - 5,897}{8,26} \cdot 100,0 = 28,61. \quad (5.20)$$

Визначаємо енергомісткість за формулою, кВт×год/га:

$$F = \frac{N_E}{W_T}, \quad (5.21)$$

де N_E – ефективна потужність двигуна, $N_E = 58,82$ кВт.

Тоді, для базової машини:

$$F_C = \frac{58,82}{12,04} = 4,89,$$

для вдосконаленої машини:

$$F_H = \frac{58,82}{17,2} = 3,42.$$

Строк окупності навантажувача з удосконаленням, років:

$$T = \frac{B_H}{E_E} = \frac{163170,0}{33770,7} = 0,6.$$

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі проаналізовано конструкції розкидачів мінеральних добрив та їх робочих органів для технологічного процесу підживлення рослин.

На основі аналізу в розрахунково-конструкторській частині удосконалено конструкцію робочих органів машини для внесення в ґрунт мінеральних добрив 1-РМГ-4, завдяки чому підвищена надійність і продуктивність машини.

Обґрунтована економічна ефективність використання машини для внесення в ґрунт мінеральних добрив 1-РМГ-4 з удосконаленими робочими органами.

Проведені конструктивні розрахунки запропонованого удосконалення з охорони праці, а також наведені рекомендації з покращання безпеки праці в даному господарстві. Приведені заходи з охорони довкілля.

В кваліфікаційній роботі розроблені заходи з охорони праці та охорони довкілля, яких потрібно було б дотримуватися при даній технології, а зокрема при внесенні мінеральних добрив.

Виконані економічні розрахунки показують певну економічну ефективність проектних та конструкторських рішень. Передбачувана ефективність від впровадження конструкторської розробки складе на рік 273493,49 грн., при термін окупності протягом 0,6 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агропромисловий комплекс України. Стратегічні напрями розвитку / За ред. О.М. Куліша. - К.: Інститут аграрної економіки, 2020. - 512 с.
2. Білан, В.І. Машини для внесення добрив / В.І. Білан. - К.: Аграрна освіта, 2018. - 192 с.
3. Васильєв, Г.Г. Технології вирощування зернових культур / Г.Г. Васильєв. - К.: Урожай, 2019. - 368 с.
4. Гончаренко, В.О. Сільськогосподарські машини / В.О. Гончаренко, А.О. Кучеренко. - Харків: ХНАУ, 2017. - 248 с.
5. Демиденко, А.І. Механізація підготовки ґрунту / А.І. Демиденко, П.М. Костенко. - Одеса: Видавництво ОНУ, 2016. - 312 с.
6. Зінченко, О.І. Агрохімія / О.І. Зінченко. - Львів: Світ, 2015. - 456 с.
7. Ковальов, В.М. Технології і машини для внесення добрив / В.М. Ковальов. - К.: Урожай, 2018. - 224 с.
8. Малащенко, М.П. Агроекологічні основи вирощування ярого ячменю / М.П. Малащенко, В.І. Гончарук. - Полтава: АСМІ, 2019. - 198 с.
9. Нечипоренко, С.О. Основи агротехнології зернових культур / С.О. Нечипоренко. - Дніпро: ДДАЕУ, 2017. - 280 с.
10. Панасенко, В.Г. Вдосконалення машин для внесення добрив / В.Г. Панасенко. - К.: НУБіП України, 2020. - 342 с.
11. Попович, О.М. Агроінженерія / О.М. Попович, В.П. Ткаченко. - Вінниця: Нова Книга, 2018. - 306 с.
12. Рибак, І.І. Машини для підготовки ґрунту / І.І. Рибак, С.В. Лазаренко. - К.: Агроосвіта, 2016. - 288 с.
13. Семенюк, С.Ю. Вдосконалення сільськогосподарських машин / С.Ю. Семенюк. - Львів: Видавництво ЛНУ, 2020. - 314 с.
14. Тимошенко, Л.М. Сівба та обробіток ґрунту: технології та машини / Л.М. Тимошенко. - Харків: ХНАУ, 2019. - 276 с.
15. Федоренко, В.М. Механізація і автоматизація в сільському господарстві / В.М. Федоренко. - К.: Знання, 2017. - 320 с.

16. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (ч.3). Машини для приготування і внесення добрив. Харків: Око, 2002. 352 с.
17. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. Львів: Афіша, 2003. 558 с.
18. Курмаз Л.В. Основи конструювання деталей машин. Харків: Підручник НТУ “ХПІ”, 2010. 532 с.
19. ДСТУ 4397:2005 Методика економічного оцінювання техніки на етапі випробувань. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 15 с.
20. Березівський П.С., Більський Б.В., Дудаш Я.Я., Березівський З.П. Організаційно-економічні параметри ресурсощадних технологій виробництва продукції рослинництва і тваринництва. Львів: Українські технології, 2000. 223 с.