

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 20 ____ р.
Зав. кафедри ____ к.т.н., доцент ____
(науковий ступінь, вчене звання)

А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Перший (бакалаврський)
(освітній рівень)

тема роботи **«УДОСКОНАЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ МАШИН ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ПРОЄКТНОГО
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА ЗОНИ ЛІСОСТЕПУ
З УДОСКОНАЛЕННЯМ ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЧА
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ»**

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності _____
208 «Агроінженерія»
ЗАДОРЖНИЙ Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н. доцент Шевчук В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ бакалавр _____

Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія» _____

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ А.В. Войтік
“ ____ ” _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

студенту _____ ЗАДОРЖНИЙ Денис Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення комплексу машин для виробництва озимої пшениці в умовах проектного сільськогосподарського підприємства зони Лісостепу з удосконаленням відцентрового розкидача мінеральних добрив»

керівник роботи _____ Шевчук Віталій Вікторович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 12 ” січня 20 23 р. № 01-06/95

2. Строк подання студентом роботи _____ 30.05.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Удосконалення розкидача мінеральних добрив _____

4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; характеристика господарства; механізована технологія я внесення мінеральних добрив; удосконалення дискового розкидного пристрою розкидача мінеральних добрив; економічна ефективність; загальні висновки.

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

підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження; техніко-економічні показники; результати розрахунку річного економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		
Техніко-економічне обґрунтування	Шевчук В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	16.12.2021 р.	
2.	Розділ 1. Сучасний стан досліджуваного питання. Мета та завдання дослідження	14.01.2022 р.	
4.	Розділ 2. Теоретичні та/або експериментальні дослідження за темою дипломного проекту	05.02.2022 р.	
5.	Розділ 3. Охорона праці	24.01.2023 р.	
6.	Розділ 4. Техніко-економічне обґрунтування запропонованої технології	15.02.2023р.	
7.	Виконання ілюстративної частини роботи	23.04.2023р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	28.05.2023 р.	

Студент

(підпис)

Задорожній Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шевчук В.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1.ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА	8
1.1. Огляд запропонованого господарства	8
1.2. Природньо-кліматичні умови	8
1.3. Землекористування і структура посівних площ	9
Висновок за 1 розділом	10
РОЗДІЛ 2. МЕХАНІЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ Я ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	11
2.1. Агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги.....	12
2.2. Організація і технологія виконання операції.....	13
2.3. Розрахунок операцій внесення мінеральних добрив.....	13
Висновок за 2 розділом	23
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСКОВОГО РОЗКИДНОГО ПРИСТРОЮ РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	24
3.1. Огляд існуючих розкидних дисків	25
3.2. Запропоноване удосконалення	25
3.3. Обґрунтування параметрів запропонованого пристрою.....	26
3.3.1. Розрахунок основних конструктивних і кінематичних параметрів.....	26
3.3.2. Розрахунок дальності польоту частинки	28
3.3.3. Розрахунок шпонкового з'єднання.....	30
Висновки за 3 розділом	32
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	33
4.1 Загальні положення охорони праці в рослинництві.....	33

4.2	Охорона праці при роботі на машинно-тракторному агрегаті.....	34
4.3.	Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу внесення мінеральних добрив.....	35
4.4.	Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу.....	36
4.4.1.	Розрахунок стійкості агрегату при роботі на схилах	36
4.4.2.	Правила безпеки праці при внесенні мінеральних добрив.....	39
4.5.	Пожежна безпека та виробнича санітарія	40
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ МВУ-5		44
	Висновки і пропозиції	49
	Бібліографічний список.....	50

«Удосконалення комплексу машин для виробництва озимої пшениці в умовах проектного сільськогосподарського підприємства зони Лісостепу з удосконаленням відцентрового розкидача мінеральних добрив»

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Розрахунково-пояснювальна записка містить 51 сторінки, в тому числі 5 розділів, 6 таблиць, 4 ілюстрації, 19 літературних джерел.

Ключові слова: РОЗКИДАЧ, МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА, ДИСК, ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ

Графічний матеріал містить 6 аркушів формату А1, на яких представлено структурна схема технології виробництва озимої пшениці, операційна карта внесення мінеральних добрив, розкидач мінеральних добрив МВУ-5 (технологічна схема), техніко-економічні показники, складальне креслення диска розкидного та його деталювання.

В процесі виконання дипломного проекту розроблено: операційну карту внесення мінеральних добрив розкидачем МВУ-5. Основні показники технології становлять: продуктивність агрегату за зміну – 44,28 га/зм; витрата палива – 1,17 кг/га; затрати праці – 0,15 люд.год/га прямі експлуатаційні затрати – 64,68 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 47,27 грн/га. Для підвищення якості внесення мінеральних добрив розробили нові розкидні диски до розкидача мінеральних добрив МВУ-5. За рахунок впровадження дисків з рухомими лопатками досягнули простішого регулювання норми внесення та підвищення рівномірності внесення зі збільшенням перекриття між сусідніми проходами. Виконано розрахунок економічної ефективності удосконаленого розкидача мінеральних добрив МВУ-5, що оснащений розробленими розкидними дисками порівняно з базовим. Річний економічний ефект від запровадження буде становити 11032 грн, за умови річного напруцювання 695,2 га.

ВСТУП

Перед сільським господарством поставлене завдання – забезпечити населення продуктами харчування, а переробну промисловість сировиною. Особливе місце в вирішенні даного завдання належить картоплярству.

Озима пшениця - одна з провідних культур сільськогосподарського виробництва. Вона забезпечує сировиною як продовольчу галузь так і кормами тваринництво. У зерні міститься багато поживних речовин, потрібних для нормального розвитку організму людини

Одним з головних завдань сільськогосподарського виробництва є підвищення врожайності зернових культур за рахунок впровадження інтенсивних технологій. Інтенсивна технологія – це єдиний комплекс типових методів обробітку ґрунту традиційними технологічними елементами з їх взаємозалежністю і чіткою послідовністю методів. Своєю метою вона ставить одержання найбільшої продуктивності культури. Для впровадження інтенсивної технології необхідно мати комплекс машин, який би давав змогу в необхідні агротехнічні терміни і якісно виконати всі технологічні операції процесу виробництва зерна.

Дальший розвиток зернового господарства можливе лише за рахунок інтенсифікації процесу, за умови раціонального використання засобів захисту, добрив та комплексної механізації всіх операцій.

Операція внесення мінеральних добрив є повністю механізована, однак сучасні розкидачі мають ряд недоліків – не рівномірне внесення добрив зі значним відхиленням від заданої норми.

Тому метою дипломного проекту є аналіз виробничо-фінансової діяльності господарства та стану механізації технологічних процесів, розробки технології внесення мінеральних добрив під озиму пшеницю з удосконаленням розкидного диска розкидача мінеральних добрив з дотриманням заходів безпечної роботи МТА і запобігання його негативного впливу на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

1.1. Огляд запропонованого господарства

Проектне сільськогосподарське господарство планується відносити до Лісостепової агро кліматичної зони.

На орних землях в поширені дерново-підзолисті та дерново-глибокі опідзолені оглеєні середньосуглинкові ґрунти, які займають 80 % від загальної площі ріллі, рельєф хвилястий, схили в основному до 4 %.

Виробничий напрямок підприємства буде зерново-картопляний з розвинутим свинарством. Основними культурами в рослинництві будуть зернові (58%) і картопля (6%).

1.2. Природньо-кліматичні умови

Кліматичні умови господарства можна характеризувати за багаторічними даними спостережень обласної метеорологічної станції.

Підприємство знаходиться у західному Лісостепу. Це теплий і достатньо вологий район. Сума активних температур становить 2300-2600⁰С, а гідротермічний коефіцієнт за такий же період рівний 1,5-1,6. Середня річна температура повітря складає 7,2⁰С , а впродовж вегетаційного періоду 10. Абсолютний мінімум температури -32⁰С, абсолютний максимум +36⁰С. Тривалість вегетаційного періоду з температурою понад 5⁰С становить 210-213 днів, а з температурою 10⁰С – 150-160 днів.

Безморозний період триває 145-155 днів.

Середня річна кількість опадів 790-793 мм, максимальна кількість опадів випадає у червні-липні, мінімальна у грудні-лютому. Вологість повітря на протязі року порівняно висока 70-80 %. Трохи меншою вона буває з травня по серпень. В окремі роки наступають короткочасні посухи, особливо на легких

грунту, що обумовлюється їх поганою водозатримною здатністю та високою водопроникністю.

Стиглість ґрунту настає на початку квітня, коли середньодобова температура повітря переходить через 5⁰С.

В загальному, кліматичні умови дають змогу вирощувати всі сільськогосподарські культури, в тому числі є сприятливими для вирощування картоплі.

1.3. Землекористування і структура посівних площ

Земля в сільському господарстві є основним засобом виробництва. Це перша передумова і природна основа будь-якого виробництва. Земельний фонд проектного господарства і його структура приведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Земельний фонд і його структура

Групи і види угідь	Площа, га	Структура в %	
		Земельних угідь	С.-г. угідь
Загальна земельна площа	1340	100	—
в тому числі с.-г. угідь	1340	100	100
З них: ріллі	1240	93	93
сіножаті	100	7	7

Як видно з таблиці 1.1 за господарством планується закріплення 1340 гектарів землі, в тому числі вся земля відведена під сільськогосподарські угіддя. З них 1240 гектар припадає на ріллю, що становить 93 % від усієї площі господарства. Тобто розораність землі є висока.

Поліпшення сільськогосподарських угідь планується досягти за рахунок проведення агротехнічних робіт.

Виконання виробничої програми по рослинництву у великій мірі залежить від структури посівних площ. Раціональною вважається така

структура, яка забезпечує виробництво максимум продукції при мінімальних затратах. Дані по плановій структурі посівних площ заносимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Планова структура посівних площ

Назва сільськогосподарських культур	Площа, га	Структура, %
1	2	3
Зернові	880	71
Картопля	100	8
Ріпак	100	8
Багаторічні трави	160	13

Аналізуючи таблицю 1.2 ми бачимо, що висока питома вага в структурі посівних площ будуть займати зернові культури 88 гектарів або 71 % від посівних площ. Господарство планує займатися і вирощуванням ріпаку. Під картоплю відведено 100 гектарів, що становить 8 % від посівних площ.

Висновок за 1 розділом

Однією з провідних галузей в господарстві по плану є вирощування зернових культур. Рівень рентабельності виробництва пшениці по Україні становив 43 %, що є вище рівня рентабельності. Для підвищення ефективності даної галузі необхідно збільшити валовий збір за рахунок збільшення врожайності, яка формується лише за умови внесення достатньої кількості мінеральних добрив.

РОЗДІЛ 2

МЕХАНІЗОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

2.1. Агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги

Промислові добрива бувають в порошкоподібному або гранульованому виді, з діаметром гранул від 1 до 5 мм.

Фізико-механічні властивості мінеральних добрив залежать головним чином від їх волого утримання. Зі зміною вмісту вологи змінюється сипучість добрив. Сипучість характеризується тим, що окремі частини, гранули, нічим не зв'язані між собою, крім сили тертя. Більшість мінеральних добрив мають малу сипучість.

Розсіяність характеризується проходженням добрив через висіваючі апарати, що мають вузькі вихідні щілини. Розсіяність залежить від ступеня вологості і сипучості добрив.

Найкращу розсіяність мають гранульовані добрива; розсіяність порошкоподібних добрив, в залежності від ступеня вологості.

Злежуваність характеризує фізичний стан зернових або гранульованих добрив. На злежуваність добрив впливають волога, температура, висота шару і, особливо, умови зберігання.

Агротехнічні вимоги:

1. Мінеральні добрива слід зберігати в буртах висотою не більше 3 м, відокремленими один від другого стінками і щитами. Засипані в мішки добрива складають в штабеля по 10-20 рядів з урахуванням їх фізико-механічних властивостей.

2. Злежані добрива подрібнюють і просівають безпосередньо перед змішуванням або внесенням. Розмір частин після подрібнення повинен складати в середньому 1-3 мм, розмір великих фракцій не повинен перевищувати 5 мм. Гранул розміром менше 1 мм повинно бути не більше ніж 5 %.

3. Добрива змішують з врахуванням їх фізико-механічних і хімічних властивостей, користуючись спеціальною таблицею. Перед змішуванням перевіряють вихідні компоненти на масові частини в них елементів живлення і води. Відхилення частин компонента від заданого співвідношення в суміші не повинні перевищувати 10%. Відхилення масової частини води в добривах від стандартної допускається не більше 25%.

4. Норми мінеральних добрив і хімічних меліорантів встановлюється з врахуванням плануючого врожаю зерна.

5. Не допускаються необроблені поворотні смуги, наявність похибок в місцях з'єднання по довжині проходу агрегату, а також просипання твердих мінеральних добрив в дорозі і на полі.

6. Час перерви між поверхневим розподілом добрив і їх внесенням не повинна перевищувати 12 год.

2.2. Організація і технологія виконання операції

В залежності від наявності машин, відстані доставки добрива на поле, норми внесення і інших факторів використовують прямо точкову, перевантажувальну і перевалочну схеми внесення.

Прямоточна технологія передбачає рух добрива по схемі: склад – машина для внесення – поле. Ця схема вигідна для випадку, якщо відстань від місця зберігання добрива до місця їх використання кузовними машинами.

При великих віддальх застосовують перевантажувальну або перевалочну схему.

Перевантажувальну схему застосовують в такій послідовності: склад – перевізник - перевантажувальник – машина для внесення – поле. По такій схемі машина працює тільки при внесенні, завдяки чому підвищується продуктивність агрегату.

Перевалочна технологія передбачає роботу за схемою: склад - автосамоскид - перевантажувальна площадка - машина для внесення - поле.

Ця технологія дозволяє провести частину роботи по доставці добрива в поле до агротехнічних термінів їх внесення, що особливо суттєво при внесенні вапняних матеріалів, які застосовуються у великих дозах.

При внесенні мінеральних добрив перевантажувальну схему застосовують в окремих випадках. Найбільш широкого застосування заслуговує прямо точкова і перевалочна технологічні схеми внесення добрив. Вони найбільш економічні і забезпечують повну механізацію робіт.

2.3. Розрахунок операцій внесення мінеральних добрив

Для виконання операції в господарстві використовують розкидач МВУ-5, агрегатований трактором МТЗ-80. Оскільки технологія внесення добрив передбачає транспортування та розкидання мінеральних добрив цим самим агрегатом, то необхідно провести його розрахунки, як транспортного так і розкидного агрегату.

Визначаємо максимальну вагу розкидача з вантажем за формулою [5]:

$$G_{np\max} = \frac{P_z'' - Gf(a_{mp} - 1)}{f_{np} \cdot a_{np}}, \quad (2.1)$$

де f і f_{np} – коефіцієнти опору коченню трактора і причепа;

a_{mp} і a_{np} – коефіцієнти підвищення опору руху трактора і причепа;

G – вага трактора, кН;

P_z'' – номінальне гакове зусилля на вибраній передачі,

$$G_{np \max} = \frac{14,0 - 31,6 \cdot 0,05 \cdot (1,8 - 1)}{0,06 \cdot 2,48} = 85,59 \text{ кН.}$$

Вага вантажу в причепі

$$Q = V\rho_n \leq Q_{вн}, \quad (2.2)$$

де V – об'єм кузова, м^3 ;

ρ_n – щільність вантажу, т/м^3 ;

$Q_{вн}$ – вантажопідйомність розкидача, т,

$$Q = 6 \cdot 0,8 \leq 5,$$

$$Q = 4,8 \leq 5.$$

Коефіцієнт використання вантажопідйомності

$$K_e = \frac{Q}{Q_{вн}}, \quad (2.3)$$

$$K_e = \frac{4,8}{5} = 0,96.$$

Загальна вага вибраного розкидача з вантажем

$$G_{np} = G_{np.x} + Q, \quad (2.4)$$

де $G_{np.x}$ – вага причепа без вантажу, кН,

$$G_{np} = 20 + 48 = 68 \text{ кН.}$$

Визначаємо гакове зусилля для вибору нижчої передачі, необхідної для подолання максимального кута піднімання за формулою [7]:

$$P_z'' \geq G_{np} \left(f_{np} + \frac{i}{100} \right) + G \left[f_{mp} \pm \frac{i}{100} \right], \quad (2.5)$$

де i – максимальний кут піднімання, град,

$$P_z'' \geq 68 \left(0,06 + \frac{5}{100} \right) + 31,6 \left[0,05 \pm \frac{5}{100} \right] = 10,6 \text{ кН.}$$

Згідно технічної характеристики вибираємо п'яту передачу для якої $v_m = 10,5 \text{ км/год}$, а $P_z'' = 11,5 \text{ кН}$.

Визначаємо тяговий опір агрегату

$$R_{azp} = G_{np} \cdot \left(f_{np} \pm \frac{i}{100} \right), \quad (2.6)$$

$$R_{azp} = 68 \cdot \left(0,06 \pm \frac{5}{100} \right) = 7,48 \text{ кН.}$$

Визначаємо опір агрегату за формулою:

$$R_{azp} = R_m + R_{ven}, \quad (2.7)$$

де R_m , R_{ven} – відповідно опір машини тяговий та опір, що міг би бути додатково подоланий на привід робочих органів с.-г. машин,

$$R_m = G_{np} \left(f_{np.p.} \pm \frac{i}{100} \right), \quad (2.8)$$

де $f_{np.p.}$ – коефіцієнт опору коченню, $f=0,12$,

Оскільки рельєф поля рівний, то $i=0$, а тому:

$$R_m = 68 \cdot 0,12 = 8,16 \text{ кН.}$$

Опір на привід робочих органів розкидача:

$$R_{ven} = \frac{N_{np} \cdot \eta_c}{\mathcal{G}_p}, \quad (2.9)$$

де N_{np} – потужність приводу, кВт;

$\mathcal{G}_p$ – робоча швидкість, м/с;

η_c – коефіцієнт силової передачі;

η_{np} – коефіцієнт трансмісії,

Робоча швидкість $\mathcal{G}_p = 15 \text{ км/год} = 4,1 \text{ м/с,}$

$$R_{ven} = \frac{13 \cdot 0,9}{4,1 \cdot 0,96} = \frac{11,7}{3,93} = 2,97 \text{ кН.}$$

А також $R_{azp} = 2,97 \text{ кН.}$

Визначимо коефіцієнт використання гакового зусилля за формулою [7]:

$$\eta = \frac{R_{azp}}{P_z^n}, \quad (2.10)$$

$$\eta = \frac{2,97}{14} = 0,21.$$

Визначимо коефіцієнт використання потужності трактора за формулою:

$$\eta_n = \frac{N_{\text{зак}} + N_{\text{всп}}}{N_e},$$

де N_e – ефективна потужність двигуна, кВт,

Гакова потужність [10]

$$N_{\text{зак}} = \mathcal{G} \cdot R_{\text{агр}}, \quad (2.11)$$

$$N_{\text{зак}} = 4,1 \cdot 2,97 = 12,17 \text{ кВт},$$

$$\eta_n = \frac{12,17 + 13}{58,8} = 0,42.$$

Перед початком роботи необхідно підготувати агрегат до роботи.

При підготовці трактора необхідно провести його щозмінне, а при необхідності періодичне ТО. Перевірити комплектність і справність трактора, його основних механізмів і систем, наявність ПММ. Встановити причіпне сергу, приєднати розкидач та з'єднати його привід з ВВП трактора через карданну передачу.

При підготовці розкидача перевірити комплектність, встановити норму внесення добрив.

Готуючи поле до роботи необхідно вибрати спосіб руху агрегату, визначити ширину поворотної смуги та ширину заїмки, величини яких кратні подвійній ширині захвату агрегату.

Визначаємо кінематичні параметри перегону.

Мінімальна ширина поворотної смуги для даного розвороту (повороту)

$$E_{\text{min}} = 2,8R_0 + 0,5d_a + e, \quad (2.12)$$

де R_0 – радіус повороту, м;

d_0 – кінематична ширина агрегату, м;

e – довжина виїзду агрегату, м,

$$R_0 = 0,9B_p, \quad (2.13)$$

$$R_0 = 0,9 \cdot 30 = 27 \text{ м}.$$

Кінематична довжина агрегату, як сума кінематичних довжин трактора l_{mp} і машини l_m

$$l_k = l_{mp} + l_m, \quad (2.14)$$

де l_{mp} – кінематична довжина трактора, м;

l_m – кінематична довжина розкидача мінеральних добрив, м,

$$l_k = 1,2 + 5,9 = 7,1 \text{ м.}$$

Довжина виїзду агрегату:

$$e = 0,5 l_k = 0,5 \cdot 7,1 = 3,55 \text{ м.} \quad (2.15)$$

Кінематична ширина агрегату:

$$d_k = \frac{B_{az}}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ м.} \quad (2.16)$$

Тоді мінімальна ширина поворотної смуги буде:

$$E_{\min} = 2,8 \cdot 27 + 0,5 \cdot 3 + 3,55 = 80,65 \text{ м.}$$

Фактична ширина поворотної смуги, враховуючи, що поперек нарізаних гребенів не виконується, може бути рівна 82 м.

Кількість робочих ходів n_p і холостих n_x на полі буде рівна:

$$n_p = \frac{C}{B_{az}}, \quad n_x = \frac{C}{B_{az}} - 1, \quad (2.17)$$

де C – ширина поля, м.

$$n_p = \frac{750}{30} = 25, \quad n_x = \frac{750}{30} - 1 = 24.$$

Довжина робочого ходу:

$$L_p = L - 2 \cdot E_{\phi}, \quad (2.18)$$

де L – довжина загінки, м.

$$L_p = 750 - 2 \cdot 82 = 586 \text{ м.}$$

Довжина холостого повороту:

$$l_x = 6,6 \cdot R_0 + 2 \cdot e, \quad (2.19)$$

$$l_x = 6,6 \cdot 27 + 2 \cdot 3,55 = 185,3$$

Оскільки агрегат використовується і для транспортування добрив, то необхідно знайти час одного циклу, тобто:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{н}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{р.в.}} + t_{\text{р.б.в.}} + t_{\text{хх}} \quad (2.20)$$

де $t_{\text{ц}}$ – час навантаження розкидача, год;

$t_{\text{роз}}$ – час розвантаження, год;

$t_{\text{р.в.}}$ – час руху з вантажем, год;

$t_{\text{р.б.в.}}$ – час руху без вантажу, год;

$t_{\text{хх}}$ – час холостих ходів при поворотах, год,

Тривалість навантаження

$$t_{\text{н}} = \frac{Q}{W_{\text{р}}} + t_{\text{н.в.}}, \quad (2.21)$$

де $W_{\text{р}}$ – продуктивність навантажувача, т/год;

$t_{\text{хх}}$ – час на під'їзд та від'їзд від навантажувача, год,

$$t_{\text{н}} = \frac{4,8}{135} + \frac{2}{60} = 0,07 \text{ год.}$$

Тривалість розвантаження залежить від запасу ходу агрегату за технологічною ємністю, тобто:

$$t_{\text{роз}} = \frac{L_{\text{з}}}{g_{\text{р}}}, \quad (2.22)$$

де $L_{\text{р}}$ – запас ходу агрегату за технологічною ємністю, м,

$$L_{\text{з}} = \frac{10^4 g}{B_{\text{р}} Q_{\text{н}}}, \quad (2.23)$$

де g – вміст бункера, т;

$Q_{\text{н}}$ – норма внесення добрив, т/га,

$$L_{\text{з}} = \frac{10^4 \cdot 5}{30 \cdot 0,9} = 1851,85 \text{ м.}$$

Тоді

$$t_{\text{роз}} = \frac{1,851}{15} = 0,123 \text{ год.}$$

Враховуючи, що швидкість руху агрегату без вантажу буде 26 км/год, а з вантажем 10 км/год, то при відстані перевезення 4 км, отримаємо:

$$t_{p.v.} + t_{p.b.v.} = \frac{2S}{g_{сер}}, \quad (2.24)$$

де $g_{сер}$ – середня швидкість руху агрегату, км/год,

$$t_{p.v.} + t_{p.b.v.} = \frac{2 \cdot 4}{18} = 0,44 \text{ год.}$$

Тривалість холостого повороту на краю поля

$$t_{xx} = \frac{l_x}{g_x} \quad (2.25)$$

де g_x – швидкість руху агрегату при поворотах, $g_x = 2$ км/год,

$$t_{xx} = \frac{42,74 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,021 \text{ год.}$$

Підставивши отримані значення у формулу (2.20) будемо мати

$$t_u = 0,17 + 0,123 + 0,44 + 0,021 = 0,654 \text{ год} = 39,24 \text{ хв.}$$

Кількість циклів роботи агрегату за зміну округлюється до більшого числа [3]:

$$n_{ц} = \frac{T_{зм} - T_{пз} - T_{відп}}{t_u}, \quad (2.26)$$

де $T_{зм}$ – тривалість часу зміни, хв;

$T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час, хв;

$$T_{пз} = T_{емо} + T_{пн} + T_{пнк} + T_{пн}, \quad (2.27)$$

де $T_{емо}$ – час на технічне обслуговування трактора і с.-г. машини, $T_{емо} = 31$ хв;

$T_{пн}$ – час на підготовку агрегату до переїзду, $T_{пн} = 3$ хв;

$T_{пнк}$ – час на переїзди на початку і в кінці зміни, $T_{пнк} = 35$ хв;

$T_{пн}$ – час на отримання наряду і здача роботи, $T_{пн} = 10$ хв.

$T_{відп}$ – час регламентованих внутрізмінних перерв на відпочинок, $T_{відп} = 40$ хв.

Тоді

$$T_{пз} = 31 + 3 + 35 + 10 = 79 \text{ хв};$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 79 - 40}{39,2} = 7,67 \text{ циклів.}$$

Приймаємо $n_{\text{ц}} = 8$.

Чистий робочий час за зміну:

$$T_p = t_{\text{рц}} \cdot n_{\text{ц}}, \quad (2.28)$$

$$T_p = 39,2 \cdot 8 = 313,6 \text{ хв.}$$

Час на внесення добрив

$$t_p = n_{\text{ц}} \cdot t_{\text{рц}}, \quad (2.29)$$

$$t_p = 8 \cdot 0,123 = 0,984 \text{ год.}$$

Дійсний час зміни

$$T_{\text{д}} = t_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}} + T_{\text{пз}} + T_{\text{відп}}, \quad (2.30)$$

$$T_{\text{д}} = 39,2 \cdot 8 + 79 + 40 = 432,6 \text{ хв} = 7,21 \text{ год.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{д}}}; \quad \tau = \frac{313,6}{432,6} = 0,72. \quad (2.31)$$

Визначаємо техніко-економічні показники використання МТА.

Продуктивність агрегату за зміну:

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{\text{д}}, \quad (2.32)$$

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot 30 \cdot 15 \cdot 0,984 = 44,28 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність агрегату за годину чистого часу:

$$W_{\text{годч}} = \frac{W_{\text{зм}}}{T_p}, \quad (2.33)$$

$$W_{\text{годч}} = \frac{44,28}{7} = 6,32 \text{ га/год.}$$

Визначимо затрати праці на одиницю роботи

$$S_m = \frac{m_0 T_0 + m_g T_g}{W_{\text{зм}}}, \quad (2.34)$$

де m_0, m_g – відповідно кількість силових і допоміжних працівників, чол.;

T_0, T_g – відповідно час роботи основного і допоміжного працівника, год

$$S_m = \frac{1,7}{44,28} = 0,15 \text{ люд.год/га.}$$

Визначимо експлуатаційні затрати під час роботи агрегату.

Погектарна витрата палива:

$$Q = \frac{G_{mp}T_p + G_{mx}T_x + G_{mo}T_o}{W_{зм}}, \quad (2.35)$$

де $G_{тр}$, $G_{тх}$, $G_{то}$ – середня годинна витрата палива, кг/га, відповідно при робочому ході, при холостому русі і при зупинках трактора з працюючим двигуном;

$$Q = \frac{10,5 \cdot 3,14 + 6 \cdot 2,95 + 1,4 \cdot 0,91}{44,28} = 1,17 \text{ кг/га.}$$

Питомі затрати на амортизацію трактора:

$$S_{ам} = \frac{(a_{pm} + a_{кр} + a_{mmo})B_m}{100T_{pz} \cdot W_{год}}, \quad (2.36)$$

де a_{pm} , $a_{кт}$, a_{mmo} – норми річних відрахувань відповідно на реновацію, капітальний ремонт, технічне обслуговування і поточний ремонт, %;

B_m – балансова вартість трактора, грн.;

T_p – річне завантаження трактора, год;

$W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

$$S_{ам} = \frac{(12,5 + 4 + 22) \cdot 120000}{100 \cdot 1200 \cdot 6,32} = 6,09 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на амортизацію картоплесаджалки:

$$S_{ам} = \frac{(a_{pm} + a_{мом}) \cdot B_m}{100 \cdot T_{pm} \cdot W_z}, \quad (2.37)$$

де a_{pm} , $a_{мом}$ – норми річних відрахувань відповідно на реновацію, технічне обслуговування і поточний ремонт машини, %;

B_m – балансова вартість машини, грн.;

T_{pm} – річне завантаження машини, год.

$$S_{ам} = \frac{(14+17) \cdot 44000}{100 \cdot 110 \cdot 6,32} = 19,62 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на паливо-мастильні матеріали:

$$S_{нм} = Q \cdot \Pi_{нм}, \quad (2.38)$$

де Q – погектарна витрата палива на даній роботі, кг/га;

$\Pi_{нм}$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн.

$$S_{нм} = 1,17 \cdot 6,5 = 7,6 \text{ грн/га.}$$

Затрати на основну зарплату:

$$S_{zn} = \frac{k \cdot (m_{mp} \cdot f_1 + m_{\delta} \cdot f_2)}{W_{zod}}, \quad (2.39)$$

де k – коефіцієнт, що враховує доплати;

m_{mp}, m_{δ} – відповідно кількість трактористів і допоміжного персоналу, що обслуговують агрегат;

f_1, f_2 – тарифні ставки тракториста і допоміжного персоналу;

$$S_{zn} = \frac{1,1 \cdot 1 \cdot 12}{6,32} = 2,09 \text{ грн./га.}$$

Сумарні прямі затрати на одиницю виконаної роботи:

$$S_o = S_{ам} + S_{ам} + S_{нм} + S_{зм}, \quad (2.40)$$

$$S_o = 6,09 + 19,62 + 7,6 + 2,09 = 35,4 \text{ грн/га.}$$

Приведені затрати на роботу агрегату:

$$S_{np} = S_o + \frac{E_n}{W_{zod}} \cdot \left(\frac{B_m}{T_{pm}} + \frac{B_{\mathcal{M}}}{T_{pm}} \right), \quad (2.41)$$

де E_k – коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_k = 0,15$.

$$S_{np} = 35,4 + \frac{0,15}{6,32} \cdot \left(\frac{120000}{1200} + \frac{44000}{110} \right) = 47,27 \text{ грн./га.}$$

На основі отриманих даних зроблена операційна карта на виконання операції внесення мінеральних добрив, що приведена на аркуші графічної частини.

Висновок за 2 розділом

1. Для внесення мінеральних добрив під озиму пшеницю запропоновано використати розкидач мінеральних добрив МВУ-5 на якому змонтовано розроблені розкидні диски. При цьому запропонована прямоточна система, за якої розкидач забезпечує транспортування та внесення добрив.

2. Основні техніко-економічні показники виконання операції внесення добрив розкидачем МВУ-5 становлять: продуктивність агрегату за зміну - 44,28 га/зм; витрата палива - 1,17 кг/га; затрати праці – 0,15 люд.год/га прямі експлуатаційні затрати – 35,4 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 47,27 грн/га.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСКОВОГО РОЗКИДНОГО ПРИСТРОЮ РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

3.1. Огляд існуючих розкидних дисків

За принципом роботи туковисівних апаратів машини розділяють на дві групи: тукові сівалки з тарілковими тукорозкидачами і розкидачі з відцентровими апаратами.

Тукові сівалки з тарілковими тукорозкидачами застосовують для внесення мінеральних добрив, які потребують при малих нормах висіву високої рівномірності розсіву.

Норму висіву добрив регулюють зміною частоти обертання тарілок і висоти щілини між дном тарілки і заслінкою за допомогою регулятора норми висіву.

Недоліком такої конструкції є неможливість регулювання ширини захвату розкидача.

Розкидач мінеральних добрив НРУ-5 з висіваючим апаратом відцентрового типу призначені для суцільного розсіву по поверхні ґрунту на полях і в садах мінеральних добрив і їх сумішей.

Робочі органи цієї машини дозволяють змінювати ширину захвату агрегату від 6 до 12 метрів в залежності від виду добрив. Проте дане регулювання не пов'язано з конструкцією самих робочих органів, а наслідком скерування їх у відповідну зону диска.

Розкидачі типу РУМ-5, МВУ-5, 1-РМГ-4 мають дисковий розкидач, який складається з двох горизонтально розміщених дисків з лопатками, які радіально розміщені на верхній частині диска.

Добрива, що потрапляють на диски, під дією відцентрових сил, розкидаються в сторони на відстані біля 6 метрів.

Недоліком таких робочих органів є обмежене регулювання ширини захвату та рівномірності внесення добрив.

У вищезгаданих машинах, крім неможливості регулювання ширини захвату, діаметри дисків приймають від 0,35 до 0,75 метрів. Диски працюють з частотою обертання 400-600 об/хв. Лопатки, як правило, відхилені в сторону обертання на кут 12-18°, але при цьому жорстко закріплені на диску, що не уможлиблює їх встановлення під різними кутами, під час технологічного процесу.

Важливими параметрами робочих органів, що впливають на ширину захвату машини і рівномірність розподілу добрив є частота обертання і діаметр дисків. Якщо частоту обертання ми можемо регулювати, то діаметр диска залишається постійним.

3.2. Запропоноване удосконалення

Суть запропонованого удосконалення полягає у створенні такого робочого органу, який забезпечував би зміну ширини захвату агрегату під час внесення мінеральних добрив.

Для цього на існуючій машині МВУ-5 встановлюємо робочі органи з рухомими лопатками, які мають можливість повертатися на кут 90°. Запропоноване удосконалення складається з диска, насадженого на вал, двох лопаток, прикріплених до диска за допомогою гвинтових механізмів. На лопатках встановлені подовжувачі, які дозволяють збільшувати робочу ширину захвату до 30 метрів.

3.3. Обґрунтування параметрів запропонованого пристрою

3.3.1. Розрахунок основних конструктивних і кінематичних параметрів

До основних параметрів, що необхідно визначити відносяться максимальний і мінімальний радіуси обертання крайньої точки лопатки та максимальну і мінімальну швидкості відриву частинок мінеральних добрив, в залежності від зміни довжини лопатки і її розташування відносно радіального положення.

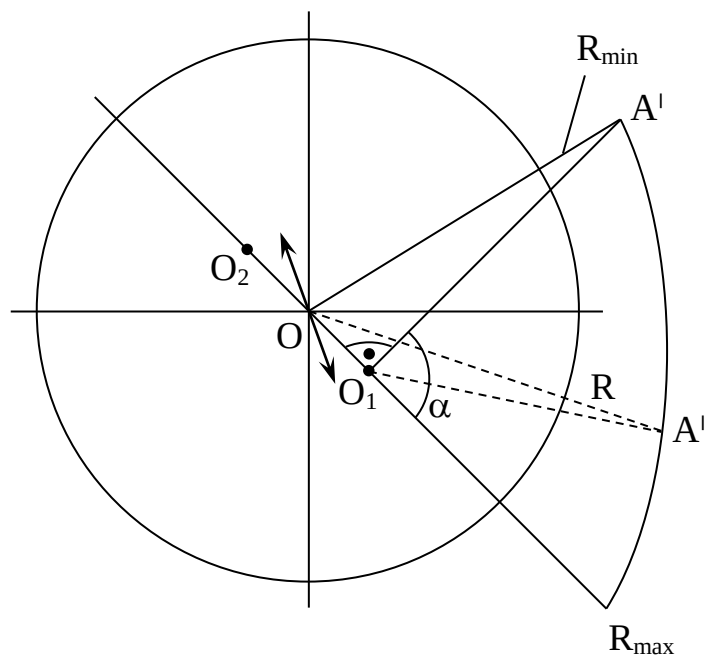


Рис. 3.1. Схема визначення основ конструктивних параметрів удосконаленого диска

Максимальний радіус обертання крайньої точки лопатки (рис 3.1) буде рівний, коли лопатка розташована в радіальному положенні [4]

$$R_{max} = |OO_1| + |O_1A| + \Delta O_1A, \quad (3.1.)$$

де $|OO_1|$ – відстань від центру O обертання диска до т. O_1 кутового зміщення лопатки відносно радіального положення, що характеризується кутом α , м;

$|OA_1|$ – довжина лопатки від т. O_1 до крайньої точки лопатки A ; ΔO_1A

– подовження лопатки за рахунок вигнутої пластинки, м.

В загальному випадку даний радіус є змінний і можна визначити за формулою з $\Delta OO_1A''$ за теоремою косинусів

$$R = \sqrt{|OO_1|^2 + (|O_1A| + \Delta O_1A)^2 - 2|OO_1| \cdot (|O_1A| + \Delta O_1A) \cdot \cos(180 - \alpha)}, \quad (3.2)$$

R_{max} отримаємо коли $\alpha=0$ і $\Delta O_1A=\max$

$$R = \sqrt{(|O_1O| + (|O_1A| + \Delta O_1A))^2} = |O_1O| + |O_1A| + \Delta O_1A, \quad (3.3)$$

що ми запропонували попередньо.

Отже радіус крайньої точки обертання лопатки залежить від зміни кута α і ΔO_1A .

Нехай $\alpha=0$ і $\Delta O_1A=\max$

$$R_{max} = 80 + 225 + 30 = 335 \text{ мм} = 0,335 \text{ м}.$$

Коли $\alpha=90$ – максимальне відхилення лопатки від радіального положення і $\Delta O_1A=0$

$$R_{min} = \sqrt{|O_1O|^2 + |O_1A|^2}, \quad (3.4)$$

$$R_{min} = \sqrt{80^2 + 225^2} = 238,8 \text{ мм} = 0,239 \text{ м}.$$

Якщо врахувати, що частота обертання диска ω є постійна і становить 80 с^{-1} , то тоді максимальну і мінімальну швидкість відриву частинки мінеральних добрив визначаємо за відомими формулами

$$V_{max} = \omega \cdot R_{max}, \quad (3.5)$$

$$V_{max} = 55 \cdot 0,335 = 18,42 \text{ м / с},$$

$$V_{min} = \omega \cdot R_{min}, \quad (3.6)$$

$$V_{min} = 55 \cdot 0,239 = 13,15 \text{ м / с}.$$

Отже максимальна швидкість розкидання буде, коли лопатки в радіальному положенні з максимальним видовженням, а мінімальна швидкість, коли лопатка відхилена на кут 90^0 , а видовження лопатки рівне нулю.

3.3.2. Розрахунок дальності польоту частинки

Частинки мінеральних добрив сходять по лопатці на краю якої є змонтована вигнута пластина. Тому ми мусимо розглянути випадок руху частинки, що кинута під кутом до горизонту (рис.3.2).

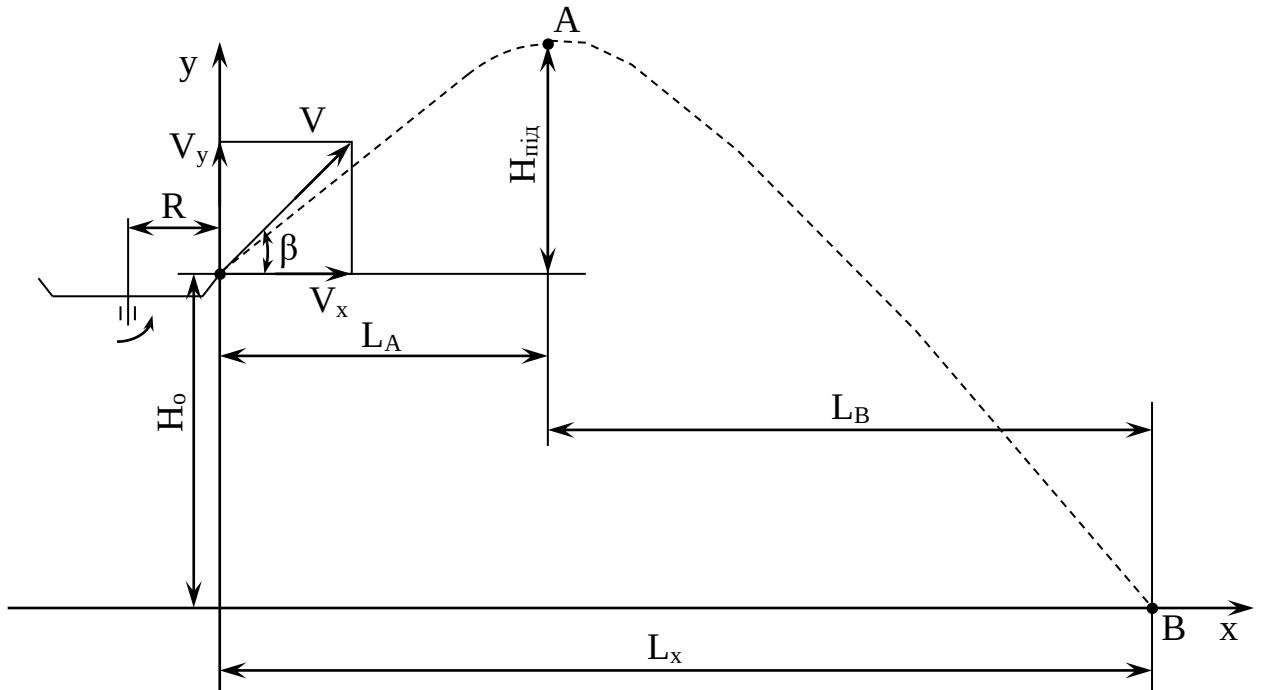


Рис. 3.2. Схема для визначення дальності польоту частинки

L_x – дальність польоту частинки, що кинута під кутом до горизонту.

Характерними точками польоту є точка A максимальної висоти підкидання частинки, для якої є характерним, що $V_y=0$, і після неї частинка здійснює вільне падіння, при цьому:

$$L_A = V_x \cdot t_A, \quad (3.7)$$

$$L_B = V_x \cdot t_B, \quad (3.8)$$

де t_A – час піднімання частинки на максимальну висоту, визначаємо з умови,

$$V_y = V_0 \cdot \sin \beta - gt_A, \quad (3.9)$$

якщо $V_y=0$ тоді

$$V_0 \cdot \sin \beta - gt_A = 0 \Rightarrow t_A = \frac{V_0 \sin \beta}{g}, \quad (3.10)$$

де β – кут підкидання до горизонту, з відомих міркувань, $\beta=45^0$,

$$t_{Amax} = \frac{V_{max} \cdot \sin \beta}{g} = \frac{18,42 \cdot \sin 30^0}{9,8} = 0,94c,$$

$$t_{Amin} = \frac{V_{min} \cdot \sin \beta}{g} = \frac{13,15 \cdot \sin 30^0}{9,8} = 0,67c.$$

Отже віддаль, яку пролетить частинка вздовж осі X досягне максимальної висоти і буде становити

$$L_{Amax} = t_{Amax} \cdot V_{max} \cdot \cos \beta, \quad (3.11)$$

$$L_{Amax} = 0,94 \cdot 18,42 \cdot \cos 30^0 = 15,00m,$$

$$L_{Amin} = t_{Amin} \cdot V_{min} \cdot \cos \beta, \quad (3.12)$$

$$L_{Amin} = 0,67 \cdot 13,15 \cdot \cos 30^0 = 7,63m.$$

При цьому висота підйому частинки [4]

$$H_{max} = \frac{g_{max}^2 \cdot \sin^2 \beta}{2g}, \quad (3.13)$$

$$H_{max} = \frac{18,42^2 \cdot \sin^2 30^0}{2 \cdot 9,8} = 4,33m,$$

$$H_{min} = \frac{g_{min}^2 \cdot \sin^2 \beta}{2g}, \quad (3.14)$$

$$H_{min} = \frac{13,15^2 \cdot \sin^2 30^0}{2 \cdot 9,8} = 2,2m,$$

Тоді час падіння частинки

$$t_{max} = \sqrt{\frac{2(H + H_{max})}{g}}, \quad (3.15)$$

де H – висота встановлення розкидних дисків, м,

$$t_{max} = \sqrt{\frac{2(0,7 + 4,33)}{9,8}} = 1,01c,$$

$$t_{min} = \sqrt{\frac{2(H + H_{min})}{g}}, \quad (3.16)$$

$$t_{min} = \sqrt{\frac{2(0,7 + 2,2)}{9,8}} = 0,77 \text{ c}.$$

Отже остаточно дальність польоту частинки

$$L_{max} = L_{Amax} + V_{max} \cdot \cos \beta \cdot t_{max}, \quad (3.17)$$

$$L_{max} = 15 + 18,42 \cdot \cos 30^0 \cdot 1,01 = 31,16 \text{ м},$$

$$L_{min} = L_{Amin} + V_{min} \cdot \cos \beta \cdot t_{min}, \quad (3.18)$$

$$L_{min} = 7,63 + 13,15 \cdot \cos 30^0 \cdot 0,77 = 16,39 \text{ м}.$$

Враховуючи, що під час руху частинки у вільному падінні існує опір повітря, а також подвійне перекриття приймемо, що робоча ширина розкидача буде змінюватись від 30м до 15м, коли кут α встановлення лопатки змінюється від 0 до 90°.

3.3.3. Розрахунок шпонкового з'єднання

Метою розрахунку є перевірка шпонки на зминання і зріз в місці, де діаметр вала найменший.

Вихідні дані для розрахунку:

- найбільший допустимий кратний момент, $M_{кр.мах}$, Н·м;
- робоча довжина шпонки, $l=30$ мм;
- діаметр вала, $d=20$ мм;
- ширина і товщина шпонки, $b=8$ мм, $h=8$ мм;
- виступ шпонки від шпон очного пазу, $K=3$ мм;
- допустиме напруження на зминання, $[\sigma_{см}]=1,5 \cdot 10^8$ Па;
- допустиме напруження на зріз, $[\tau_{см}]=2,5 \cdot 10^8$ Па;
- поверхня з твердістю $\leq$ HB 240.

Для розрахунку приймаємо навантаження на шпонку по всій довжині рівномірною.

Робочі грані перевіряють на зминання, d січення С-С на зріз (рис 3.3).

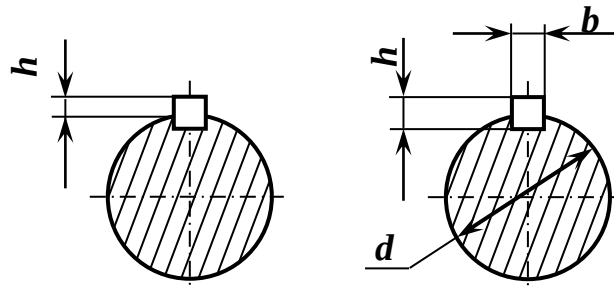


Рис. 3.3. Розрахункова схема

Умова міцності на зминання [7]

$$[M_{кр.маx}] = 0,5d \cdot K \cdot l \cdot [\sigma_{см}], \quad (3.19)$$

Отже

$$[M_{кр.маx}] = 0,5 \cdot 0,02 \cdot 0,003 \cdot 0,03 \cdot 15 \cdot 10^8 = 135 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Умова міцності січення С-С на зрізі

$$[M_{кр.маx}] = 0,5(d + K) \cdot b \cdot l \cdot [\sigma_{см}], \quad (3.20)$$

Отже

$$[M_{кр.маx}] = 0,5(0,02 + 0,003) \cdot 0,008 \cdot 0,03 \cdot 2,5 \cdot 10^8 = 690 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальний крутний момент визначається за формулою потужності:

$$N = M \cdot \omega, \quad (3.21)$$

де N – потужність на привід розкидного диска,

$$M = \frac{4000}{55} = 72,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

В нашому випадку умова міцності на зминання виконується, так як $[M_{кр.маx}] > M_{кр.}$

Звідси слідує, що дане шпонкове з'єднання забезпечить передачу крутного моменту необхідного для привода розкидного диска.

Висновки за 3 розділом

1. Для підвищення якості внесення мінеральних добрив розробили нові розкидні диски до розкидача мінеральних добрив МВУ-5. За рахунок впровадження дисків з рухомими лопатками досягнули простішого регулювання норми внесення та підвищення рівномірності внесення зі збільшенням перекриття між сусідніми проходами.

2. Розраховані основні конструктивні та технологічні параметри запропонованих розкидних дисків: максимальний радіус обертання крайньої точки лопатки змінюється в межах від 0,239 м до 0,335 м, при цьому кут відхилення лопатки від радіального положення відповідно змінюється від 0 до 90°; дальність польоту частинки при зміні радіуса розкидання змінюється в межах від 15 м до 30 м.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення охорони праці в рослинництві

Охорона праці в Україні є важливим державним завданням, тому, що в кожній державі проводиться велика робота по охороні здоров'я і життя.

Охорона праці механізаторів при механізації виробництва кукурудзи на силос, має велике значення. Зростаюче технічне оснащення, енергоозброєність, механізація; у механізації висовують все більш високі вимоги до системи машин, механізації, організації і охорони праці, а також до правил техніки безпеки механізаторам при використанні машинно-тракторного парку. Необхідні новини при роботі з сучасними високопродуктивними машинами, дотримуючись правил виробничої санітарії і користуючись засобами особистого захисту.

Головним завданням охорони праці при механізації вирощування кукурудзи на силос являється як найшвидше усувати несправності машин, несприятливих умов на робочих місцях.

При механізації вирощування кукурудзи на силос ставляться вимоги:

Перед початком руху агрегатів, повинні бути правими, відрегульованими, змащеними всі основні вузли машинно-тракторного агрегату. Трактор і сільськогосподарські машини повинні бути обладнані двохсторонньою аварійною сигналізацією, вогнегасником, мітлою, лопатою, інструментами, аптечкою першої медичної допомоги.

4.2. Охорона праці при роботі на машино-тракторному агрегаті

Вимоги безпеки перед початком роботи

Привести в належний порядок спеціальний одяг:

- застебнути обшлаг рукавів;
- заправити одяг так що б не було звисаючих кінців;
- надіти облягаючий головний убір та підібрати під нього волосся.

Оглянути і привести в порядок робоче місце, прибрати з полу кабіни сторонні предмети, вичистити кабіну трактора і прилади від пилу, грязі та мастила.

При запуску двигуна важіль скриньки зміни передач поставити в нейтральне положення.

Перевірити роботу двигуна, сигналізації, освітлення, гідросистеми а також роботу машин агрегованих з трактором сільськогосподарською машиною.

Поставити трактор для зчіпки чи навішування з сільськогосподарською машиною на малих обертах двигуна, без ривків, незнімаючи ноги з педалі муфти зчеплення, при цьому уважно слідкувати за діями працівника який виконує зчіпку чи навішування.

Всі операції пов'язані з технічним обслуговуванням машин, усуненням несправностей, а також підготовкою трактора до роботи виконувати при заглушеному двигуні.

Вимоги безпеки під час роботи.

Перед рушанням з агрегату:

Переконатися в відсутності людей під трактором, агрегатованою машиною чи знаряддям, а також між ними та попереду.

Подати звуковий сигнал про початок руху.

Під час руху агрегату:

Слідкувати за роботою агрегату і окремих його вузлів, при виникненні перебоїв в роботі двигуна, ненормального шуму чи стуку негайно зупиняти агрегат встановити причину та виправити її.

Вести нагляд за зоною обробітку.

Бути особливо уважним на поворотах, при проїзді по обочинах доріг, ярів, не наїжджати на скирди соломи, сіна, кущі.

Не залишати начіпку машин у в транспортному положенні під час довгострокових зупинок агрегату.

Машинно-тракторний агрегат повинен мати засоби для очистки робочих органів.

Вимоги безпеки по закінченню роботи.

Привести агрегат на місце стоянки. Поставити всі важелі в нейтральне положення та очистити робочі органи.

Провести огляд трактора і плуга та очистити від пилу та грязі.

Зняти та привести в порядок спецодяг, вимити руки, лице або прийняти душ.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

Під час виникнення нещасного випадку надати потерпілому першу допомогу, викликати швидку медичну допомогу та повідомити керівника робіт.

4.3. Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу внесення мінеральних добрив

Технологічний процес передбачає виконання наступних операцій:

- змішування і навантаження мінеральних добрив у транспортний засіб;
- транспортування мінеральних добрив;
- завантаження мінеральних добрив у розкидач;
- внесення мінеральних добрив.

При виконанні наведених операцій внесення мінеральних добрив нами обґрунтовано по операційно можливі травмонебезпечні чинники.

Змішування і навантаження мінеральних добрив у транспортний засіб:

- відсутність захисних кожухів на завантажувальному транспорті;

- відсутність засобів дальнього захисту у працівників;
- знаходження сторонніх осіб у зоні навантаження.

Транспортування мінеральних добрив:

- технічна несправність транспортного засобу;
- невиконання правил дорожнього руху.

Завантаження мінеральних добрив у розкидач:

- перевантаження розкидача;
- відсутність засобів дальнього захисту.

Внесення мінеральних добрив:

- знаходження сторонніх осіб у зоні розкидача;
- несправність гідросистеми трактора.

Виявлені нами чинники травмонебезпечних ситуацій дозволять уникнути нещасних випадків при внесенні мінеральних добрив.

На основі проведеного структурно-функціонального аналізу технологічного процесу внесення мінеральних добрив нами розроблено моделі травмонебезпечних і аварійних ситуацій при внесенні мінеральних добрив, які представлені у вигляді таблиці 4.1.

4.4. Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу

4.4.1. Розрахунок стійкості агрегату при роботі на схилах

Для запобігання перекидання агрегату при роботі на схилах необхідно визначити гранично допустимий кут перекидання. Розрахунок виконується в наступній послідовності.

Визначаємо початок перекидання, який відповідає рівності моментів сил, що діють на трактор відносно точки перекидання 1 [13]:

Таблиця 4.1

Аналіз процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій при внесенні мінеральних добрив

Вид технологічної операції	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечних ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Внесення мінеральних добрив (МТЗ+МВУ-5)	Знаходження машини в піднятому положенні (НУ ₁). Забивання робочих органів мінеральними добривами (НУ ₂).	Знаходження обслуговуючого персоналу в зоні завантаження (НД ₁). Очищення робочих органів в процесі роботи (НД ₂).	Самовільне опускання розкидача (НС ₁). Захоплення верхнього одягу тракториста-машиніста робочими органами розкидача (НС ₂)	Травма Т _{1,2,3}	Забороняється завантаження мінеральних добрив у піднятому положенні транспортера. З працівникам и повинен бути проведений інструктаж з техніки безпеки при внесенні мінеральних добрив.
Модель процесу: $\begin{array}{l} \text{НУ}_1 \longrightarrow \text{НД}_1 \\ \text{НУ}_2 \longrightarrow \text{НД}_2 \end{array} \begin{array}{l} \nearrow \\ \nearrow \end{array} \text{Т}_{1,2,3}$					

$$P_B \cdot h_u = G_T \frac{B}{2}, \quad (4.1)$$

У цей момент відцентрову силу визначаємо за формулою

$$P_B = \frac{G_T \cdot \mathcal{J}^2}{g \cdot R} = \frac{3160 \cdot 4,31^2}{9,8 \cdot 3,8} = 1576,27 \text{ Н.}$$

Тоді швидкість руху трактора на повороті, при якій починається перекидання, можна визначити за формулою:

$$\mathcal{J}_{\max} = \sqrt{\frac{B \cdot R \cdot g}{2h_u}}, \quad (4.2)$$

Боковому ковзанню коліс при цьому буде протидіяти сила бокового зчеплення коліс з дорогою P_D , яку визначають за формулою:

$$P_D = G_T \cdot \varphi, \quad (4.3)$$

$$P_D = 3160 \cdot 0,5 = 1580.$$

З умови рівноваги між відцентровою силою бокового зчеплення з дорогою

$$\frac{G_T \cdot \mathcal{J}^2}{g \cdot R} = G_T \cdot \varphi \quad (4.4)$$

визначимо швидкість руху на повороті, при якій виникає початок зносу (ковзання) [14]

$$\mathcal{J}_3 = \sqrt{R \cdot g \cdot \varphi}, \quad (4.5)$$

$$\mathcal{J}_3 = \sqrt{3,8 \cdot 9,8 \cdot 0,5} = 4,31 \text{ м/с}.$$

де h_u – висота центру ваги трактора, м;

B – ширина колії, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

G_m – маса трактора, кг;

R – радіус повороту;

$\mathcal{J}$ – швидкість руху, м/с;

φ – коефіцієнт поперечного зчеплення коліс з дорогою.

Якщо трактор рухається по дорозі з поперечним нахилом, то з умови рівноваги сил, які діють на нього відносно осі, що проходить через точки опори правих коліс, можна записати

$$\sum RB + G_T h_u \sin \beta - G_T \frac{B}{2} \cos \beta = 0, \quad (4.6)$$

де $\sum R$ – сума нормальних реакцій на лівих колесах, кг;

G_T – повна маса трактора, кг.

На початку перекидання нормальні реакції на лівих колесах дорівнюють нулю ($\sum R=0$). Тоді буде спостерігатись рівність

$$G_T h_u \sin \beta = G_T \frac{B}{2} \cos \beta, \quad (4.7)$$

або

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{B}{2 \cdot h_u} = \frac{1,4}{2 \cdot 1,4} = 0,5,$$

$$\beta = 27^\circ.$$

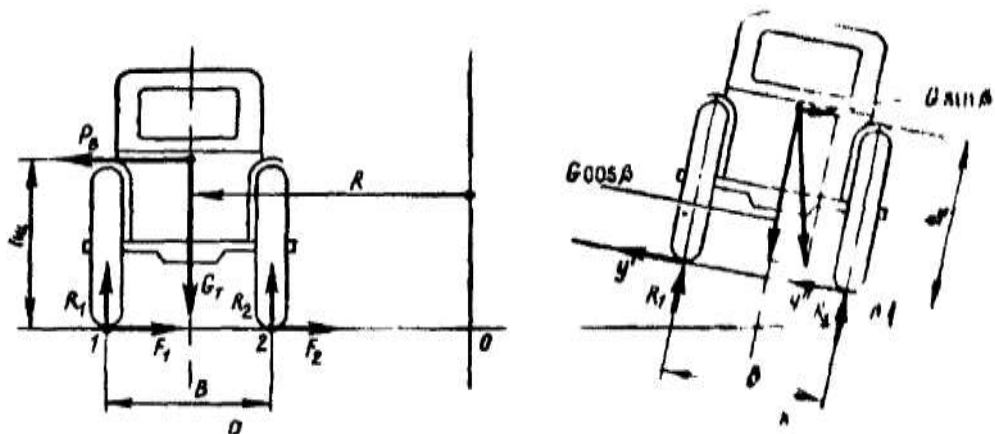


Рис. 4.1. Схема сил, що діють на трактор: а – при повороті; б – на схилі

4.4.2. Правила безпеки праці при внесенні мінеральних добрив

Загальні вимоги безпеки:

- до роботи допускають осіб не молодше 18 років, які пройшли навчання, інструктаж з техніки безпеки і медичний огляд;
- працівників на машинах для внесення добрив необхідно забезпечити засобами індивідуального захисту.

Вимоги перед початком роботи:

- для працівників, які працюють з мінеральними добривами, як профілактичний захід проти їх шкідливої дії на організм є правильний підбір продуктів і режим харчування;

- працюючим рекомендується приймати їжу не менше трьох разів на добу. При цьому слід більше споживати напоїв. Приблизно добова норма рідини, включаючи супи, 6-7 склянок чаю або компоту, киселю, води чи молока, повинна становити не менше 2,5-3л;

- перед внесенням мінеральних добрив обов'язково перевіряють технічний стан машин, звернувши особливу увагу на справність робочих органів, системи гальмування, органів керування, систем освітлення і сигналізації.

Вимоги під час роботи:

- під час завантаження мінеральних добрив в тракторний розкидач,

- тракторист повинен вийти з кабіни, щоб на нього не потрапили добрива;

- напрямок руху розкидачів по полю вибирають з таким розрахунком, щоб вітер був збоку. При цьому на розкидачах рекомендується застосовувати поворотні сопла, керують якими з кабіни.

Вимоги після роботи:

- після закінчення роботи необхідно вазеліном видалити з шкіри сліди добрив, прийняти душ.

4.5 Пожежна безпека та виробнича санітарія

За дотримання заходів пожежної безпеки несе відповідальність керівник підприємства. Для надання допомоги в пожежогасінні на підприємстві організовують пожежні дружини. Із спеціальними засобами

пожежогасіння працює бойовий склад що входить до складу добровільної пожежної дружини (ДПД).

Для запобігання займанню двигунів внутрішнього згорання проводиться щоденне технічне обслуговування, підтягують кріплення, очищають поверхні від забруднення оливою і рослинними залишками, стежать за кріпленням захисних щитків. На польових роботах техніка забезпечується іскрогасниками [14]. Для механізованих ланок бригад проведемо по нормативах розрахунок протипожежних засобів і результати занесемо в таблицю 4.2 [21].

Таблиця 4.2. Розрахунок кількості засобів пожежогасіння

Об'єкти	Кількість персоналу	Кількість засобів			
		вогнегасник ОХП-10	вогнегасник ОХП-5	Пожежний щит	лопати
1. Тракторні агрегати	34	-	34	-	34
2. Польовий стан	5	5	-	1	-
3. Машинний двір	1	2	1	2/1	2/2
4. Електрощитова	2	1	-	-	-

При роботі передпускового підігрівача не слід без нагляду залишати трактор. Для виключення перегрівання, котел необхідно прокачати протягом 1,5...2 хвилин після виключення.

Необхідно виконати об'єкти:

- місця зберігання нафтопродуктів смугою не менше 3 м;
- загороди і ділянки при збиранні зернових;
- стоянку машин на полі;
- скирти і стоги.

Не допускається паління в не відведених місцях, розведення вогнищ і застосування факелів для підігрівання двигунів. Місця паління обладнали

бочками з водою, урнами і ящиками з піском. Пожежний щит повинен включати;

- два багри на довгих державках;
- два ломы і сокири пожежників;
- два вогнегасники;
- чотири пожежні відра;
- ящик з піском.

Для сповіщення про пожежу на перекладині підвішують шматок сталевий рейки або барабан видаючий дзвінкий сильний звук при ударі. Пожежні місткості мають бути заправлені водою і забезпечені гідратом з муфтами для швидкого підключення пожежного рукава. У побутових приміщеннях майстерень, гаражів, ферм, бригад необхідно будувати гардероб. Рекомендується норма площі вбиральні на одного працюючого – 0,8 м. Кількість шаф повинна, по нормах, відповідати добовому складу механізаторів в напружений сезон виробничої експлуатації агрегатів.

Таблиця 4.3 – Вихідні дані і результати розрахунків санітарно-побутових приміщень і пристосувань

Назва приміщень	Од. виміру	Кількість людей(об'єктів)	норматив	Значення (площа, кількість)
Кімната відпочинку	м ²	34	1,2, але не менше 8 м ²	40,8
Душова	число душових сіток	34	Одна сітка на 5 чоловік	10
Медична аптечка	шт.	34	одна на агрегат	34
Умивальник	кількість кранів	34	1 кран на 30 чоловік	5
Туалет	кількість	34	1 на 30 чоловік	3
Питна вода	кількість	34	Кран на 100 чоловік	3

Шафи мають бути з двома відділеннями:

- для спецодягу;
- для особистого одягу.

Розмір кожного відділення шафи:

- висота, 165 см;
- ширина, 25 см;
- глибина, 50см;
- прохід між лавкою і шафою має бути рівною 90 см;
- відстань між лицьовими поверхнями шаф і стіною 1,2м,

Кількість кранів в умивальних розраховують відповідно до кількості працюючих з урахуванням розрахункового числа однієї людини на один кран. Туалет необхідно розташовувати на території не ближче 25м від виробничих і побутових приміщень. Початкові дані і результати розрахунків санітарно-побутових приміщень і пристроїв представлені в таблиці 4.3.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ МВУ-5

Удосконалений розкидач мінеральних добрив МВУ-5 призначений для транспортування та розкидання гранульованих мінеральних добрив. Розкидач забезпечує суцільне внесення добрив перед основним обробітком (оранкою) або перед поверхневим ранньою весною після оранки на зяб. Удосконалений розкидач МВУ-5 оснащений розробленими розкидними дисками, які забезпечують більш рівномірне внесення добрив по площі та дозволяють підвищити продуктивність порівняно з базовим варіантом за рахунок збільшення ширини захвату.

Отже, економічна ефективність удосконаленого розкидача мінеральних добрив МВУ-5 буде розрахована порівняно з існуючою конструкцією, яка включає звичайні розкидні диски з жорстко закріпленими лопатками.

Враховуючи зміну цін на техніку, паливо-мастильні матеріали, сільськогосподарську продукцію, а також зміну нормативів на заробітну плату, дані показники вважаються реальними для умов можливого використання удосконаленого розкидача МВУ-5. Тобто, економічна оцінка розкидача мінеральних добрив проводиться у випадку його можливого використання під час внесення добрив в проєктному підприємстві. Розрахунок здійснюється згідно з запропонованою методикою в наступній послідовності. На основі експлуатаційних показників роботи удосконаленої і базової машин, нормативно-довідкових матеріалів, реальних цін на трактори і сільськогосподарську техніку, паливо-мастильні матеріали та інше, заповнюється таблиця вихідних даних для визначення економічної ефективності.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності удосконаленого розкидача мінеральних добрив наведені в

табл. 5.1, де враховані тільки показники, що відносяться до технологічного процесу внесення добрив і впливають на економічний ефект.

Аналіз економічної ефективності проводиться на ПЕОМ з використанням програми на мові «gwbasic» [17].

Таблиця 5.1.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності удосконаленого розкидача мінеральних добрив

<i>ПОКАЗНИКИ</i>	МТЗ-80 + МВУ-5	
	Базовий	удосконалений
Продуктивність агрегату або машини за годину змінного часу: га	4,57	6,32
Балансова вартість (середня порайонну машин вік яких не перевищує 10 років), грн.:		
машини	42000	44000
трактора	120000	120000
Річне завантаження, год.:		
машини	110	110
трактора	1200	1200
Чисельність виробничого персоналу, чол.:		
основного	1	1
Годинні тарифні ставки, грн/люд.год :		
основного персоналу	52	52
Коефіцієнт, що враховує доплати:		
основного персоналу	1,1	1,1

Продовження таблиці 5.1

Коефіцієнт відрахувань на реновацію: трактора машини	0,12 5 0,14	0,125 0,14
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування трактора машини	0,22 0,17	0,22 0,17
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт: трактора машини	0,04 —	0,04 —
Витрата паливо-мастильних матеріалів, кг/га	0,96	1,17
Ціна 1 кг палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, що припадає на 1 кг палива, грн	22,5	22,5
Затрати на зберігання, що припадають на 1 годину експлуатаційного часу, грн/год: трактора машини	2,2 1,5	2,2 1,5
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладів	0,15	
Коефіцієнт гарантій споживу економічного ефекту	0,95	
Коефіцієнт переведення оптової ціни в балансу	1,1	

Розрахунок економічної ефективності проводиться на ПЕОМ з використанням програми, що розроблена на мові “gwbasic” на кафедрі сільськогосподарських машин.

У діалоговому режимі з машиною вихідні дані з таблиці 5.1. заносяться в програму. Показники економічної ефективності виводяться на друкуючий пристрій, та заповнюється таблиця 5.2. результатів розрахунку економічної ефективності.

Таблиця 5.2

Показники економічної ефективності використання удосконаленого
розкидача мінеральних добрив МВУ-5

<i>Показники</i>	МТЗ-80 + МВУ-5	
	Базовий	Удосконалений
1. Річне напрацювання, га	502,7	695,2
2. Прямі затрати (грн./га) на:		
— оплату праці	12,88	12,08
— паливо-мастильні матеріали	20,73	26,32
— технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт	19,89	14,87
— реновацію	14,43	10,83
— інші прямі затрати	0,8	0,58
— всього прямих затрат	68,73	64,68
3. Капітальні вкладення, грн./га	105,43	79,11
4. Зведені затрати, грн./га	63,69	47,82
5. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	—	11032

Продовження таблиці 5.2

6. Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби нової машини, грн	—	38041
7. Верхня межа ціни нової машини, грн	—	125583
8. Лімітна ціна нової машини, грн	—	120853
9. Затрати праці, люд.-год/	0,21	0,15
10.Річна економія праці, люд-год.	—	41,71
11. Ступінь зменшення затрат (в %)		
– праці	—	28,57
– прямих затрат	—	24,89
– зведених затрат	—	24,91
– капіталовкладень	—	24,96

Отримані результати розрахунку свідчать про доцільність використання удосконаленого розкидача мінеральних добрив, що оснащений розробленими розкидними дисками з рухомими лопатками порівняно з базовим розкидачем МВУ-5.

Спостерігається зменшення на один гектар виконаної роботи: прямих затрат на 24,89 %; зведених затрат – 24,891 %; капіталовкладень – 24,96 %; затрат праці – 28,57 %.

Річний економічний ефект від використання удосконаленого розкидача мінеральних добрив МВУ-5 становить 11032 грн. за умови річного напруцювання 695,2 гектара.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Для внесення мінеральних добрив під озиму пшеницю запропоновано використати розкидач мінеральних добрив МВУ-5 на якому змонтовано розроблені розкидні диски. При цьому запропонована прямоточна система, за якої розкидач забезпечує транспортування та внесення добрив.

2. Основні техніко-економічні показники виконання операції внесення добрив розкидачем МВУ-5 становлять: продуктивність агрегату за зміну – 44,28 га/зм; витрата палива – 1,17 кг/га; затрати праці – 0,15 люд.год/га прями експлуатаційні затрати – 64,68 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 47,27 грн/га.

3. Для підвищення якості внесення мінеральних добрив розробили нові розкидні диски до розкидача мінеральних добрив МВУ-5. За рахунок впровадження дисків з рухомими лопатками досягнули простішого регулювання норми внесення та підвищення рівномірності внесення зі збільшенням перекриття між сусідніми проходами.

4. Розраховані основні конструктивні та технологічні параметри запропонованих розкидних дисків: максимальний радіус обертання крайньої точки лопатки змінюється в межах від 0,239 м до 0,335 м, при цьому кут відхилення лопатки від радіального положення відповідно змінюється від 0 до 90°; дальність польоту частинки при зміні радіуса розкидання змінюється в межах від 15 до 30 м.

5. Шляхом аналізу стану охорони довкілля в господарстві виявлені недоліки і подані пропозиції для їх усунення, а також розглянуті питання охорони праці під час виконання операції внесення мінеральних добрив.

6. Виконано розрахунок економічної ефективності удосконаленого розкидача мінеральних добрив МВУ-5, що оснащений розробленими розкидними дисками порівняно з базовим. Річний економічний ефект від запровадження буде становити 11032 грн. в цінах на 1.05.2021 року, за умови річного напрацювання 695,2 га.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Щур М.І. та ін. Підвищення ефективності зернового господарства. – К.: Урожай, 1986. – 152 с.
2. Табашникова А.Т. Оптимизация уборки зерновых и кормовых культур. – М.: Агропромиздат, 1985. – 159 с.
3. 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. – 464 с.
4. Сільськогосподарські машини: Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів / В.Я. Рибарук, І.І. Ріпка. – Львів: ЛДАУ, 1998. – 264 с.
5. Фере Н.Э. и др. Пособие по эксплуатации машино-тракторного парка. – М.: Колос, 1978. – 256 с.
6. Диденко Н.К. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – К.: Высшая шк., 1977. . – 344 с.
7. Иофинов С.А., Лишко Г.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1984. – 351 с.
8. Гречкосій В.Д. і ін. Довідник сільського інженера. – К.: Урожай, 1988. – 360 с.
9. 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. – 544 с.
10. Иофинов С.А. и др. Справочник по эксплуатации машинно-тракторного парка. – М.: Агропромиздат, 1985. – 272 с.
11. Гаврилюк Г.Р. Практикум з технологічної наладки та усунення несправностей сільськогосподарських машин. – К.: Урожай, 1995. 144 с.
12. Лурье А.Б. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин . – М.: Машиностроение, 1977 . – 257 с.

13. Лехман С.Д., Рубль В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. – :Урожай, 1993. – 270 с.
14. Назарук Ю.А. Основи екології та соціології. – К.: Лібра, 2016. – 252 с.
15. Злобін Ю.А. Основи екології. – К.: Лібра, 2017. – 248 с.
16. Охрана природы / А.Г. Банников и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 287 с.
17. <https://agro-smart.com.ua/product/mvu-5-rum-5-rozkidach-mineralnih-dobriv>
18. Експлуатація машин і обладнання: навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
19. Практикум із машиновикористання в рослинництві: навчальний посібник /А.С.Лімонт, І.І.Мельник, А.С.Малиновський, В.В.Марченко, В.Л.Гуз, І.М.Грищенко / За ред. І.І.Мельника – К.: Кондор. – 2004. – 284 с.