

**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: **«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВНЕСЕННЯ
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ
ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОЗКИДАЧА З
УДОСКОНАЛЕНИМИ РОЗКИДНИМИ ДИСКАМИ»**

Виконав: студент 4 курсу групи Аін-41
спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Вихопень Юрій Петрович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Олег КРУПИЧ
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 631.3.004:633.1

Вихопень Ю. П. Підвищення ефективності внесення мінеральних добрив під час вирощування озимої пшениці із використанням розкидача з удосконаленими розкидними дисками. Вихопень Ю. П. Дипломний проєкт. Дубляни: кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Семковича О.Д. Львівського НУП, 2024.

Дипломний проєкт: 54 с. текст, част., 5 рис, 2 табл., 6 арк. формату А1, 27 джерел.

Проведено аналіз технологій вирощування озимої пшениці. Запропоновано покращити ефективність виконання операції внесення мінеральних добрив розкидачем МВУ-5. Розраховані основні техніко-економічні показники операції внесення мінеральних добрив та розроблена операційна карта.

Запропонований розкидний диск до розкидача мінеральних добрив МВУ-5 дає змогу підвищити продуктивність агрегату та підвищити якість виконання операції. Обґрунтовано основні кінематичні та конструктивні параметри розробленого розкидного диска.

Виконано розрахунок економічної ефективності розкидача мінеральних добрив МВУ-5, що оснащений розробленими розкидними дисками.

Розглянуті питання охорони праці під час виконання операції внесення мінеральних добрив та розроблено правила техніки безпеки під час роботи на запропонованому агрегаті, а також проведено аналіз охорони довкілля в господарстві.

ЗМІСТ

	стор
Вступ	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ	8
1.1. Особливості вирощування озимої пшениці	8
1.2. Агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги внесення мінеральних добрив.....	9
1.2. Організація і технологія виконання операції внесення мінеральних добрив.....	11
Висновки.....	12
2. РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЇ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ	13
2.1. Розрахунок тягових характеристик агрегату	13
2.2. Розрахунок параметрів роботи агрегату в полі	16
2.4. Експлуатаційні затрати під час роботи агрегату	21
Висновки.....	24
3. УДОСКОНАЛЕННЯ ДИСКОВОГО РОЗКИДНОГО ПРИСТРОЮ РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	24
3.1. Огляд існуючих розкидних дисків	24
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	31
Висновки.....	33
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	33
4.1. Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу внесення мінеральних добрив	33
4.2. Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу.....	32
4.2.1. Розрахунок стійкості агрегату при роботі на схилах	35
4.2.2. Правила безпеки праці при внесенні мінеральних добрив	37

5.	ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	39
5.1.	Охорона та раціональне використання ґрунтів	40
5.2.	Охорона та ефективне використання водних ресурсів	41
5.3.	Охорона атмосферного повітря	42
5.4.	Зберігання і використання паливно-мастильних матеріалів.....	43
5.5.	Охорона рослинного і тваринного світу	43
5.6	Шляхи покращення екологічного стану господарства при експлуатації об'єкту дослідження. Висновки і пропозиції.....	43
6.	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	46
	Висновки і пропозиції	50
	Бібліографічний список	52

ВСТУП

Сучасний стан розвитку сільськогосподарського виробництва характеризуються перехідними процесами, обумовленими зміною форм власності на землю, зменшення державних замовлень на продукцію рослинництва, формуванням приватних, орендних та індивідуальних господарств. Внаслідок цього відбувається перегляд структури посівних площ окремих культур. Але й надалі особливе місце займатиме пшениця, що має велике народногосподарське значення, як харчова та продовольча культура та агротехнічне значення, як хороший попередник під інші сільськогосподарські культури.

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 [19].

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

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

1.1. Особливості вирощування озимої пшениці

Пшениця є основною зерновою культурою, яка вирощується в Україні незалежно від погодних та економічних умов.

Технологія вирощування зерна, озимої пшениці, як і будь-якої іншої сільськогосподарської культури, ефективна лише за умови злагодженої роботи в системі. Вона передбачає: збалансовану систему живлення, збалансований стан агрофітоценозу, раціональний обробіток ґрунту та збирання врожаю.

Сучасні високоврожайні сорти озимих зернових характеризуються підвищеними вимогами до попередників, родючості ґрунту, водозабезпеченості та чистоти поля без бур'янів. Суворе дотримання всіх без винятку агротехнічних прийомів забезпечує високі врожаї з належною якістю зерна. Основою всього технологічного комплексу заходів з вирощування озимих зернових є якісна підготовка ґрунту.

Обробіток ґрунту озимих культур необхідно диференціювати залежно від ґрунтово-погодних умов, попередників, строків збирання врожаю, польового господарства та технічного забезпечення підприємства [14, 26].

Озима пшениця орієнтується на наявність поживних речовин у ґрунті та реакцію ґрунтового середовища. Кількість добрив розраховують з урахуванням попередника, механічного складу ґрунту, забезпеченості поживними речовинами та запланованого врожаю. Основним завданням обробітку ґрунту є накопичення та збереження вологи для отримання повноцінних сходів, гарного розвитку та вкорінення рослин з осені. Розміщення озимої пшениці після себе значно знизить урожайність. Добрими попередниками є рано зібрані культури. Тоді на полях буде менше бур'янів, менше шансів поширювати хвороби та шкідників, а ґрунт буде багатий легкозасвоюваними поживними речовинами. Серед попередників —

багаторічні та однорічні трави, бобові, кукурудза на зелений корм, а також гречка, кукурудза на силос, ріпак, рання та середньостигла картопля. Пшеницю можна сіяти після вівса, оскільки вона не схильна до корневих гнилей і залишає якісні поживні залишки порівняно з іншими зерновими. Коли під впливом корисної мікрофлори більшість хвороб і шкідників буде видалено з ґрунту, через два роки можна пересівати поля озимою пшеницею.

Посів здорового насіння є важливою передумовою високого врожаю. Уражене зерно є основним джерелом багатьох шкідливих мікроорганізмів (сажі, кореневої, стеблової гнилі тощо). Тому потрібно зробити все, щоб ця інфекція не призвела до загибелі наступного врожаю. Оздоровлення насіння досягається шляхом протруєння хімічними речовинами (інсектицидами), ефективними проти інфекцій і хвороб. З природоохоронної точки зору протруєння насіння є найбільш екологічно прийнятним методом захисту рослин. Необхідно дотримуватися рекомендованих норм внесення препарату. Якщо вони замалі, бажаного ефекту не буде досягнуто, а завищення норми призведе до зниження схожості насіння [14, 26].

Догляд за посівами включає внесення азотних добрив і захист від шкідників, хвороб і бур'янів.

1.2. Агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги внесення мінеральних добрив

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 [13, 14].

Агротехнічні вимоги [6, 13, 14]:

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.

1.3. Організація і технологія виконання операції внесення мінеральних добрив

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 [6, 13, 14].

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 [6, 13, 14].

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.

Висновки

Описано особливості вирощування озимої пшениці, а також агробіологічні особливості та агротехнічні вимоги внесення мінеральних добрив.

Для внесення мінеральних добрив під озиму пшеницю запропонована прямоточна технологія, за якої розкидач забезпечує транспортування та внесення добрив.

2. РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЇ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

2.1. Розрахунок тягових характеристик агрегату

Для виконання операції запропоновано використовувати розкидач МВУ-5, агрегований трактором КИЙ-14102 (тяговий клас 1,4). Оскільки технологія внесення мінеральних 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 [1]:

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

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^H – 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, м³;

ρ_n – щільність вантажу, т/м³;

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

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

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

Коефіцієнт використання вантажопідйомності

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

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

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 [4-6]:

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

де i – максимальний кут піднімання, град,

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

Згідно технічної характеристики вибираємо п'яту передачу для якої $v_m = 10,5$ км/год, а $P_z^H = 11,5$ 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:

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

де R_m , $R_{ввн}$ – 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:

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

де N_{np} – потужність приводу, кВт;

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

η_c – коефіцієнт силової передачі;

η_{tr} – коефіцієнт трансмісії,

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

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

А також $R_{azp} = 2,97 \text{ кН}$.

Визначимо коефіцієнт використання гакового зусилля за формулою [1,6]:

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

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

Визначимо коефіцієнт використання потужності трактора за формулою:

$$\eta_n = \frac{N_{zak} + N_{\text{ввн}}}{N_e},$$

де N_e – ефективна потужність двигуна, кВт,

Гакова потужність [1,6]

$$N_{zak} = \mathcal{G} \cdot R_{azp}, \quad (2.11)$$

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

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

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.

2.2. Розрахунок параметрів роботи агрегату в полі

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) [1]:

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

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 [1]:

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

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 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 [1]:

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

де L – довжина загінки, м.

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

Довжина холостого повороту [1]:

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

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

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

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

де t_u – час навантаження розкидача, год;

$t_{роз}$ – час розвантаження, год;

$t_{p.в}$ – час руху з вантажем, год;

$t_{p.бв}$ – час руху без вантажу, год;

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

Тривалість навантаження

$$t_n = \frac{Q}{W_p} + t_{н.в.}, \quad (2.21)$$

де W_p – продуктивність навантажувача, т/год;

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

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

Тривалість розвантаження залежить від запасу ходу агрегату за технологічною ємністю, тобто [1]:

$$t_{роз} = \frac{L_3}{g_p}, \quad (2.22)$$

де L_p – запас ходу агрегату за технологічною ємністю, м,

$$L_3 = \frac{10^4 g}{B_p Q_n}, \quad (2.23)$$

де g – вміст бункера, т;

Q_n – норма внесення добрив, т/га,

$$L_3 = \frac{10^4 \cdot 5}{30 \cdot 0,9} = 1851,85 \text{ м.}$$

Тоді

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

Враховуючи, що швидкість руху агрегату без вантажу буде 26 км/год, а з вантажем 10 км/год, то при відстані перевезення 4 км, отримаємо [1]:

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

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 [1]

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

де g_x – швидкість руху агрегату при поворотах, $g_{x_2} = 2$ 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-заключний 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

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

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

Приймаємо $n_{ц} = 8$.

Чистий робочий час за зміну:

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

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

Час на внесення добрив [1]

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

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

Дійсний час зміни [1]

$$T_{\delta} = t_{ц} \cdot n_{ц} + T_{nz} + T_{відн}, \quad (2.30)$$

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

Коефіцієнт використання часу зміни [1, 16]

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

Визначаємо техніко-економічні показники використання МТА.

Продуктивність агрегату за зміну:

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

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

Продуктивність агрегату за годину чистого часу:

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

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

Визначимо затрати праці на одиницю роботи

$$S_m = \frac{m_o T_o + m_g T_g}{W_{zm}}, \quad (2.34)$$

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

T_o, 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.

2.3. Експлуатаційні затрати під час роботи агрегату

Погектарна витрата палива [1, 16]:

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

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:

$$S_{ам} = \frac{(a_{рм} + a_{кр} + a_{пто}) B_m}{100 T_{рз} \cdot W_{год}}, \quad (2.36)$$

де $a_{рм}, a_{кр}, a_{пто}$ – норми річних відрахувань відповідно на реновацію, капітальний ремонт, технічне обслуговування і поточний ремонт, %;

B_m – балансова вартість трактора, грн.;

$T_{рз}$ – річне завантаження трактора, год;

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

$$S_{am} = \frac{(12,5 + 4 + 22) \cdot 620000}{100 \cdot 1200 \cdot 6,32} = 31,47 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на амортизацію розкидача добрив:

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

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

B_m – балансова вартість машини, грн.;

$T_{рм}$ – річне завантаження машини, год.

$$S_{ам} = \frac{(14 + 17) \cdot 160000}{100 \cdot 110 \cdot 6,32} = 115,95 \text{ грн./га.}$$

Питомі затрати на паливо-мастильні матеріали [1]:

$$S_{пм} = Q \cdot Ц_{пм}, \quad (2.38)$$

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

$Ц_{пм}$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн.

$$S_{пм} = 1,17 \cdot 50 = 58,5 \text{ грн/га.}$$

Затрати на основну зарплату:

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

де k – коефіцієнт, що враховує доплати;

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

f_1 , f_2 – годинні тарифні ставки тракториста і допоміжного персоналу;

$$S_{зн} = \frac{1,1 \cdot 1 \cdot 75}{6,32} = 13,05 \text{ грн./га.}$$

Сумарні прямі затрати на одиницю виконаної роботи:

$$S_o = S_{am} + S_{ам} + S_{пм} + S_{зн}, \quad (2.40)$$

$$S_o = 31,47 + 115,95 + 58,5 + 13,05 = 200,97 \text{ грн/га.}$$

Приведені затрати на роботу агрегату:

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

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

$$S_{np} = 200,97 + \frac{0,15}{6,32} \cdot \left(\frac{620000}{1200} + \frac{160000}{110} \right) = 358,12 \text{ грн./га.}$$

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

Висновки

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 агрегатом КИЙ 14120 + 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 – 200,97 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 358,12 грн/га.

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 [4,5,6].

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.

Розкидач мінеральних добрив Unia MX 1600 має розкидний диск із рухомими лопатками, які можна встановлювати на різні кути в діапазоні 45° (рис. 3.1). Проте даний кут розхилу лопаток не забезпечує необхідний діапазон ширини розкидання добрив [27].



Рисунок 3.1 – Розкидний диск розкидача Unia MX 1600

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.

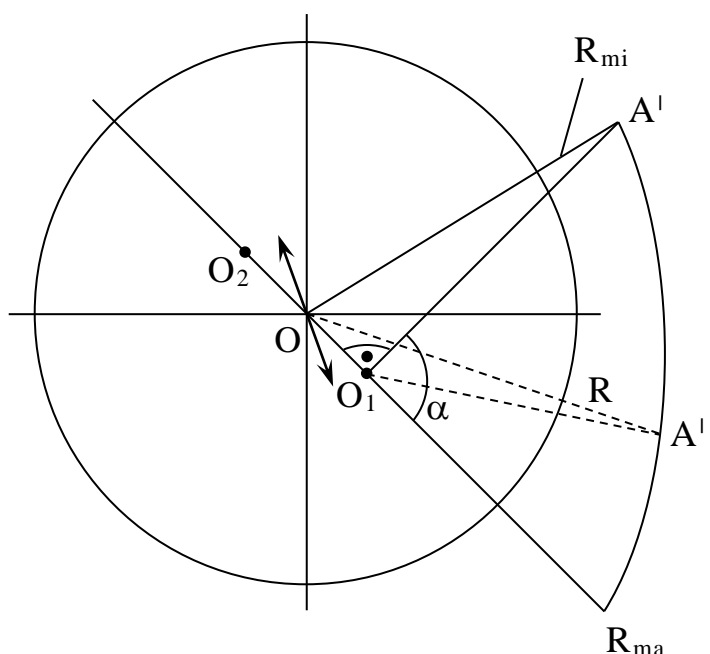


Рисунок 3.2 – Схема визначення основ конструктивних параметрів удосконаленого диска

Максимальний радіус обертання крайньої точки лопатки (рис 3.2) буде рівний, коли лопатка розташована в радіальному положенні [15]

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

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

$|O_1A|$ – 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 c^{-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.3.3) [5,18].

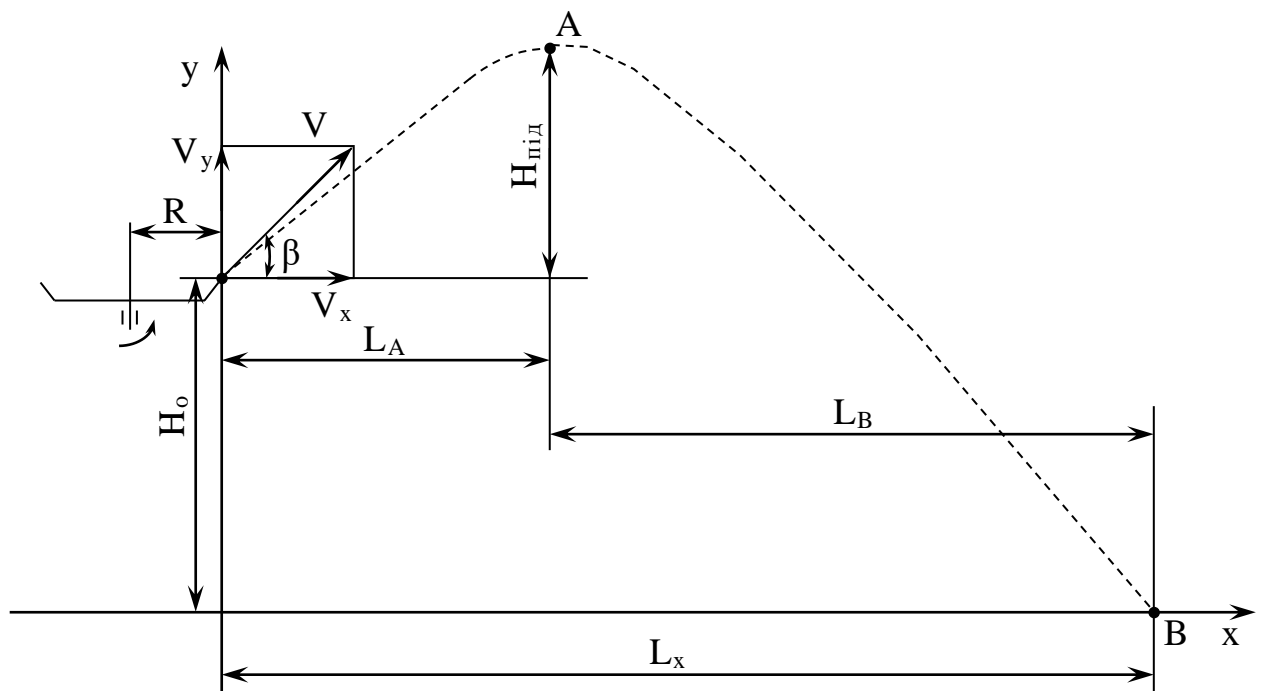


Рис. 3.3 – Схема для визначення дальності польоту частинки

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, $\beta=45^\circ$,

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

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

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

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

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

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

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

При цьому висота підйому частинки [4]

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

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

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

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

Тоді час падіння частинки

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

де H – висота встановлення розкидних дисків, м,

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

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

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

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 НВ 240.

Для розрахунку приймаємо навантаження на шпонку по всій довжині рівномірною.

Робочі грані перевіряють на зминання, д сiчення С-С на зріз (рис 3.4).

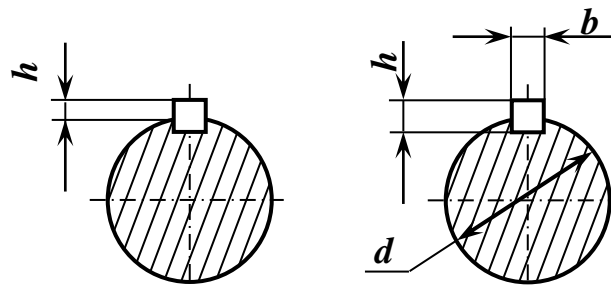


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема

Умова міцності на зминання [10,15]

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

Отже

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

Умова міцності сiчення 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

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.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Структурно-функціональний аналіз технологічного процесу внесення мінеральних добрив

Технологічний процес передбачає виконання наступних операцій [24]:

- 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.

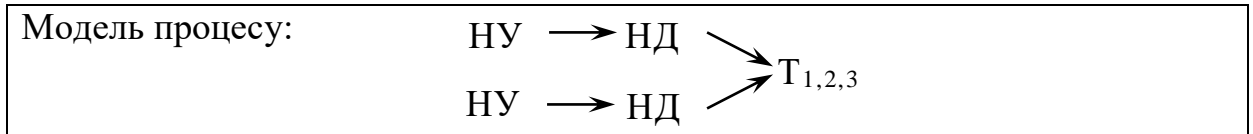
Виявлені нами чинники травмонебезпечних ситуацій дозволять уникнути нещасних випадків при внесенні мінеральних добрив.

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.

Таблиця 4.1 – Аналіз процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій при внесенні мінеральних добрив

Вид технологічної операції	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечних ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Внесення мінеральних добрив (КІЙ+М ВУ-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.



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

4.2.1. 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 [16,24]:

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

У цей момент відцентрову силу визначаємо за формулою

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

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

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

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

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

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

$$\vartheta_3 = \sqrt{R \cdot g \cdot \varphi}, \quad (4.5)$$

$$\vartheta_3 = \sqrt{3,8 \cdot 9,8 \cdot 0,5} = 4,31 \text{ м/с}.$$

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;

ϑ – 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

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

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

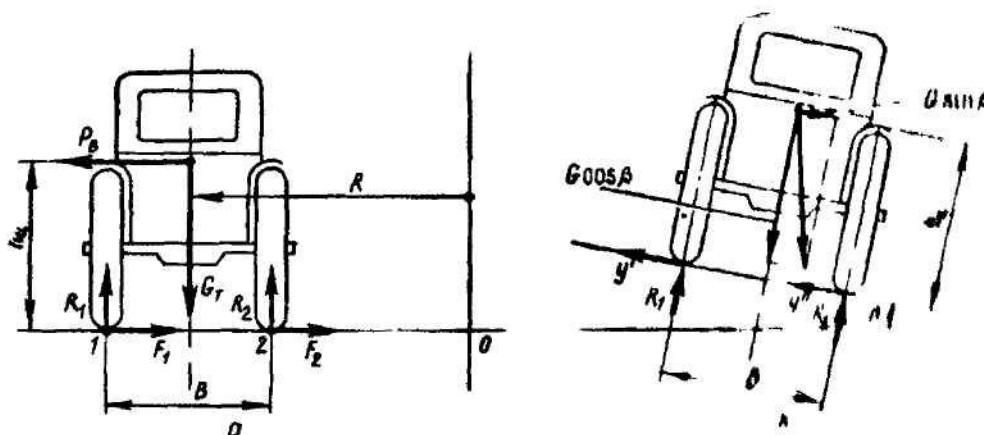


Рисунок 4.1 – Схема сил, що діють на трактор:

а – при повороті; б – на схилі

4.2.2. 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.

5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Господарська діяльність людини зумовила пошкодження і вичерпування природних ресурсів, що призводить до деформації сформованих протягом багатьох мільйонів природного кругообігу рослин та енергетичних потоків на планеті. Внаслідок цього почалося прогресуюче руйнування біосфери, Землі що може набути характеру незворотних процесів і навколишнє середовище, може стати непридатним для існування. З появою людини на планеті велику роль у глобальній екосистемі стали відігравати відносини суспільства і природи. Особливо швидко поширюється вплив суспільства на природу у зв'язку з розвитком машинного виробництва. Завойовуючи природу людство значною мірою підірвало природні умови власної життєдіяльності.

Серед соціальних та екологічних тенденцій, що формують наше майбутнє, є стрімке зростання чисельності населення, укорінення хибних моделей споживання, скорочення посівних площ на душу населення, надмірне викачування підземних вод, поширення стійких органічних забруднювачів у ґрунтах, водах, повітрі. Внаслідок цього людство постало перед загрозою виснаження природних ресурсів, проблемами виробництва продовольства та незадовільного харчування, глобальних кліматичних змін, поширення нових хвороб, загибелі місцевих екосистем.

Одним з найскладніших видів виробництва продукції, необхідної для людини, є сільське господарство. Його розвиток і кінцеві результати визначаються якістю і станом основних компонентів біосфери - ґрунту, води, повітря, знанням закономірностей оновлення природних ресурсів. Лише на основі дбайливого ставлення до природи можна розвивати сільське господарство не тільки сьогодні, але й завтра. Науково-технічний прогрес в агропромисловому комплексі повинен узгоджуватися із збереженням рівноваги в природі. Сучасне аграрне виробництво повинно максимально врахувати екологічні особливості землеробських регіонів, їх природних

ресурсів та умов. Досягнення якісно нових рубежів у виробництві продуктів харчування можливе лише за умов подальшої інтенсифікації землеробства і тваринництва на основі впровадження в практику найсучасніших досягнень науки і техніки, ефективного й раціонального використання ресурсного потенціалу агропромислового комплексу, ліквідації втрат продукції. Безумовно, вирішальну роль у переорієнтації напрямків і характеру майбутнього розвитку суспільства, гармонізації взаємовідносин між людиною і природою відіграватиме сучасна молодь, зокрема, майбутні фахівці сільського господарства.

5.1 Охорона та раціональне використання ґрунтів

Ґрунти мають величезне значення не лише тому, що є головним джерелом отримання харчових продуктів. Вони відіграють активну роль в очищенні природних і стічних вод, ґрунтово-рослинний покрив є регулятором водного балансу суші. Це універсальний біологічний фільтр і нейтралізатор багатьох видів антропогенного забруднення [16, 21]. На полях рідко насаджуються лісозахисні смуги, впроваджуються сівозміни для покращення гумусу, але вони не завжди правильні, не проводиться періодична консервація земельних угідь. Дуже важливим компонентом ґрунту є гумус. В наш час дуже мало уваги приділяється агротехнічним заходам які впливають на збереження та збільшення вмісту гумусу в землях. Дуже рідко вносять мінеральні добрива, Ще рідше органічні. Не проводиться заорювання зеленої маси на сидеральні добрива.. Землі збіднені на гумус і потребують категоричного втручання, інакше з часом вони не будуть придатні для сільськогосподарської діяльності.

Відбувається втрата ґрунтами грудкуватої структури у верхньому горизонті внаслідок постійного зменшення вмісту органічних речовин(органічні добрива на декотрих полях не вносилися більше десяти років), механічного руйнування структури (неправильний обробіток ґрунту). Ще однією причиною втрати родючості є багаторазовий обробіток ґрунтів

різними знаряддями за допомогою потужних важких тракторів. Часто поле протягом року обробляється 8-10 разів.

Дедалі відчутнішим стають негативні наслідки хімізації полів: погіршуються властивості ґрунту, його стан через нагромадження великої кількості шкідливих хімічних речовин, що вносились без належних розрахунків і врахування екологічних законів, до таких хімічних речовин, в першу чергу, належать міндобрива та різні засоби хімічного захисту рослин.

Ґрунти також забруднюються мастилами та паливом, які підтікають з автомобілів, тракторів та комбайнів під час роботи на полях. Основною причиною такого забруднення є спрацьована техніка і недбалість механізаторів. Великої шкоди ґрунтам завдає необґрунтована меліорація яка в недалекому минулому була проведена на більшості полів. На даний час в господарстві 80% земель меліоровані, більшість з них в суху пору року пересихають внаслідок чого відбувається висихання врожаю. Декотрі меліоровані землі взагалі вийшли з користування через непридатність.

5.2. Охорона та ефективне використання водних ресурсів

Вода є однією з найнеобхідніших і найпоширеніших речовин. Сільське господарство - один з найбільших споживачів і одночасно забруднювачів природних вод внаслідок використання міндобрив, пестицидів та інших хімікатів, функціонування тваринницьких комплексів, зрошування земель [21]. Більшість господарств мають природні або штучні водойми, які є основним джерелом води для обприскування, обпилювання миття техніки і обладнання і т. п. Для побутових потреб вода дуже підходить так як вона витікає теплою завдяки тепловій електростанції. Питну воду беруть переважно із колодязів та свердловин, які знаходяться біля ферм і тракторних бригад, вона не завжди відповідає вимогам і стандартам. Особливо небезпечним для здоров'я людини є забруднення природних вод побутовими стоками.

Стоки з машинних дворів, майстерень, АЗС, складів пального та мастил часто спрямовують в канали якими вода з електростанції тече в річку. Особливої шкоди водоймам завдають нафта і нафтопродукти, які утворюють на поверхні плівку, що перешкоджає газообмінові між водою та атмосферою, що призводить до вимирання риби.

Внаслідок нагромадження продуктів ерозії, водні джерела поступово міліють. Не проводиться заходи щоб запобігти замулюванню річки.

5.3. Охорона атмосферного повітря

Одним із найважливіших екологічних чинників, що потребує охорони, є атмосферне повітря. Основними джерелами забруднення є низькі технологічні та вентиляційні викиди з котелень (світлові та вентиляційні ліхтарі цехів, труби вентиляційних установок тощо) неперервної дії, котрі складають близько 80% від загальної кількості викидів. Надзвичайно важливою особливістю таких викидів є те, що максимальні концентрації шкідливих речовин існують у безпосередній близькості від місця їхнього виникнення, а не на п'ятнадцяти-кратній від висоти труб віддалі, що притаманно для високих джерел забруднення [21].

Основна маса забруднень повітря припадає на спалювання органічних енергоносіїв (вугілля, нафти, газу, торфу, деревини). Попіл (зола) осипається в радіусі 2 км. навколо котельні засипаючи всі поля особливо в напрямку переважаючого вітру. До 40 % забруднень дає автотранспорт. Справа погіршується ще й тим, що автомобільні викиди концентруються в приземному шарі повітря - саме в зоні нашого дихання [16,21]. В машинно-тракторного парку, не належним чином проводиться контроль за роботою двигунів, не відповідають вони вимогам щодо складу викидних газів.

В господарстві неправильно зберігають та використовують гній і гноївку на тваринницьких фермах тому в атмосферу випаровуються шкідливі гази - аміак і сечовина.

5.4. Зберігання і використання паливно-мастильних матеріалів

Правильне зберігання і використання нафтопродуктів – один з найважливіших чинників охорони атмосферного повітря. Недопустиме знаходження в поганому стані резервуарів, трубопроводів, автоцистерн та іншого устаткування, часто спостерігається підтікання палива і мастил. Механізована заправка машинно-тракторного парку, що обладнана старим обладнанням, яке не відповідає вимогам і стандартам є додатковим джерелом забруднення. Часто має місце підтікання паливно-мастильних матеріалів при заправках у полі. Автопарки (машинно-тракторні двори) часто не обладнані цистернами для зберігання відпрацьованих ПММ, не утилізуються і не регенеруються ПММ вони просто виливаються в навколишнє середовище.

5.5. Охорона рослинного і тваринного світу

Руйнування людиною місць проживання тварин, як і рослин, сьогодні стає надто небезпечним.

В господарствах нашого регіону часто є ліс чи насадження в якому не проводяться ніякі заходи щодо охорони рослин і тварин. Під час розчистки лісу на поле всі залишки були згорнуті на купи, повалено багато дерев.

При проведенні сільськогосподарських робіт значна частина диких тварин і птахів, особливо молодняку, травмується чи гине під ходовими частинами і ріжучими апаратами машин, особливо кормо збиральних та зернозбиральних комбайнів. Збиральні агрегати не обладнані відлякувальними пристроями.

5.6. Шляхи покращення екологічного стану господарства при експлуатації об'єкту дослідження

При плануванні впровадження нових технологічних підходів чи організаційних заходів на об'єкті господарювання насамперед звернімо увагу на використання ресурсо- та енергоощадних технологій, вирішення проблем створення екологічно чистих виробництв. Запропоноване нововведення, крім його технічної чи технологічної доцільності, є кроком в напрямку реальної мінімізації екологічного впливу на довкілля (вода, повітря, ґрунт, безпека для життя і здоров'я людей) та появи непридатних як матеріально-речовинних так і енергетичних відходів.

Щоб покращити екологічний стан в господарствах сільськогосподарського напрямку потрібно дотримуватися наступних вимог:

1. Мінеральні добрива повинні зберігатися у спеціально відведених закритих приміщеннях.
2. Тара в якій зберігаються добрива має бути цілою і неушкодженою, і такою, і такою, що запобігає потрапляння вологи у добрива.
3. Різні за хімічним складом добрива мають зберігатися окремо.
4. Добрива не повинні зберігатися під відкритим небом в розсипному вигляді.
5. Мінеральні добрива можна змішувати тільки перед внесенням.
6. Тара, в якій зберігалися мінеральні добрива повинна бути утилізована.
7. Повинні бути створені робочі органи машин з великою рівномірністю внесення добрив у ґрунт.
8. Забороняється вносити мінеральні добрива на полях, що піддаються вітровій ерозії, розміщених поблизу водоймищ, населених пунктів.

Має забезпечуватися, по можливості, концентрація відходів, їх повторне використання, можливі чи передбачувані технологічні шляхи видалення чи захоронення відходів. В більшості випадків такі зміни технічно здійснювані. Із зменшенням концентрації корисних матеріалів у відходах, затрати на їх вилучення із відходів різко зростають, що приводить до виникнення проблем економічного характеру. Попередження забруднення є

більш привабливою альтернативою, ніж переробка відходів, і, на перспективу, проектні розробки мають передбачати власне такі перетворення. Такий підхід ставиться в основу сучасних тенденцій сталого розвитку індустріального суспільства. [21]. Щоб запобігти замулюванню річок і водоймищ, потрібно провести низку заходів: задерніння схилів, прибережні смуги вздовж річок потрібно залишати нерозораними, а їх русла розчистити. Потрібно зробити стоки з тваринницьких ферм і комплексів щоб відходи з них стікали в гноєсховища та сечозбірники. В гноєсховищах та сечозбірниках необхідно провести дезінфекцію рідкого гною від патогенних мікроорганізмів і гельмінтів перед внесенням гною на поля. З кормоцеху стоки використаної води для миття коренебульбоплодів необхідно спрямувати у відстійник де б вода після нього використовувалася повторно. Потрібно провести скошування від центра поля до його країв, щоб дати можливість тваринам втекти зі скошеного масиву.

Для того, щоб зберегти фізичні властивості ґрунтів – структуру, пористість, оптимальний водно-повітряний режим – потрібно різко скоротити повторність обробітку ґрунтів, перейти на прогресивні та ефективні його форми, легкі машини та механізми. Раціональне землекористування в сільському господарстві потребує перегляду основного обробітку ґрунту – перехід на безплужну систему. На такий спосіб обробітку витрачається менше пального, в 3-4 рази зменшується інтенсивність площинної ерозії на схилах, поліпшується капілярність ґрунту, збільшується вміст гумусу не пересихає орний шар.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

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 умовному господарстві. 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 [22].

Вихідні дані (станом на 01.05.2024 року) для розрахунку економічної ефективності удосконаленого розкидача мінеральних добрив наведені в табл. 6.1, де враховані тільки показники, що відносяться до технологічного процесу внесення добрив і впливають на економічний ефект.

Аналіз економічної ефективності проводиться на ПК з використанням програми Excel.

Таблиця 6.1. – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності удосконаленого розкидача мінеральних добрив (станом на 01.05.2024 р.)

ПОКАЗНИКИ	КИЙ14820 + МВУ-5	
	Базовий	удосконалений
Продуктивність агрегату або машини за годину змінного часу: га	4,57	6,32
Балансова вартість, грн :		
машини	130000	160000
трактора	620000	620000
Річне завантаження, год.:		
машини	110	110
трактора	1200	1200
Чисельність виробничого персоналу, чол.:		
основного	1	1
Годинні тарифні ставки, грн/люд.год :		
основного персоналу	85	85
Коефіцієнт, що враховує доплати:		
основного персоналу	1,1	1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію:		
трактора	0,125	0,125
машини	0,14	0,14
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування:		
трактора	0,22	0,22
машини	0,17	0,17
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт:		
трактора	0,04	0,04
машини	–	–
Витрата паливо-мастильних матеріалів, кг/га	1,61	1,17
Ціна 1 кг палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, що припадає на 1 кг палива, грн	50	50
Коефіцієнти затрат на зберігання від вартості ТО:		
трактора	0,065	0,065
машини	0,065	0,065
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладів	0,15	

Коефіцієнт гарантій споживу економічного ефекту	0,95
---	------

Розрахунок економічної ефективності проводиться на ПЕОМ з використанням програми, що розроблена на мові «excel» на кафедрі сільськогосподарських машин.

У діалоговому режимі з машиною вихідні дані з таблиці 6.1. заносяться в програму. Показники економічної ефективності виводяться на друкуючий пристрій, та заповнюється таблиця 6.2. результатів розрахунку економічної ефективності.

Таблиця 6.2 – Показники економічної ефективності використання удосконаленого розкидача мінеральних добрив МВУ-5

Показники	МТЗ-80 + МВУ-5	
	Базовий	Удосконалий
1. Річне напрацювання, га	502,7	695,2
2. Прямі затрати (грн/га) на:		
– оплату праці	20,46	14,79
– паливо-мастильні матеріали	80,5	58,5
– технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт	73,36	60,38
– реновацію	50,34	42,44
– інші прямі затрати	4,77	3,92
– всього прямих затрат	229,43	180,03
3. Капітальні вкладення, грн/га	371,66	311,9
4. Зведені затрати, грн/га	285,18	226,82
5. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	—	40572
6. Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби нової машини, грн	—	139903
7. Верхня межа ціни нової машини, грн	—	272639
8. Лімітна ціна нової машини, грн	—	259007

9. Затрати праці, люд.-год/	0,22	0,16
-----------------------------	------	------

Продовження таблиці 6.2

10.Річна економія праці, люд-год.	—	42,00
11. Ступінь зменшення затрат (в %)		
– праці	—	27,27
– прямих затрат	—	21,53
– зведених затрат	—	20,46
– капіталовкладень	—	16,08

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 21,53 %; зведених затрат – 20,46 %; капіталовкладень – 16,08 %; затрат праці – 27,27 %.

Річний економічний ефект від використання удосконаленого розкидача мінеральних добрив МВУ-5 (в цінах на 01.05.2024 року) становить 40572 грн за умови річного напрацювання 695,2 гектара.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Однією з провідних галузей в сільському господарстві є вирощування зернових культур. Для підвищення ефективності даної галузі запропоновано збільшити валовий збір за рахунок збільшення врожайності, яка формується завдяки внесенню достатньої кількості мінеральних добрив.

2. 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.

3. Основні техніко-економічні показники виконання операції внесення добрив агрегатом КИЙ 14820 + 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 – 200,97 грн/га; приведені експлуатаційні затрати – 358,12 грн/га.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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 40572 грн в цінах на 01.05.2024 року, за умови річного напрацювання 695,2 га.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- 1 Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
- 2 Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології: підручник, 2-ге вид., доповн. Київ. Либідь, 2005. 407 с.
- 3 Булгаков В.М., Гриник І.В., Калетнік Г.М. та ін. Теоретична механіка: підручник /за ред. Акад. НААН В.М. Булгакова. Київ: Аграрна наука, 2014. 560 с.
- 4 Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
- 5 Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
- 6 Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник. Київ. Вища освіта, 2004. 544 с.
- 7 Волков В.Д., Куценко В.С., Дзюба В.І. Довідник ланкового по вирощуванню озимої пшениці. Київ: Урожай, 2007. 334 с.
- 8 Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. Київ: ДІА, 2007. 279 с.
- 9 Данильченко М. Г., Гладич Б. Б., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки: Навчально-методичний посібник для студентів економічних спеціальностей. Тернопіль: Економічна думка, 2001. 61 с.
- 10 Довбуш А.Д., Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Рубінець Н.А. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 128с.
- 11 Довідник конструктора-машинобудівника (комплект з 3 книг). URL: https://balka-book.com/ua/spravochniki_po_mashinostroeniyu-286/spravochnik_konstruktora_mashinostroitelya_komplekt_iz_3_knig-4411 (дата звернення: 20.01.2023).

- 12 Закон України “Про охорону праці”. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>. (Дата звернення 10.03.2023).
- 13 Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. Київ: Кондор. 2007. 334 с.
- 14 Настечко П.М. Індустріальна технологія виробництва озимої пшениці. Київ: Урожай, 2011. 257 с. 18
- 15 Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ. Техніка, 2004. 512 с: іл.
- 16 Довідник з машиновикористання в землеробстві / за ред. В.І. Пастухова. Харків: Веста. 2001. 347 с.
- 17 Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: Підручник. Київ: Вища школа, 2004. 655 с.
- 18 Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів. ЛДАУ, 1998. 264 с.
- 19 Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
- 20 Семен Я.В., Чухрай В.Є., Крупич О.М., Рис В.І., Буртак В.В. Методичні рекомендації для виконання дипломного проекту студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» ОС «Бакалавр». Львів. Сполом. 2023. 72 с.
- 21 Снітинський В.В., Саницький М.А., Мазурак О.Т., Мазурак А.В. Інженерне екологія. Аспекти енергозбереження: навчальний посібник. Львів. Апріорі, 2008. 221с.
- 22 Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві. Навчальний посібник. Київ. Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.
- 23 Стандарт підприємства: дипломні і курсові проекти (роботи), загальні вимоги до оформлення. Львів: ЛНАУ, 2017. 13 с.
- 24 Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П., Мазур І.Б. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці. Навч. посібник. Львів: Сполом. 2022. 376 с.

- 25 Трактори в Україні. Електронний ресурс: URL: <https://prom.ua/ua/p1297179566-traktor-belarus-8922.html> (дата звернення: 20.02.2024).
- 26 Вирощування озимої пшениці. Електронний ресурс: URL: <http://www.karantin.te.ua/info/articles/vyrocshuvannya-ozymozi-pshenyци/> (дата звернення: 20.02.2024).
- 27 Розкидач мінеральних добрив. Електронний ресурс: URL: <https://hydromarket.com.ua/ua/p1014039082-razbrasyvatel-mineralnyh-udobrenij.html> (дата звернення: 20.02.2024).