

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Технічне забезпечення технології вирощування
тритикале з модернізацією розкидача МБУ-8**

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

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Глушак Р.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Бица Р.О.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Бабій А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Глушаку Ростиславу Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технічне забезпечення технології вирощування тритикале з модернізацією розкидача МВУ-8.

Керівник роботи Бица Роман Олегович, асистент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Базова технологія вирощування тритикале, склад агрегату – трактор БЕЛОРУС 1522 у комплекті з розкидачем МВУ-8, довжина гону – 400 м; нахил поля $i = 1^\circ$; фон – зоране поле; робоча ширина захвату – 10 м.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Проектування операційної технології. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. Аналіз технологій вирощування тритикале. 2. Технічне забезпечення технології вирощування тритикале. 3. Операційно-технологічна карта внесення мінеральних добрив. 4. Штанговий розкидач мінеральних добрив МВУ-8. Загальний вигляд. 5. Права штанга. Складальне креслення. 6. Деталювання.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

22.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина	02.02.2026 р.	
2	Проектування операційної технології	09.02.2026 р.	
3	Проектна частина.	15.05.2026 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	25.05.2026 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки.	05.06.2026 р.	
6	Ілюстративна частина. Додатки	15.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Глушак Р.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бица Р.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Глушак Ростислав Сергійович

Тема роботи – «Технічне забезпечення технології вирощування тритикале з модернізацією розкидача МВУ-8».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Бица Роман Олегович, асистент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

Технічне забезпечення технології вирощування тритикале являє собою комплекс взаємопов'язаних машин і агрегатів, призначених для виконання всіх технологічних операцій від підготовки ґрунту до збирання врожаю.

Серед них особливе значення мають машини для внесення мінеральних добрив, оскільки від якості їх роботи значною мірою залежить рівень урожайності культури.

У багатьох господарствах України продовжують експлуатувати розкидачі МВУ-8 завдяки їхній простоті конструкції, ремонтпридатності та достатній продуктивності. Проте тривала експлуатація виявила певні недоліки цих машин, пов'язані з нерівномірністю подачі добрив і недостатньою якістю їх розподілу по ширині захвату.

Враховуючи широке використання у виробництві розкидачів типу МВУ-8 та наявність у них конструктивних недоліків, модернізація даної машини є актуальним напрямом підвищення ефективності технології вирощування тритикале, зниження витрат добрив та покращення економічних показників виробництва.

Тому тематика кваліфікаційної роботи є актуальною.

Мета роботи

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технології

вирощування тритикале шляхом удосконалення технічного забезпечення процесу внесення мінеральних добрив з модернізацією розкидача мінеральних добрив МВУ-8.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Технологічний процес внесення мінеральних добрив при вирощуванні тритикале.

Предмет дослідження. Конструктивні та технологічні параметри розкидача мінеральних добрив МВУ-8.

Методи дослідження. Економіко-статистичний, порівняльний, математичного моделювання, теоретико-емпіричний.

Отримані результати:

- проведено аналіз технологій вирощування тритикале;
- розглянуто технічне забезпечення технології вирощування тритикале;
- обґрунтовано актуальність теми кваліфікаційної роботи;
- здійснено формування машинно-тракторного парку для вирощування тритикале;
- розроблено операційно-технологічну карту виконання операції внесення мінеральних добрив машиною МВУ-8;
- проведено обґрунтування конструкції розкидача мінеральних добрив МВУ – 8;
- запропоновано модернізацію конструкції розкидача добрив шляхом застосування штангового розподільвача з транспортуючим зворотнім спіральним транспортером, замість розкидних дисків;
- виконано технологічні розрахунки розкидача мінеральних добрив та розрахунок ланцюгового скребкового транспортера штангового розподільвача;
- розглянуто причини виникнення травмонебезпечних ситуацій при внесенні мінеральних добрив та розроблено заходи щодо охорони праці та техніки безпеки при виконанні механізованих робіт із внесення добрив.

Практичне значення отриманих результатів.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні ефективності

використання розкидача мінеральних добрив, покращенні якості виконання технологічного процесу внесення добрив та створенні передумов для збільшення врожайності тритикале і зниження виробничих витрат.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 68, додатки – 3 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

Ключові слова: тритикале, розкидач добрив, мінеральні добрива, скребковий транспортер, штанговий розприділювач.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Розділ 2:

- $N_{ен}$, $N_{вом}$ - відповідно номінальна потужність двигуна, потужність на привід активних робочих органів, кВт;
- $\eta_{ен}$ - коефіцієнт використання номінальної потужності двигуна;
- $\eta_{вом}$ - коефіцієнт використання потужності на привід активних робочих органів;
- $\eta_{мг}$ - коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора;
- $\eta_б$ - коефіцієнт корисної дії буксування;
- R_m - тяговий опір машини, кН;
- $G_{тр}$ - експлуатаційна вага трактора, кН;
- f - коефіцієнт опору коченню;
- i - нахил місцевості;
- $\eta_ц, \eta_к$ - ККД відповідно циліндричної та конічної передачі;
- α, β - число пар у зачепленні відповідно циліндричної та конічної передачі;
- δ - буксування рушіїв трактора, %;
- $G_{пр}$ - експлуатаційна вага машини, кН;
- $G_{гр}$ - вага вантажу (добрив) у кузові машини, кН;
- f_m - коефіцієнт опору коченню машини;
- R_α - опір підйому трактора, кН;
- R_f - опір коченню трактора, кН;
- f_T - коефіцієнт опору коченню;
- l_T - кінематична довжина трактора, м;
- l_M - кінематична довжина машини, м;
- L_p - робоча довжина гону, м;
- C - ширина загону, м;
- Q_k - маса добрив у бункері, т;
- g - норма внесення добрив, т/га;
- $T_{см}$ - час зміни, год;
- $T_{пз}$ - підготовчо-заключний час, год;

T_{ϕ} - час регламентованих перерв на відпочинок та особисті потреби механізатора, год;

$T_{то}$ - час на технічне обслуговування агрегату, год;

$t_{ето}$ - час проведення щозмінного технічного обслуговування, год;

$t_{пп}$ - час для підготовки агрегату до переїзду, год;

$t_{пн}$ - час отримання наряду і здачу роботи, год;

$t_{пнк}$ - час на переїзди на початку та в кінці роботи, год;

t_{01} - час на технологічну зупинку (імовірно навантаження добрив проводиться на полі автомобільним завантажувачем), год;

$W_{зав-1}$ – продуктивність завантажувального пристрою, т/год;

$t_{х.ц}$ - час холостого ходу за кінематичний цикл, год;

$t_{р.ц}$ - чистий час роботи за кінематичний цикл, год;

$t_{техн.ц}$ - час на технологічне обслуговування агрегату (заправлення бункерів), що припадає на один кінематичний цикл, год;

$G_{тр}$, $G_{тх}$, $G_{то}$ - значення годинної витрати палива відповідно на робочому, холостому ході та зупинках, кг/год;

T_p , T_x , T_o - відповідно за зміну: чистий робочий час, загальний час на повороти та час зупинок агрегату з працюючим двигуном, год;

$G_{тн}$, $G_{х.д}$, $G_{то}$ - відповідно годинна витрата палива на робочому режимі, холостому ході та на зупинках агрегату, кг/год;

$m_{хух}$, $m_{всп}$ - число механізаторів та допоміжних робочих обслуговуючих агрегат.

Розділ 3:

$Q_{год}$ - витрата добрив за годину, кг/год;

W_{ϕ} - фактична продуктивність, га/год;

H - норма внесення добрив, кг/га.

$F_{зав}$ - площа внесення за одне завантаження, га;

G - маса добрив у кузові, кг;

q - секундна подача добрив, кг/с;
 B - ширина захвату, м;
 V - швидкість руху агрегату, м/с.
 $Q_{\text{пол}}$ - загальна потреба в добривах, кг;
 F - площа поля, га;
 Q - задана розрахункова продуктивність, т/год;
 $V_{\text{ц}}$ - швидкість ланцюга, м/с;
 ρ - густина вантажу, т/м³;
 Ψ - коефіцієнт заповнення жолоба;
 $K_{\text{ж}}$ - коефіцієнт висоти жолоба;
 K_{β} - коефіцієнт, що враховує кут нахилу конвеєра до горизонту;
 $H_{\text{в}}$ - висота транспортування вантажу, м;
 L - відстань транспортування вантажу, м;
 K - емпіричний коефіцієнт;
 $f_{\text{д}}$ - коефіцієнт тертя у стані руху;
 C_1 - коефіцієнт враховує додаткові опори на зірочках з кутом обхвату 180 і більше, крім провідної зірочки;
 m - число зірочок;
 C_2 - коефіцієнт враховує додаткові опори на зірочках з кутом обхвату 90° і менше;
 ΣW_i - сума всіх опорів на окремих ділянках, Н;
 K_3 - коефіцієнт запасу міцності ланцюга для попередніх розрахунків;
 $t_{\text{ц}}$ - крок ланцюга, мм;
 k_e - відношення чергування кроку елементів ланцюга до кроку ланцюга;
 λ - коефіцієнт, що враховує участь маси зворотної гілки в коливальному русі;
 z - число зубів провідної зірочки;
 $F_{\text{разр}}^{\text{табл}}$ - руйнівне навантаження ланцюга, кН;
 $[K_3]$ - коефіцієнт запасу міцності ланцюга для перевірочних розрахунків;
 F_i - найменший натяг у робочій гілці конвеєра;
 $W!$ - Опір руху порції вантажу, Н;

$[\alpha]$ - допустимий кут відхилення скребка;

F – зусилля натяжного пристрою, Н;

$[\sigma]_p$ – допустиме напруження на розрив, МПа;

F_2, F_3 - сила натягу ланцюга в точці набігання та збігання з натяжної зірочки відповідно, Н;

$[\sigma]_t$ - допустима межа текучості, МПа;

S – коефіцієнт запасу міцності.

ЗМІСТ

Вступ	12
1. Оглядова частина	14
1.1. Аналіз технологій вирощування тритикале	14
1.2. Технічне забезпечення технології вирощування тритикале	17
1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	23
2. Проектування операційної технології	25
2.1. Формування машинно-тракторного парку для вирощування тритикале	25
2.2. Розробка операційно-технологічної карти	28
3. Проектна частина	41
3.1. Обґрунтування конструкції розкидача мінеральних добрив МВУ - 8	41
3.2. Технологічні розрахунки розкидача мінеральних добрив МВУ-8	47
3.3. Розрахунок ланцюгового скребкового транспортера	49
3.3.1. Визначення статичних опорів	51
3.3.2. Підбір тягового ланцюга	53
3.3.3. Фактичні розрахункові натяги ланцюга та коефіцієнт запасу міцності	55
3.3.4. Перевірка скребоків на стійкість	56
3.3.5. Розрахунок натяжного пристрою	57
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	59
4.1 Виникнення травмонебезпечних ситуацій при внесенні мінеральних добрив розкидачами	59
4.2 Охорона праці при виконанні механізованих робіт із внесення мінеральних добрив	61
Загальні висновки	64
Перелік посилань	65
Додатки	68

ВСТУП

Тритикале є перспективною зерновою культурою, яка поєднує цінні господарсько-біологічні властивості пшениці та жита. Завдяки високій урожайності, підвищеному вмісту білка, стійкості до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов і хвороб ця культура набуває все більшого поширення в Україні.

Зерно тритикале широко використовується у кормовиробництві, харчовій промисловості та як сировина для біоенергетики, що зумовлює необхідність удосконалення технологій його вирощування.

Одним із найважливіших чинників формування високого врожаю тритикале є забезпечення рослин необхідними елементами живлення. Сучасні технології вирощування передбачають внесення мінеральних добрив у науково обґрунтованих нормах і в оптимальні строки. Від якості виконання цієї технологічної операції значною мірою залежать рівномірність розвитку рослин, рівень урожайності та економічна ефективність виробництва зерна.

Тому особливої актуальності набуває використання технічних засобів, які забезпечують рівномірне розподілення добрив по поверхні поля та високу продуктивність виконання робіт.

У сучасних умовах сільськогосподарського виробництва важливого значення набуває підвищення ефективності використання машинно-тракторних агрегатів для внесення мінеральних добрив. Значна частина наявних у господарствах машин експлуатується протягом тривалого часу, що призводить до зниження їх техніко-експлуатаційних показників та погіршення якості виконання технологічного процесу.

Одним із найбільш поширених технічних засобів для внесення мінеральних добрив є розкидач МВУ-8, який характеризується простою конструкцією, достатньою продуктивністю та надійністю. Водночас існуюча конструкція машини має певні недоліки, пов'язані з нерівномірністю подачі добрив до робочих органів, що негативно впливає на якість їх розподілу по

ширині захвату.

У зв'язку з цим удосконалення конструкції розкидача МВУ-8 є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності технології вирощування тритикале.

Модернізація машини дозволить покращити якість внесення мінеральних добрив, підвищити продуктивність агрегату, зменшити втрати добрив та забезпечити більш раціональне використання матеріальних ресурсів.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технологій вирощування тритикале

Загальна характеристика культури

Тритикале є штучно створеною зерновою культурою, отриманою шляхом схрещування пшениці та жита. Вона поєднує високу продуктивність і якість зерна пшениці зі стійкістю жита до несприятливих умов вирощування. Завдяки високому вмісту білка, незамінних амінокислот, добрій посухо- та морозостійкості тритикале набуває все більшого поширення в сільськогосподарському виробництві України.



Рисунок 1.1 – Посіви тритикале

Культура використовується для виробництва продовольчого та фуражного зерна, зеленої маси, сінажу, а також як сировина для біоенергетики. Середня врожайність тритикале в господарствах України становить 4–6 т/га, а за інтенсивної технології вирощування може перевищувати 8–10 т/га.

Ефективність вирощування тритикале значною мірою залежить від

правильного вибору технології, рівня механізації виробничих процесів та якості виконання технологічних операцій.

Традиційна технологія вирощування тритикале

Традиційна технологія передбачає виконання комплексу агротехнічних заходів із застосуванням класичного обробітку ґрунту.

Основними операціями є:

- лущення стерні після збирання попередника;
- внесення органічних і мінеральних добрив;
- оранка на глибину 20–25 см;
- передпосівний обробіток ґрунту;
- сівба;
- догляд за посівами;
- внесення засобів захисту рослин;
- збирання врожаю.

Перевагами традиційної технології є надійне загортання рослинних решток, покращення аерації ґрунту та знищення бур'янів. Недоліками виступають значні витрати пального, висока трудомісткість робіт, інтенсивне ущільнення ґрунту та ризик розвитку ерозійних процесів.

Інтенсивна технологія вирощування тритикале

Інтенсивна технологія спрямована на максимальну реалізацію генетичного потенціалу сучасних сортів.

Її особливостями є: використання високопродуктивних сортів; застосування підвищених норм мінеральних добрив; дробне внесення азотних добрив; систематичне використання засобів захисту рослин; ретельний контроль стану посівів протягом вегетації.

За цією технологією норми внесення мінеральних добрив можуть становити:

- азот – 90–150 кг д. р./га;
- фосфор – 60–90 кг д. р./га;
- калій – 60–90 кг д. р./га.

Перевагою інтенсивної технології є отримання максимальної врожайності та високої якості зерна. Недоліками є значні матеріальні витрати та підвищена залежність від погодних умов.

Ресурсозберігаючі технології вирощування тритикале

У сучасному землеробстві все ширше застосовуються ресурсозберігаючі технології, які спрямовані на зменшення енергетичних та матеріальних витрат.

До них належать:

Мінімальний обробіток ґрунту (Mini-Till)

Технологія передбачає скорочення кількості проходів агрегатів по полю та заміну оранки поверхневим або глибоким розпушуванням.

Перевагами технології є економія пального до 25–35 %; збереження структури ґрунту; зменшення втрат вологи; підвищення продуктивності праці.

Недоліки: збільшення потреби у гербіцидах; складність боротьби з багаторічними бур'янами.

Нульовий обробіток ґрунту (No-Till)

За даної технології повністю виключається механічний обробіток ґрунту, а сівба проводиться спеціальними сівалками безпосередньо в необроблений ґрунт.

Переваги технології: максимальне збереження вологи; зниження ерозії ґрунтів; скорочення витрат пального до 60–70 %; покращення біологічної активності ґрунту.

Недоліками вважаються: необхідність використання дорогих посівних комплексів; підвищені вимоги до системи захисту рослин; складність переходу від традиційної системи землеробства.

Особливості системи удобрення тритикале

Одним із найважливіших елементів технології вирощування тритикале є система удобрення.

Для формування 1 т зерна та відповідної кількості побічної продукції рослини споживають приблизно: азоту – 25–30 кг; фосфору – 10–12 кг; калію – 20–25 кг.

Основне внесення добрив здійснюють під основний обробіток ґрунту або передпосівну культивуацію.

Азотні добрива переважно вносять у декілька прийомів:

- ранньовесняне підживлення;
- підживлення у фазі виходу в трубку;
- позакореневе підживлення за необхідності.

Від рівномірності внесення добрив значною мірою залежить ефективність їх використання та величина майбутнього врожаю.

Аналіз сучасних технологій вирощування тритикале показує, що підвищення ефективності виробництва зерна цієї культури можливе лише за умови комплексного вдосконалення технологічних процесів та технічного забезпечення. Одним із вирішальних факторів формування високої врожайності є своєчасне та рівномірне внесення мінеральних добрив.

Саме тому особливого значення набуває використання сучасних машин для внесення мінеральних добрив, здатних забезпечити високу рівномірність розподілу гранул по поверхні поля.

1.2. Технічне забезпечення технології вирощування тритикале

Ефективність вирощування тритикале значною мірою залежить від рівня технічного забезпечення технологічних процесів. Використання сучасних високопродуктивних машин і агрегатів дозволяє своєчасно виконувати всі польові роботи, дотримуватися агротехнічних вимог та забезпечувати максимальну реалізацію потенціалу продуктивності культури.

Технологія вирощування тритикале включає комплекс взаємопов'язаних операцій: основний та передпосівний обробіток ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю. Для виконання кожної операції використовують відповідні машини та знаряддя, які формують систему

технічного забезпечення виробництва.

Технічні засоби для основного обробітку ґрунту

Основний обробіток ґрунту є важливою складовою технології вирощування тритикале, оскільки створює сприятливі умови для накопичення вологи, розвитку кореневої системи рослин та знищення бур'янів.

Для виконання даної операції використовують:

- плуги загального призначення ПЛН-5-35, ПЛН-6-35, ПОН-5-40;
- оборотні плуги;
- глибокорозпушувачі;
- дискові борони типу БДТ-7, БДВП, Rubin, Carrier.

Як енергетичні засоби застосовують трактори потужністю 120–300 к.с., зокрема трактори МТЗ-1221, ХТЗ-17221, John Deere, New Holland, Case IH та інші.



Рисунок 1.2 – Основний обробіток плугами загального призначення
ПЛН-6-35

У сучасних технологіях все більшого поширення набувають комбіновані ґрунтообробні агрегати, які дозволяють за один прохід виконувати декілька

операцій і суттєво знижувати витрати пального.

Технічні засоби для внесення добрив

Система удобрення є одним із найважливіших елементів технології вирощування тритикале. Внесення мінеральних добрив забезпечує рослини необхідними поживними речовинами та сприяє формуванню високої врожайності.

Для внесення твердих мінеральних добрив використовують: МВУ-5; МВУ-8; РУМ-5; Amazone ZA-M; Amazone ZA-TS; Rauch MDS; Kuhn Axis.



Рисунок 1.3 – Агрегат для внесення твердих мінеральних добрив
Amazone ZA-TS

Серед вітчизняних машин найбільшого поширення набув розкидач МВУ-8, який характеризується вантажопідйомністю до 8 т, достатньою продуктивністю та простотою конструкції.

Технічні засоби для передпосівного обробітку ґрунту

Передпосівний обробіток спрямований на створення вирівняного посівного ложа та забезпечення оптимальних умов для проростання насіння.

Для виконання цієї операції використовують:

- культиватори КПС-4, КПС-8;

- комбіновані агрегати типу Компактор;
- передпосівні культиватори Європак;
- зубові та пружинні борони.



Рисунок 1.4 – Комбінований агрегат типу компактор FORWARD 5

Сучасні комбіновані агрегати дозволяють за один прохід розпушувати, вирівнювати та ущільнювати ґрунт, що підвищує якість підготовки поля до сівби.

Технічні засоби для сівби тритикале

Сівба є відповідальною технологічною операцією, від якості виконання якої залежить польова схожість насіння та рівномірність розвитку рослин.

Для висіву тритикале застосовують: зернові сівалки СЗ-3,6; СЗ-5,4; СЗС-2,1; СЗС-2,8; Great Plains; Horsch Pronto; Amazone Cirrus; Vaderstad Rapid.

Основними агротехнічними вимогами до сівби є:

- забезпечення заданої норми висіву;
- рівномірність розподілу насіння по площі;
- витримування глибини загортання;
- мінімальне пошкодження насіння.



Рисунок 1.5 – Зернова [сівалка Great Plains PL5700](#)

Використання сучасних пневматичних сівалок дозволяє суттєво підвищити якість посівних робіт та продуктивність агрегатів.

Технічні засоби для догляду за посівами

Для захисту рослин від бур'янів, шкідників та хвороб використовують обприскувачі різних типів.

Найбільш поширеними є: ОПШ-2000; ОП-2000; Amazone UX; John Deere R-Series; Berthoud; Hardi.

Сучасні обприскувачі оснащуються електронними системами контролю норми внесення робочої рідини та GPS-навігацією, що забезпечує високу точність виконання технологічного процесу.

Для підживлення посівів застосовують як розкидачі твердих добрив, так і штангові обприскувачі для внесення рідких добрив.

Технічні засоби для збирання врожаю

Збирання тритикале здійснюється переважно прямим комбайнуванням при вологості зерна 14–18 %.



Рисунок 1.5 – Причіпні обприскувачі AMAZONE UX Super

Для виконання цієї операції використовують: зернозбиральні комбайни Дон-1500; Славутич; John Deere серії W та T; New Holland CX; Claas Lexion; Case IH Axial-Flow.



Рисунок 1.6 – Зернозбиральні комбайни Case IH Axial-Flow

Сучасні комбайни забезпечують високу продуктивність, мінімальні втрати зерна та якісне очищення зернової маси.

Післязбиральна доробка зерна здійснюється за допомогою зерноочисних машин, сушарок та транспортного обладнання.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасного аграрного виробництва є підвищення ефективності вирощування зернових культур шляхом впровадження ресурсозберігаючих технологій та удосконалення технічного забезпечення технологічних процесів.

Важливе місце серед зернових культур займає тритикале, яке завдяки поєднанню цінних властивостей пшениці та жита характеризується високою врожайністю, підвищеним вмістом білка, стійкістю до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов та значним потенціалом використання у кормовиробництві, харчовій промисловості та біоенергетиці.

Для реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів тритикале необхідною умовою є забезпечення рослин оптимальним мінеральним живленням. Мінеральні добрива є одним із найефективніших засобів підвищення врожайності та покращення якісних показників зерна. Водночас ефективність їх використання значною мірою залежить не лише від норм внесення, а й від рівномірності розподілу по поверхні поля та дотримання агротехнічних вимог під час виконання технологічного процесу.

У сучасних господарствах України для внесення мінеральних добрив широко використовуються розкидачі типу МВУ-8. Незважаючи на простоту конструкції та достатню продуктивність, під час експлуатації цих машин виявляються певні недоліки, які негативно впливають на якість внесення добрив. До них належать нерівномірність подачі матеріалу до робочих органів,

коливання норми внесення залежно від фізико-механічних властивостей добрив, а також недостатня рівномірність їх розподілу по ширині захвату. Це призводить до перевитрат добрив, нерівномірного розвитку рослин і, як наслідок, до зниження економічної ефективності виробництва.

В умовах постійного зростання вартості мінеральних добрив, паливно-мастильних матеріалів та інших ресурсів особливої актуальності набуває підвищення ефективності роботи машин для їх внесення. Удосконалення конструкції розкидача МВУ-8 дає можливість покращити якість виконання технологічного процесу, зменшити втрати добрив, забезпечити більш рівномірний їх розподіл по площі поля та підвищити продуктивність агрегату.

Таким чином, тема кваліфікаційної роботи, присвячена технічному забезпеченню технології вирощування тритикале з модернізацією розкидача МВУ-8, є актуальною, оскільки спрямована на вирішення важливого науково-практичного завдання щодо підвищення ефективності використання мінеральних добрив, зниження виробничих витрат і забезпечення стабільного отримання високих урожаїв тритикале.

2. ПРОЕКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1. Формування машинно-тракторного парку для вирощування тритикале

Формування машинно-тракторного парку є важливою складовою технічного забезпечення технології вирощування тритикале. Від правильного підбору енергетичних засобів, сільськогосподарських машин і транспортних засобів залежить своєчасність виконання технологічних операцій, якість польових робіт, рівень урожайності та собівартість виробництва зерна.

Машинно-тракторний парк господарства повинен забезпечувати повний цикл вирощування тритикале: підготовку ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами, захист рослин, збирання врожаю, транспортування зерна та післязбиральну доробку. При цьому техніка має відповідати агротехнічним вимогам, площі посіву, строкам виконання робіт, рельєфу поля, ґрунтово-кліматичним умовам і наявним трудовим ресурсам.

Раціональне комплектування машинно-тракторного парку дає можливість знизити витрати пального, зменшити простої техніки, підвищити продуктивність праці та забезпечити ефективне використання наявних машин.

До складу машинно-тракторного парку входять: енергетичні засоби (трактори); ґрунтообробні машини; машини для внесення добрив; посівні агрегати; обприскувачі; зернозбиральні комбайни; транспортні засоби.

Основні принципи формування машинно-тракторного парку

Під час формування машинно-тракторного парку для вирощування тритикале необхідно враховувати такі принципи:

Відповідність технології вирощування. Комплекс машин повинен забезпечувати виконання всіх операцій відповідно до прийнятої технології: традиційної, ресурсозберігаючої, мінімальної або інтенсивної.

Своєчасність виконання робіт. Польові роботи мають виконуватися в

оптимальні агротехнічні строки, оскільки запізнення із сівбою, підживленням або збиранням може призвести до зниження врожайності.

Висока продуктивність агрегатів. Машини повинні мати достатню ширину захвату, місткість бункерів і робочу швидкість, щоб забезпечити обробіток необхідної площі у встановлені строки.

Універсальність використання. Бажано застосовувати техніку, яку можна використовувати не лише для тритикале, а й для інших зернових культур.

Надійність і ремонтпридатність. Особливе значення має можливість швидкого технічного обслуговування та ремонту в умовах господарства.

Економічна доцільність. Вартість техніки, витрати на паливо, ремонт і обслуговування повинні відповідати економічним можливостям господарства.

Енергетичні засоби

Основою машинно-тракторного парку є трактори, які агрегатуються з ґрунтообробними, посівними, удобрювальними та транспортними машинами.

Для вирощування тритикале доцільно використовувати трактори різних тягових класів:

- трактори класу 1,4 - МТЗ-80, МТЗ-82, ЮМЗ-6;
- трактори класу 2,0 - МТЗ-1221, ХТЗ-150К;
- трактори класу 3,0 і вище - ХТЗ-17221, МТЗ-1522, John Deere, Case IH,

New Holland.

Трактори класу 1,4 можуть застосовуватися для легких робіт: передпосівного обробітку, внесення добрив, обприскування та транспортних операцій. Трактори класу 2,0–3,0 використовують для основного обробітку ґрунту, роботи з важкими культиваторами, дисковими боронами та посівними агрегатами.

Раціональний склад тракторного парку повинен забезпечувати узгодження потужності трактора з тяговим опором машини. Недостатня потужність призводить до зниження продуктивності, а надмірна — до перевитрати пального.

Транспортні засоби

Транспортне забезпечення є невід'ємною частиною машинно-тракторного парку. Воно необхідне для перевезення насіння, добрив, засобів захисту рослин, пального та зібраного зерна.

Для транспортних робіт можуть використовуватися: тракторні причепи 2ПТС-4, 2ПТС-6; автомобілі КамАЗ, МАЗ, ЗІЛ; бункери-перевантажувачі; зерновози.

Під час внесення добрив важливо організувати своєчасне підвезення матеріалу до поля, щоб уникнути простоїв розкидача. При збиранні врожаю транспортні засоби повинні забезпечити безперервне відведення зерна від комбайна.

Орієнтовний склад машинно-тракторного парку

Для вирощування тритикале в господарстві доцільно мати такий комплекс машин:

Технологічна операція	Машини та агрегати
Лущення стерні	Дискова борона БДТ-7
Основний обробіток ґрунту	Трактор ХТЗ-17221 + плуг ПЛН-6-35
Внесення добрив	Трактор МТЗ-1522 + розкидач МВУ-8
Передпосівний обробіток	Трактор МТЗ-1221 + культиватор КПС-8
Сівба	Трактор МТЗ-1221 + сівалка СЗС-2,8 або СЗ-5,4
Захист рослин	Трактор МТЗ-82 + обприскувач ОП-2000
Збирання врожаю	Зернозбиральний комбайн Дон-1500 або аналог
Транспортування зерна	Автомобілі КамАЗ, МАЗ або тракторні причепи

Такий склад машин забезпечує виконання основних технологічних операцій у встановлені строки та може бути адаптований до умов конкретного господарства.

Модернізований МВУ-8 у складі машинно-тракторного парку

У системі технічного забезпечення вирощування тритикале особливе місце займає розкидач МВУ-8, оскільки саме якість внесення добрив значною мірою визначає ефективність використання поживних речовин.

У багатьох господарствах України продовжують експлуатувати розкидачі МВУ-8 завдяки їхній простоті конструкції, ремонтпридатності та достатній продуктивності. Проте тривала експлуатація виявила певні недоліки цих машин, пов'язані з нерівномірністю подачі добрив і недостатньою якістю їх розподілу по ширині захвату.

Модернізований вузол розподілення добрив дозволяє: підвищити рівномірність подачі добрив до розкидних елементів; зменшити коливання норми внесення; покращити рівномірність розподілу добрив по поверхні поля; зменшити перевитрати добрив; підвищити якість виконання технологічного процесу.

Отже, модернізація МВУ-8 підвищує ефективність не лише окремої машини, а й усього комплексу технічного забезпечення технології вирощування тритикале.

2.2. Розробка операційно-технологічної карти

Для розроблення операційно-технологічної карти виконання операції внесення мінеральних добрив розкидачем МВУ-8 визначають вихідні умови роботи машинно-тракторного агрегату.

Площа посіву озимого тритикале в господарстві становить 85 га.

Для виконання розрахунків операційно-технологічної карти приймаємо такі вихідні дані:

- Склад агрегату – трактор БЕЛОРУС 1522 у комплекті з розкидачем МВУ-8;

- Довжина гону – 400 м;

- Нахил поля $i = 1^\circ$;

- Фон – зоране поле;

- Робоча ширина захвату – 10 м.

На наступному етапі визначаємо швидкісний режим роботи агрегату під час внесення мінеральних добрив. Робоча швидкість руху повинна знаходитися в межах агротехнічно допустимого діапазону ($V_{\text{арп min}} \geq V_p \leq V_{\text{арп max}}$).

Відповідно до рекомендацій [4], швидкість руху машинно-тракторного агрегату при внесенні мінеральних добрив становить:

$$V_{\text{арп}} = 5 \dots 9 \text{ км / год.}$$

З іншого боку, швидкість агрегату обмежується потужністю двигуна:

$$V_{\text{р. max}}^{\text{Ne}} = \frac{(N_{\text{ен}} \cdot \eta_{\text{ен}} - N_{\text{вом}} / \eta_{\text{вом}}) \cdot \eta_{\text{мг}} \cdot \eta_{\text{б}}}{R_{\text{м}} + G_{\text{тр}} \cdot (f \pm i / 100)}, \quad (2.1)$$

де $N_{\text{ен}}=111 \text{ кВт}$, $N_{\text{вом}}=12 \text{ кВт}$;

$$\eta_{\text{ен}}=0,95; \quad \eta_{\text{вом}} = 0,98$$

$$N_{\text{ен}} = 111 \text{ кВт}; \quad N_{\text{вом}} = 12 \text{ кВт. [4]}$$

ККД трансмісії:

$$\eta_{\text{мг}} = \eta_{\text{ц}}^{\alpha} \cdot \eta_{\text{к}}^{\beta}, \quad (2.2)$$

де

$$\eta_{\text{ц}}=0,98; \quad \eta_{\text{к}}=0,96;$$

$$\eta_{\text{мг}}=0,78 \dots 0,82 \text{ [4].}$$

ККД буксування:

$$\eta_{\text{б}} = 1 - \frac{\delta}{100}, \quad (2.3)$$

де

$$\delta = 11\% [4].$$

$$\eta_6 = 1 - \frac{11}{100} = 0,89.$$

Тяговий опір машини:

$$R_M = (G_{ГП} + G_{ГР}) \cdot (f + i/100), \quad (2.4)$$

де $G_{ГП} = 44,1$ кН;

$G_{ГР} = 7640$ кг = $74,9$ кН;

$f_M = 0,19$ [4].

$$R_M = (44,1 + 74,9) \cdot (0,19 + 1/100) = 23,8 \text{ кН.}$$

Знайдемо швидкість руху згідно наведених вище даних:

$$V_{p,max}^{Ne} = \frac{(111 \cdot 0,95 - 12/0,98) \cdot 0,8 \cdot 0,89}{23,8 + 60,76 \cdot (0,19 + 1/100)} = 1,85 \text{ м/с} = 6,7 \text{ км/год.}$$

Таким чином, $V_{p,max}$ відповідає агротехнічним межах швидкостей -

$$V_p = 5 \dots 9 \text{ км / год} = 1,4 \dots 2,5 \text{ м/с.}$$

Вибір передач трактора здійснюється з урахуванням забезпечення агротехнічно допустимого діапазону швидкостей руху агрегату.

На основі отриманого діапазону швидкостей визначаємо основну та резервну робочі передачі трактора, які забезпечують ефективне виконання технологічної операції.

Основна: 3 передача III діапазон, де $V = 7,1$ км / год = $1,97$ м / с,

Додаткова: 3 передач II діапазон $V = 5,2$ км / год = $1,44$ м / с.

Фактичний коефіцієнт завантаження двигуна η_{ep} під час роботи агрегату на основній передачі визначається за відповідною розрахунковою залежністю:

$$\eta_{e.p} = \frac{N_{e.p}}{N_{e.H}} \cdot \quad (2.5)$$

На холостому режимі роботи:

$$\eta_{e.x} = \frac{N_{e.x}}{N_{e.H}} \cdot \quad (2.6)$$

Знайдемо потужність на робочому ході:

$$N_{e.p} = \frac{(R_M + P_\alpha + P_f) \cdot V_p}{\eta_{MГ} \cdot \eta_\delta} + \frac{N_{BOM}}{\eta_{BOM}} \cdot \quad (2.7)$$

Потужність на холостому ході:

$$N_{e.x} = \frac{(R_M + P_\alpha + P_f) \cdot V_p}{\eta_{MГ} \cdot \eta_\delta} = \frac{\left(G_{TP} \cdot (f_T + i/100) + \left(G_{ITP} + \frac{1}{2} \cdot G_{TP} \right) \cdot (f + i/100) \right) \cdot V_x}{\eta_{MГ} \cdot \eta_\delta} ; \quad (2.8)$$

$$P_\alpha = G_{TP} \cdot i/100 ; \quad (2.9)$$

$$P_\alpha = 60,76 \cdot 1/100 = 0,61 \text{ кН.};$$

$$P_f = G_{TP} \cdot f_T , \quad (2.10)$$

де $f_T = 0,16$, [8].

$$P_f = 60,76 \cdot 0,16 = 9,7 \text{ кН.}$$

Потужність на робочому ході:

$$N_{e.p} = \frac{(23,8 + 0,61 + 9,7) \cdot 1,85}{0,89 \cdot 0,8} + \frac{12}{0,98} = 100,87 \text{ кВт.}$$

Таким чином, коефіцієнт завантаження двигуна трактора під час виконання робочого ходу становитиме:

$$\eta_{e.p} = \frac{100,87}{111} = 0,91$$

Потужність на холостому ходу:

$$N_{e.x} = \frac{\left(60,76 \cdot (0,16 + 1/100) + \left(44,1 + \frac{1}{2} \cdot 74,9 \right) \cdot (0,19 + 1/100) \right) \cdot 1,44}{0,89 \cdot 0,8} = 47,5 \text{ кВт.}$$

Таким чином, коефіцієнт завантаження двигуна трактора під час виконання холостого ходу становитиме:

$$\eta_{e.x} = \frac{47,5}{111} = 0,43$$

Підготовка агрегату до роботи передбачає перевірку комплектності та технічного стану машини, а також оцінювання працездатності гідросистеми трактора.

Для виконання технологічної операції приймаємо човниковий спосіб руху агрегату.

Для обраного способу руху визначають коефіцієнт робочих ходів φ , радіус повороту R_0 , довжину виїзду агрегату e , ширину поворотної смуги E та робочу довжину гону L_p .

Оптимальна ширина заїмки за човникового способу руху не розраховується.

Для причіпного розкидача радіус повороту $R_o = (1 \dots 1,5) B$ [4]. Приймаємо $R_o = 12,5$ м.

Довжина виїзду агрегату:

$$e = (0,25 \dots 0,75) \cdot l_k. \quad (2.11)$$

Кінематична довжина агрегату, м:

$$l_k = l_T + l_M, \quad (2.12)$$

де $l_T = 1,58$ м;

$l_M = 6,8$ м.

$$l_k = 1,58 + 6,8 = 8,38 \text{ м.}$$

Тоді

$$e = 0,5 \cdot 8,38 = 4,2 \text{ м.}$$

Згідно рекомендацій [4] визначаємо φ , E , та C_{opt} .

Поворотну смугу на полі виділяють у разі відсутності можливості виконання розворотів агрегату за його межами.

Ширину поворотної смуги визначають за такою залежністю:

$$E = 3 \cdot R_o + e = 3 \cdot 12,5 + 4,2 = 41,7. \quad (2.13)$$

Ширина поворотної смуги повинна бути кратною ширині захвату агрегату.

Число проїздів агрегату по поворотній смузі $n = E/V_p$:

$$n = \frac{41,7}{10} = 4,17 \approx 4.$$

Тоді

$$E_{\text{опт}} = 10 \cdot 4 = 40 \text{ м.}$$

Знайдемо коефіцієнт робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} = \frac{L_p}{L_p + 6 \cdot R_o + 2 \cdot e} \quad (2.14)$$

Знайдемо робочу довжину гону:

$$L_p = L - 2 \cdot E; \quad (2.15)$$

$$L_p = 400 - 2 \cdot 40 = 320 \text{ м.}$$

Тоді

$$\varphi = \frac{320}{320 + 6 \cdot 12,5 + 2 \cdot 4,2} = 0,83.$$

Середню довжину холостого ходу агрегату під час виконання повороту за схемою грушоподібної петлі визначають за такою формулою:

$$l_{xx} = (6,6 \dots 8) \cdot R_o + 2 \cdot e; \quad (2.16)$$

$$l_{xx} = 6,6 \cdot 12,5 + 2 \cdot 4,2 = 90,9 \text{ м.}$$

Знайдемо довжину технологічного шляху:

$$l_{\text{ост}} = \frac{10^4 \cdot Q_K}{g \cdot B_p}, \quad (2.17)$$

де $Q_K = 7,64$;
 $h = 0,150$ т/га.

$$l_{\text{ост}} = \frac{10^4 \cdot 7,64}{0,15 \cdot 10} = 50933 \text{ м.}$$

Знайдемо кількість робочих ходів до завантаження агрегату:

$$n = \frac{l_{\text{ост}}}{L_p}; \quad (2.18)$$

$$n = \frac{50933}{320} = 159,16.$$

Приймаємо $n = 159$ ходів.

Тоді

$$l_{\text{ост}} = 159 \cdot 320 = 50880 \text{ м.}$$

Кількість робочих циклів, що виконує агрегат протягом зміни, визначають за такою розрахунковою залежністю:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{см}} \cdot (T_{\text{п.з}} + T_{\text{ф}} + T_{\text{т.о}})}{t_{\text{ц}}}, \quad (2.19)$$

де $T_{\text{см}} = 7$ год;

$T_{\text{ф}} = 0,5$ год;

$T_{\text{т.о}} = 0,21$ год [4].

Підготовчо-заклучний час дорівнює:

$$T_{\text{п.з}} = T_{\text{е.т.о}} + T_{\text{п.п}} + T_{\text{п.н.к}} + T_{\text{п.н}} , \quad (2.20)$$

де $t_{\text{ето}}=0,55$ год;

$t_{\text{пп}}=0,06$ год;

$t_{\text{пн}}=0,07$ год;

$t_{\text{пнк}} = 0,09$ год [4].

$$T_{\text{п.з}} = 0,55 + 0,06 + 0,07 + 0,09 = 0,77 \text{ год.}$$

Час технологічного циклу агрегату для внесення добрив:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{р.ц}} + t_{\text{х.ц}} + t_{\text{техн.ц}} = \frac{2 \cdot L'_p}{1000 \cdot V_p} + \frac{2 \cdot l_x}{1000 \cdot V_x} + \frac{2 \cdot L'_p}{L_{\text{техн.ф}}} \cdot t_0 , \quad (2.21)$$

де $t_{01}=5$ хв [4].

Тривалість однієї технологічної зупинки агрегату визначається відповідно до умов виконання технологічного процесу та становить:

$$t_0 = \frac{W_M}{W_{\text{зАЗ-1}}} , \quad (2.22)$$

де $W_{\text{зАЗ-1}}=14,4$ т/год.

Тоді

$$t_0 = \frac{7,64}{14,4} = 0,53 \text{ год;}$$

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 320}{1000 \cdot 7,1} + \frac{2 \cdot 90,9}{1000 \cdot 5,2} + \frac{2 \cdot 320}{50880} \cdot 0,53 = 0,13 \text{ год}$$

Кількість циклів агрегату за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{7 - (0,77 + 0,5 + 0,21)}{0,13} = 42,46$$

Приймаємо $n_{\text{ц}} = 42$ цикли.

Знайдемо дійсну тривалість зміни:

$$T_{\text{см}} = t_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}} + T_{\text{пз}} + T_{\text{ф}} + T_{\text{то}}; \quad (2.23)$$

$$T_{\text{см}} = 0,13 \cdot 42 + 0,77 + 0,5 + 0,21 = 6,94 \text{ год.}$$

Чистий робочий час технологічного циклу:

$$T_{\text{р}} = t_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}}; \quad (2.24)$$

$$T_{\text{р}} = 0,13 \cdot 42 = 5,46 \text{ год.}$$

Час на холості повороти за зміну:

$$T_{\text{х}} = \frac{l_{\text{х}}}{3600 \cdot V_{\text{х}}} \cdot n_{\text{у}}; \quad (2.25)$$

$$T_{\text{х}} = \frac{2 \cdot 90,9}{1000 \cdot 5,2} \cdot 42 = 1,47 \text{ год.}$$

Знайдемо коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{cm}}; \quad (2.26)$$

$$\tau = \frac{5,46}{6,94} = 0,79.$$

Знайдемо продуктивність агрегату МВУ-8.

За годину:

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau; \quad (2.27)$$

$$W_{\text{ч}} = 0,36 \cdot 10 \cdot 1,85 \cdot 0,75 = 5 \text{ га/год.}$$

За зміну:

$$W_{\text{см}} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{\text{см}} \cdot \tau; \quad (2.28)$$

$$W_{\text{см}} = 0,36 \cdot 10 \cdot 1,85 \cdot 6,94 \cdot 0,75 = 35 \text{ га/зм.}$$

Витрати палива на один гектар:

$$\Theta = \frac{(G_{T_p} \cdot T_p + G_{T_x} \cdot t_x + G_{T_0} \cdot t_0)}{W_{\text{см}}}. \quad (2.29)$$

Тривалість зупинок:

$$T_0 = T_{\text{см}} - (T_p + T_x); \quad (2.30)$$

$$T_0 = 7 - (5,46 + 1,47) = 0,07 \text{ год.}$$

Знайдемо годинні витрати палива за режимами роботи двигуна:

$$G_{TP} = G_{xd} + (G_{th} - G_{xd}) \cdot \frac{N_{ep}}{N_{en}}; \quad (2.31)$$

$$G_{TX} = G_{xd} + (G_{th} - G_{xd}) \cdot \frac{N_{ex}}{N_{en}}; \quad (2.32)$$

$$G_{TO} = (0,12...0,15) \cdot G_{TP}. \quad (2.33)$$

Отже

$$G_{TP} = 9,4 + (25,4 \cdot 9,4) \cdot \frac{100,87}{111} = 23,9 \text{ кг/год};$$

$$G_{TP} = 8,9 + (25,4 \cdot 8,9) \cdot \frac{47,6}{111} = 16 \text{ кг/год};$$

$$G_{TO} = 0,14 \cdot 23,9 = 3,35 \text{ кг/год}.$$

Тоді

$$\Theta = \frac{(23,9 \cdot 5,46 + 16 \cdot 1,47 + 3,35 \cdot 0,7)}{35} = 4,28 \text{ кг/га}.$$

Питомі витрати праці на виконання операції внесення мінеральних добрив і передпосівного обробітку ґрунту в розрахунку на 1 га визначають за такою формулою:

$$z = \frac{(m_{мех} + m_{всп}) \cdot T_{см}}{W_{см}}. \quad (2.34)$$

Для агрегату МВУ-8 $m_{всп}=0$.

$$z = \frac{1 \cdot 6,94}{35} = 0,19 \text{ год/га}.$$

Узгодження роботи агрегатів не потребується, оскільки агрегат

БЕЛАРУС-1522 + МВУ-8 виконує як технологічні операції з внесення мінеральних добрив, так і транспортні функції, забезпечуючи самостійне виконання виробничого процесу.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування конструкції розкидача мінеральних добрив МВУ - 8

Розкидач мінеральних добрив МВУ-8 призначений для транспортування та поверхневого суцільного внесення в ґрунт гранульованих мінеральних добрив, вапнякових матеріалів, дефекату та інших сипких речовин. Машина використовується як для основного внесення добрив, так і для підживлення посівів зернових культур, зокрема тритикале. Завдяки високій продуктивності та простоті конструкції розкидачі типу МВУ-8 широко застосовуються в господарствах України.

Розкидач є напівпричіпною машиною і агрегується з тракторами тягового класу 1,4–2,0, обладнаними валом відбору потужності та гідросистемою.



Рисунок 3.1 – Розкидач мінеральних добрив МВУ-8

Конструкція машини включає такі основні вузли: раму; ходову систему; кузов (бункер) для добрив; донний транспортер; дозувальний пристрій; розсіювальний механізм; привід робочих органів; гідравлічну систему; електрообладнання.

Основою конструкції є зварна рама, на якій змонтовані всі робочі вузли машини. До передньої частини рами приєднано причіпний пристрій для агрегування з трактором.

На рамі встановлено одновісний хід із пневматичними колесами, який забезпечує транспортування машини по дорогах і роботу в польових умовах.

Бункер для добрив. Бункер призначений для завантаження, транспортування та подачі добрив до робочих органів машини. Він являє собою металеву конструкцію коробчастої форми з похилими боковими стінками.

Місткість кузова становить близько 6,3 м³, а вантажопідйомність залежно від модифікації досягає 8 т. У сучасних виконаннях бункер часто виготовляється з корозійностійких матеріалів або має захисне покриття, що підвищує довговічність машини при роботі з агресивними мінеральними добривами.

Похилі стінки сприяють самопливному переміщенню добрив до транспортера та запобігають їх зависанню.

Донний транспортер. Подача добрив до розсіювального пристрою здійснюється за допомогою ланцюгово-планчастого транспортера, розташованого в нижній частині кузова.

Транспортер складається з двох тягових ланцюгів, поперечних планок, ведучого та веденого валів, механізму натягу.

Під час роботи транспортер переміщує шар добрив у напрямку задньої частини машини до дозувального вікна. Швидкість руху транспортера визначає норму внесення добрив і регулюється відповідними механізмами приводу.

Дозувальний пристрій. Дозувальний пристрій забезпечує подачу необхідної кількості добрив на розсіювальні диски.

Основними елементами дозатора є: регульована заслінка; напрямний

лоток; механізм регулювання норми внесення.

Зміна положення заслінки дозволяє регулювати висоту шару добрив, що надходять на робочі органи, та встановлювати необхідну норму внесення залежно від агротехнічних вимог.

Норма внесення може змінюватися в широкому діапазоні, що дає можливість використовувати машину для різних видів добрив та технологій вирощування культур.



Рисунок 3.2 – Виконавчі механізми розкидача мінеральних добрив МВУ -8 базової конструкції

Розсіювальний механізм. Основним робочим органом МВУ-8 є дисковий розсіювальний пристрій.

Він складається з двох горизонтальних дисків, розкидальних лопаток, приводних валів, захисних кожухів.

Диски приводяться в обертання від вала відбору потужності трактора. Добрива, що надходять із транспортера, потрапляють на поверхню дисків і під дією відцентрової сили розкидаються по поверхні поля.

Ширина захвату залежить від фізико-механічних властивостей добрив та режиму роботи машини і становить від 8 до 20 м.

Саме розсіювальний механізм значною мірою визначає якість внесення добрив та рівномірність їх розподілу по площі поля.

Привід робочих органів є комбінованим. Обертання розсіювальних дисків здійснюється від вала відбору потужності трактора через карданну передачу та систему редукторів.

Привід транспортера реалізований через гідравлічну систему або гідромотор, що дозволяє плавно регулювати швидкість подачі добрив та норму внесення.

Таке конструктивне рішення забезпечує незалежне регулювання подачі матеріалу та роботи розсіювальних дисків.

Переваги та недоліки розкидача МВУ-8.

До основних переваг машини належать простота конструкції; висока ремонтпридатність; достатня продуктивність; велика місткість кузова; можливість роботи з різними видами добрив; невисокі експлуатаційні витрати; агрегування з поширеними тракторами типу МТЗ.

Завдяки цим перевагам розкидач МВУ-8 залишається затребуваним у багатьох господарствах.

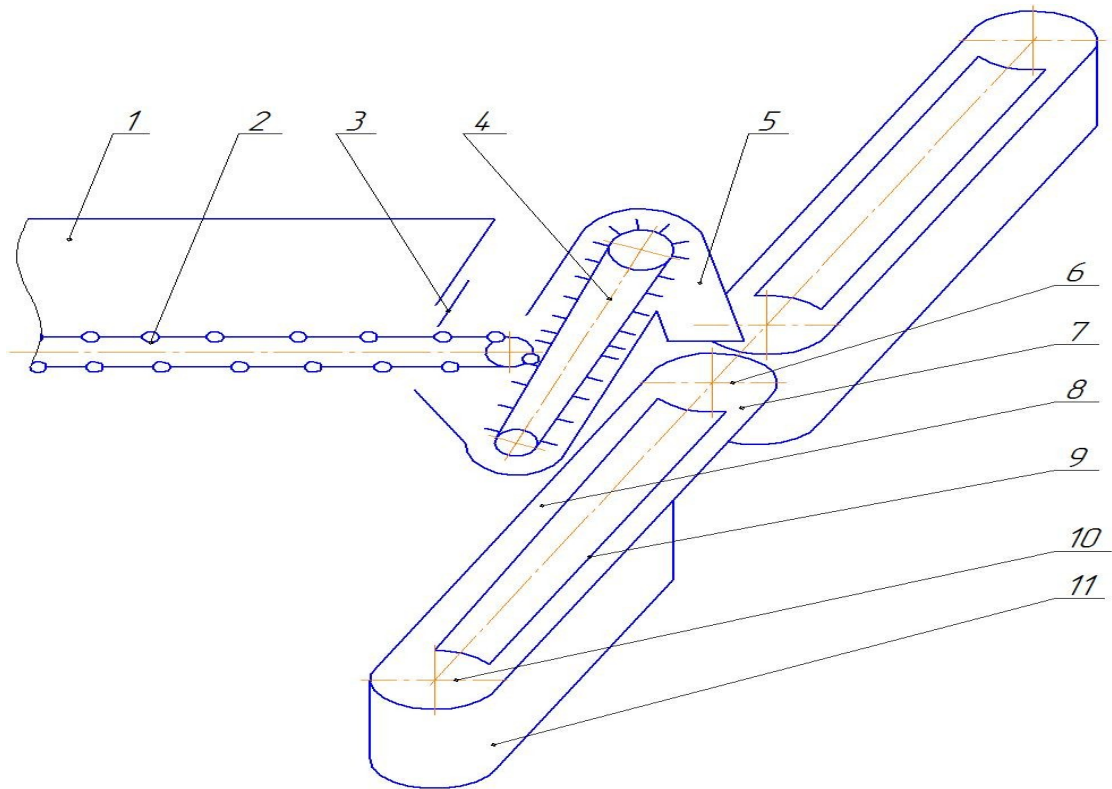
Аналіз експлуатації розкидачів МВУ-8 показує наявність низки недоліків: нерівномірна подача добрив до розсіювальних дисків; можливе утворення склепінь та зависання добрив у бункері; нерівномірність розподілу добрив по ширині захвату; зниження якості роботи при використанні зволжених або злежаних добрив; підвищене зношування елементів транспортера та лопаток дисків; недостатня точність дозування порівняно із сучасними машинами.

Особливо суттєвим недоліком є нерівномірність подачі добрив до розсіювальних дисків, що призводить до коливання норми внесення та погіршення рівномірності розподілу поживних речовин по площі поля.

Тому з метою зменшення нерівномірності розподілення добрив в конструкції розкидача МВУ-8 замість розкидних дисків пропонується застосувати штанговий розподілювач з транспортуючим, зворотнім спіральним транспортером (рис.3.3).

Штанговий розподільник слугує для поверхневого внесення хімічних меліорантів і пилоподібних мінеральних добрив.

Конструкція розподільника включає такі основні вузли: транспортер, дві розподільні штанги, контрпривід та транспортні опори.



1 - кузов розкидача; 2 - прутковий транспортер; 3 – регулювання заслінки машини; 4 – скребковий похилий транспортер; 5 - вивантажувальна горловина; 6 - ведучий завантажувальний шків; 7 - транспортуюча спіраль; 8 - подавальна гілка штанги з висівними отворами; 9 - поворотна гілка з висівними отворами; 10 - ведений шків з кожухом; 11 – вітрозахисний фартух.

Рисунок 3.3 – Технологічна схема розподільника штангового для розкидача мінеральних добрив МВУ-8

Транспортер призначений для подачі меліоранта від конвеєра живильника МВУ-8 до завантажувальних горловин розподільних штанг. Конструктивно він являє собою зварний корпус, усередині якого на приводному та натяжному валах зі зірочками встановлено два ланцюгові

контури зі скребками. Натяг транспортних ланцюгів регулюється за допомогою двох натяжних гвинтів. Для очищення транспортера кожух натяжного вала обладнаний відкидною кришкою. На корпусі транспортера розміщені черв'ячні редуктори приводу штанг і поворотні кронштейни їх кріплення. Вивантажувальна частина виконана у вигляді двох горловин. Привід транспортера здійснюється від ведучого вала конвеєра-живильника через запобіжну кулачкову муфту.

Штанги призначені для транспортування меліоранта, що надходить із транспортера, до висівних отворів та його рівномірного внесення в ґрунт.

Кожна штанга складається з подавальної та зворотної труб, обладнаних висівними отворами. Труби з'єднані фланцями з корпусами ведучого та веденого шківів приводу робочої спіралі. Штанги оснащені завантажувальними горловинами, які в робочому положенні з'єднуються з горловинами транспортера, а також висівними отворами круглої та довгастої форми, розташованими відповідно на подавальних і зворотних трубах.

Круглі отвори забезпечують внесення мінімальних доз меліорантів. Для регулювання норми внесення та її доведення до необхідного значення передбачені довгасті отвори, які частково перекриваються заслінками. Переміщення заслінок здійснюється системою тяг за допомогою рукояток керування.

Для монтажу та контролю стану транспортних спіралей на штангах встановлені розрізні трубчасті кришки. З метою зменшення розпилення меліорантів під дією вітру передбачені знімні матерчаті фартухи.

Передача крутного моменту на приводні шківів штанг здійснюється через кулачкові запобіжні муфти.

Контрпривід призначений для збільшення частоти обертання ведучого вала транспортера та включає блок зірочок і дві ланцюгові передачі.

Транспортні опори забезпечують переведення штанг у транспортне положення та їх надійну фіксацію.

Запропонований штанговий розподільник може використовуватися як

змінний робочий орган, що розширює функціональні можливості машини МВУ-8. Це дозволяє застосовувати базову машину як зі штанговим розподільником, так і з відцентровими робочими органами для внесення мінеральних добрив у періоди найбільшої інтенсивності польових робіт.

3.2. Технологічні розрахунки розкидача мінеральних добрив МВУ-8

Для проведення технологічних розрахунків приймаємо такі вихідні дані:

вантажопідйомність розкидача - 8 т;

місткість кузова - 6,3 м³;

робоча ширина захвату - 10 м;

робоча швидкість руху агрегату - 1,97 м/с;

норма внесення мінеральних добрив - 400 кг/га;

коефіцієнт використання часу зміни - 0,79;

тривалість зміни - 7 год.

Проведемо розрахунок витрати добрив за годину роботи

$$Q_{\text{год}} = W_{\text{ф}} \cdot H; \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{год}} = 5 \cdot 400 = 2000 \text{ кг/год.}$$

Отже, за одну годину роботи агрегат вносить 2 т мінеральних добрив.

Площа, яку можна обробити за одне повне завантаження кузова, визначається за формулою:

$$F_{\text{зав}} = G / H; \quad (3.2)$$

$$F_{\text{зав}} = 8000 / 400 = 20 \text{ га.}$$

Отже, при нормі внесення 400 кг/га одного завантаження МВУ-8 вистачає на 20 гектарів.

Час роботи агрегату на одному завантаженні визначається за формулою:

$$t_{\text{зав}} = F_{\text{зав}} / W_{\text{ф}}; \quad (3.3)$$

$$t_{\text{зав}} = 20 / 5 = 4 \text{ год.}$$

Отже, одне завантаження кузова витрачається за 4 год.

Кількість завантажень за зміну визначається за формулою:

$$n = W_{\text{зм}} \cdot H / G; \quad (3.4)$$

$$n = 35 \cdot 400 / 8000 = 1,75.$$

Отже, за зміну необхідно виконати приблизно 2 завантаження розкидача.

Секундна подача добрив до розсіювального апарата визначається за формулою:

$$q = H \cdot B \cdot V / 10000; \quad (3.5)$$

$$q = 400 \cdot 10 \cdot 1,97 / 10000 = 0,788 \text{ кг/с.}$$

Отже, для забезпечення норми внесення 400 кг/га загальна подача добрив повинна становити 0,8 кг/с.

Подача добрив за одну хвилину:

$$q_{\text{хв}} = q \cdot 60; \quad (3.6)$$

$$q_{\text{хв}} = 0,788 \cdot 60 = 47,28 \text{ кг/хв.}$$

Отже, для встановленої норми внесення 400 кг/га подача добрив повинна становити приблизно 48 кг/хв.

Цей показник використовують під час налаштування дозувальної заслінки та перевірки фактичної норми внесення.

Визначимо потребу в добривах для поля площею 85 га.

$$Q_{\text{пол}} = F \cdot H; \quad (3.7)$$

$$Q_{\text{пол}} = 85 \cdot 400 = 34000 \text{ кг} = 34 \text{ т.}$$

Кількість завантажень розкидача:

$$n = Q_{\text{пол}} / G = 34000 / 8000 = 4,25. \quad (3.8)$$

Для обробітку поля площею 85 га потрібно 4 повних завантажень МВУ-8.

3.3. Розрахунок ланцюгового скребкового транспортера

Виконаємо розрахунок ланцюгового скребкового конвеєра (рис. 3.3) продуктивністю 24 т/год, призначеного для транспортування гранульованих мінеральних добрив на висоту $H = 1,2$ м та відстань $L = 1,4$ м.

Для подальших розрахунків приймаємо фізико-механічні властивості матеріалу, що транспортується:

щільність $\rho = 0,82 \text{ т/м}^3$ [2];

коефіцієнт тертя у стані спокою $f_0 = 0,58$ [2];

кут природного відкосу у стані спокою $\varphi_0 = 30^\circ$ [2];

швидкість руху ланцюга $V_{\text{ц}} = 1$ м/с [2].

Висоту жолоба транспортера визначаємо за такою залежністю:

$$h_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{Q}{3600 \cdot V_{\text{ц}} \cdot \rho \cdot \Psi \cdot K_{\text{ж}} \cdot K_{\beta}}}, \quad (3.9)$$

де $Q = 24$ т/год;

$V_{\text{ц}} = 0.58$ м/с;

$\rho = 0.82$ т/м³;

$\Psi = 0.6$ [2];

$K_{\text{ж}} = 3$ [2].

Знайдемо кут нахилу транспортера до горизонту:

$$\beta = \arcsin \left(\frac{H_{\text{в}}}{L} \right), \quad (3.10)$$

де $H_{\text{в}} = 1,2$ м;

$L = 1,4$ м;

$$\beta = \arcsin \left(\frac{1,2}{1,4} \right) = 60^\circ.$$

Згідно [8] коефіцієнт, що враховує кут нахилу транспортера до горизонту $K_{\beta} = 0.2$.

$$h_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{24}{3600 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 0,58 \cdot 3 \cdot 0,2}} = 0,153 \text{ м}.$$

Проведемо розрахунок ширини жолоба:

$$B_{\text{ж}} = K_{\text{ж}} \cdot h_{\text{ж}}; \quad (3.11)$$

$$B_{\text{ж}} = 3 \cdot 0.153 = 0.459 \text{ м.}$$

Приймаємо з урахуванням рекомендацій [8] скребки та жолоб з такими розмірами:

$$h_{\text{с}} \times H_{\text{д}} = 200 \times 500 \text{ мм};$$

$$h_{\text{ж}} \times B_{\text{ж}} = 170 \times 510 \text{ мм.}$$

Кількість тягових ланцюгів приймаємо 2, оскільки $H_{\text{д}} > 300 \text{ мм}$.

Крок скребків:

$$t_{\text{с}} = (2 \dots 4) \cdot h_{\text{с}}; \quad (3.12)$$

$$t_{\text{с}} = 2 \cdot 200 = 400 \text{ мм.}$$

Фактична продуктивність:

$$Q_{\text{ф}} = 3600 \cdot h_{\text{ж}}^2 \cdot \rho \cdot \psi \cdot K_{\text{ж}} \cdot K_{\beta} \cdot V_{\text{ц}}; \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{ф}} = 3600 \cdot 0.170^2 \cdot 0.82 \cdot 0.6 \cdot 3 \cdot 0.2 \cdot 1 = 30,7 \text{ т/ГОД.}$$

3.3.1. Визначення статичних опорів

Проведемо розрахунок погонних мас вантажу та тягового органу:

$$q_{\Gamma} = \frac{30,7}{3,6 \cdot 1} = 8,5 \quad (3.14)$$

$$q_o \approx K_o \cdot q_{\Gamma}, \quad (3.15)$$

де

$$K = 0.8 [6].$$

$$q_o \approx 0.8 \cdot 8,5 = 6,8 \text{ кг.}$$

Згідно [8] знайдемо коефіцієнти:

- Опору руху вантажу:

$$\omega_{\Gamma} = 1.1 \cdot f_{\text{д}}, \quad (3.16)$$

$$f_{\text{д}} \approx (0.7 \dots 0.9) \cdot f_o. \quad (3.17)$$

Тоді

$$f_{\text{д}} \approx 0.8 \cdot 0.58 = 0.46 ;$$

$$\omega_{\Gamma} = 1.1 \cdot 0.46 = 0.51 .$$

- Опір руху робочих органів $\omega_o = 0.3$.

- Опору руху на холостий гілки $\omega_o^! = 0.3$.

Знайдемо опір завантаженню:

$$W_1 = \frac{Q_{\phi} \cdot V_{\text{н}}}{3.6} ; \quad (3.18)$$

$$W_1 = \frac{30,7 \cdot 1}{3.6} = 8,5 \text{ Н.}$$

Знайдемо опір на робочій ділянці:

$$W_2 = (q_r \cdot \omega_r + q_o \cdot \omega_o) \cdot \cos\beta \cdot q \cdot L + (q_r + q_o) \cdot \sin\beta \cdot q \cdot L \quad (3.19)$$

$$W_2 = (8,5 \cdot 0,51 + 6,8 \cdot 0,3) \cdot \cos 60^\circ \cdot 9,81 \cdot 1,4 + (8,5 + 6,8) \cdot \sin 60^\circ \cdot 9,81 \cdot 1,4 = 226,6 \text{ Н.}$$

Знайдемо опір на холостій ділянці:

$$W_3 = q_o \cdot \omega_o \cdot \cos\beta \cdot q \cdot L - q_o \cdot \sin\beta \cdot q \cdot L ; \quad (3.20)$$

$$W_3 = 6,8 \cdot 0,3 \cdot \cos 60^\circ \cdot 9,81 \cdot 1,4 - 6,8 \cdot \sin 60^\circ \cdot 9,81 \cdot 1,4 = 67,2 \text{ Н.}$$

Знайдемо необхідне колове зусилля на приводній зірочці:

$$F_o = C_1^m \cdot C_2^n \cdot \sum W_i, \quad (3.21)$$

де $C_1 = 1,1$ [8];

$m = 1$;

$C_2 = 1,05$ [8];

$n = 0$;

$$F_o = 1,1 \cdot (8,5 + 226,6 \cdot 67,2) = 184,7 \text{ Н.}$$

3.3.2. Підбір тягового ланцюга

Розрахунковий натяг у набігаючій вітці:

$$F_{\text{расч}} = (1,5 \dots 2,0) \cdot F_o, \quad (3.22)$$

$$F_{\text{расч}} = 2 \cdot 184,7 = 369,4 \text{ Н.}$$

Руйнівне навантаження тягового ланцюга:

$$F_{\text{разр}} = 0.6 \cdot K_3 \cdot F_{\text{расч}}, \quad (3.23)$$

де $K_3 = 10$ [8].

$$F_{\text{разр}} = 0.6 \cdot 10 \cdot 369,4 = 2216,4 \text{ Н.}$$

Для транспортера приймаємо тяговий пластинчастий ланцюг М-12,5-2-100-1-1.1-0-1-4 згідно з ГОСТ 588-81 [8].

Обраний ланцюг типу М характеризується руйнівним навантаженням 12,5 кН, належить до типу 2 - роликовий, має крок 100 мм та виконання 1 - нерозбірне. Ланцюг оснащений приєднувальними елементами типу 1.1 у вигляді спеціальних пластин з одним отвором у полиці. Виконання 0 передбачає відсутність міжцентрової відстані, а приєднувальні елементи розміщуються з одного боку ланцюга з чергуванням через 4 кроки.

Уточнимо крок скребків:

$$t_c = t_{\text{ц}} \cdot k_3, \quad (3.24)$$

де $t_{\text{ц}} = 100$ мм;

$k_3 = 4$.

$$t_c = 100 \cdot 4 = 400 \text{ мм.}$$

3.3.3. Фактичні розрахункові натяги ланцюга та коефіцієнт запасу міцності

Натяг тягового ланцюга в характерних точках транспортера визначаємо методом послідовного обходу контуру. Розрахунок розпочинаємо з точки мінімального натягу ланцюга ($F_{\min} = 1000 \dots 5000$) Н [8]:

$$F_4 = F_{\min}; \quad (3.25)$$

$$F_4 = 1000 \text{ Н.}$$

$$F_3 = F_4 + W_3; \quad (3.26)$$

$$F_3 = 1000 \cdot 67,2 = 932,8 \text{ Н.}$$

$$F_2 = F_3 \cdot C_1; \quad (3.27)$$

$$F_2 = 932,2 \cdot 1,1 = 1025,42 \text{ Н.}$$

$$F_1 = F_2 + W_1 + W_2; \quad (3.28)$$

$$F_1 = 1025,42 + 8,5 + 226,6 = 1260,52$$

Динамічне зусилля в ланцюзі:

$$F_{\text{дин}} = 6 \cdot (q_{\Gamma} + \lambda \cdot q_0) \cdot L \cdot \left(\frac{\pi \cdot V_u}{z} \right), \quad (3.29)$$

де $\lambda = 2$ [8];

$z = 6 \dots 30$ [8].

$$F_{\text{дин}} = 6 \cdot (8,5 + 2 \cdot 6,8) \cdot 1,4 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 1}{30} \right) = 19,4 \text{ Н.}$$

Фактичний натяг ланцюга:

$$F_{\text{расч}}^{\phi} = 0.6 \cdot (F_{\text{max}} + F_{\text{дин}}) ; \quad (3.30)$$

$$F_{\text{расч}}^{\phi} = 0.6 \cdot (1260,52 + 19,4) = 768 \text{ Н.}$$

Фактичний коефіцієнт запасу міцності:

$$K_3 = \frac{F_{\text{разр}}^{\text{табл}}}{F_{\text{расч}}^{\phi}} \geq [K_3], \quad (3.31)$$

де $F_{\text{разр}}^{\text{табл}} = 28 \text{ кН}$;

$[K_3] = 8 [5]$.

$$K_3 = \frac{12,5 \cdot 10^3}{768} = 16,2$$

$16,2 > 8$ - Умова виконана.

3.3.4. Перевірка скребків на стійкість

Знайдемо кут відхилення скребка:

$$\text{tg}\alpha = \frac{2 \cdot W^I \cdot h_c}{t_{\text{ш}} \cdot (2 \cdot F_i + W^I)}, \quad (3.32)$$

де

$$W^I = (q_{\Gamma} \cdot \omega_{\Gamma} + q_o \cdot \omega_o) \cdot t_c \cdot q; \quad (3.33)$$

$$W^I = (8,5 \cdot 0,51 + 6,8 \cdot 0,3) \cdot 0,4 \cdot 9,81 = 25 \text{ Н.}$$

Отже

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \cdot 25 \cdot 0,2}{0,1 \cdot (2 \cdot 932,8 + 25)} = 0,052;$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} 0,052 = 2^\circ 58'.$$

$$\alpha \leq [\alpha],$$

де

$$[\alpha] = 3^\circ [6].$$

$$2,58 \leq [3] - \text{Умова виконана.}$$

3.3.5. Розрахунок натяжного пристрою

Знайдемо діаметр гвинта натяжного пристрою:

$$d \geq \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot F}{\pi \cdot [\sigma_{\text{г}}]}}, \quad (3.34)$$

де

$$F = \frac{F_2 + F_3}{2}; \quad (3.35)$$

$$F = \frac{932,8 + 1025,42}{2} = 979,1 \text{ Н.}$$

Допустима межа міцності:

$$[\sigma]_p = \frac{[\sigma]_r}{S}, \quad (3.36)$$

де $[\sigma]_r = 210$ МПа;
 $S = 5$.

$$[\sigma]_p = \frac{210}{5} = 42 \text{ МПа.}$$

Тоді

$$d \geq \sqrt{\frac{1.3 \cdot 4 \cdot 979,1}{3.14 \cdot 42}} = 6,2 \text{ мм.}$$

З урахуванням вимог достатньої жорсткості та міцності, особливо за значної довжини гвинта натяжного пристрою, мінімальний його діаметр повинен становити 12 мм. Тому для подальших розрахунків приймаємо $d = 12$ мм.

Знайдемо хід натяжного пристрою:

$$S \geq 1.6 \cdot t_u; \quad (3.37)$$

$$S \geq 1.6 \cdot 0.1 = 0.16 \text{ м.}$$

Прийmemo $S = 0.2$ м.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Виникнення травмонебезпечних ситуацій при внесенні мінеральних добрив розкидачами

Кожний небезпечний виробничий фактор незалежно від його виду, рівня та інших властивостей має певну зону своєї дії. Якщо розміри цієї зони мають чітко фіксовані значення, то її можна вважати постійною. Якщо в процесі роботи така зона може змінюватися внаслідок зміни рівня небезпечного фактора, його переміщень у просторі, то вона буде змінною.

У деяких випадках (аварійна ситуація) небезпечний виробничий фактор може значно виходити за межі визначеної (фіксованої) зони. При цьому небезпека травмування працюючого виникає уже за межами небезпечної зони, що була встановлена заздалегідь. Ось чому кожний працюючий на конкретній машині чи на певному робочому місці завжди повинен добре знати про таку небезпеку.

Під час внесення мінеральних добрив постійні небезпечні зони виникають в процесі агрегування машин з трактором, їх регулювання, технічному обслуговуванні трактора і розкидача тощо.

У процесі роботи внаслідок порушення нормативних вимог охорони праці, допущення помилок, виникає можливість потрапляння людини в небезпечну зону. Дія, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, вважається небезпечною. Під час внесення мінеральних добрив попадання в небезпечну зону може бути внаслідок відсутності попереджувальних знаків небезпечних місць, відсутності страхувальних ланцюгів, несправностям гідравлічної системи, порушення відповідних правил експлуатації машинно-тракторного агрегату (регулювання с.г. машини при працюючому двигуні трактора, ліквідація забивання робочих органів на ходу, використання несправних розкидачів тощо).

Робота МТА може супроводжуватися небезпечними умовами, яка

визначається недоліками конструкцій машин, технологічного обладнання, низьким рівнем організації праці.

Вищенаведені явища, що формують небезпечну, ситуацію мають певну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і їх наслідки - аварія (А), травма (Т) належать до випадкових явищ. Виявити їх завчасно і попередити ці наслідки вдається не завжди.

У зв'язку з цим необхідно моделювати процеси формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків, і на підставі їхнього аналізу попереджувати існуючі і потенційні небезпеки.

Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій під час внесення органічних добрив машинно-тракторним агрегатом у складі трактора Беларус-1522 та розкидача МВУ-8 та визначення заходів з їх запобігання наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій під час внесення органічних добрив

Вид робіт, склад агрегату	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Внесення мінеральних добрив (Беларус 1522 +МВУ-8)	На полі можуть знаходитись сторонні предмети (каміння, деревина) НУ ₁	Під час маневру трактор наїжджає на сторонній предмет НД	Сторонні предмети на полі потрапляють під керовані колеса НС ₁ , відбувається зміна траєкторії руху НС ₂ , викидання добрив в сторону кабіни і можливе її руйнування НС ₃ .	Травма	Поле повинно бути очищене від сторонніх предметів. Небезпечні місця повинні бути позначені вішками.
Модель процесу НУ ₁ →НД→НС ₁ →НС ₂ →НС ₃ →Т					

Кінець таблиці 4.1

	Навісна машина не має пристрою для її фіксування в піднятому положенні НУ ₁ . Можлива технічна несправність гідросистеми НУ ₂ .	Під час ТО с.г. машини працюючий знаходиться під машиною, піднятою гідросистемою НД ₁ .	Можливе самовільне опускання с.г. машини НС ₄	Травма	Важелі гідросистеми трактора повинні мати блокувальний пристрій для запобігання самовільному опусканню начіпної машини
	Модель процесу НУ ₂ → НД ₁ → НС ₄ → Т				
	З'єднання трактора з машиною здійснюється ручними операціями НУ ₃ і з залученням допоміжного працівника НУ ₄	Під час агрегування працівник знаходиться між трактором і машиною НД ₂	Можливий наїзд на допоміжного працівника НС ₅	Аварія. Травма допоміжного працівника	Трактор повинен мати спеціальний пристрій для автоматичного агрегування причіпних машин
	Модель процесу НУ ₃ → НД ₂ → НС ₅ → Т НУ ₄ → ↑				

4.2 Охорона праці при виконанні механізованих робіт із внесення мінеральних добрив

Вся сільськогосподарська техніка, що застосовується на внесенні мінеральних добрив повинна бути справною і повністю укомплектованою набором інструментів, засобами індивідуального захисту та засобами для обслуговування та аптечкою першої медичної допомоги. Агрегати повинні оснащуватись захисними кожухами для уникнення травматизму серед обслуговуючого персоналу.

Під час технічного обслуговування машин у польових умовах за охорону праці відповідає механізатор, що обслуговує даний агрегат; він інструктується із всіх виконуваних ним робіт, а також отримує інструктаж з пожежної безпеки.

Технічне обслуговування машин проводиться тільки у світловий час доби. Всі операції технологічного обслуговування, крім регулювання двигуна, виконуються після повної його зупинки. Перед тим, як виконувати роботу під машиною, її потрібно загальмувати, зупинити двигун, увімкнути одну з передач і підкласти під колеса колодки-упори. Виконуючи роботу під машиною, потрібно використовувати утеплювальні коврики. У випадку необхідності обслуговування в піднятому положенні машина повинна фіксуватись надійними підставками або підвісами, щоб запобігти самовільному опусканню чи падінню машини. Забороняється використовувати для підставок випадкові речі, оскільки вони не відповідають технічним нормативам охорони праці.

Особливу увагу необхідно звернути на безпечне використання тракторів. Робочим місцем на тракторі є кабіна, в якій розміщене сидіння, органи керування і контролю. Кабіна має захисний каркас, що не деформується при перекиданні. Сидіння має бути обладнане пасом безпеки, що запобігає важким травмам механізаторів. Для поліпшення огляду при керуванні агрегатом кабіна має велику площу застакнення. Також встановлені додаткові вікна у нижній частині передньої стінки кабіни для спостереження за точністю руху коліс.

Кабіна має бути обладнана торсійним сидінням з гідроамортизатором, аптечкою, термосом для питної води, склоочисниками, притискним козирком і дзеркалом заднього виду.

Компоновка органів керування повинна відповідати послідовності робочих операцій і частоті користування ними, важелі мають переміщуватись без великих зусиль. Педалі повинні мати підсилювачі.

Кабіна трактора повинна бути повністю герметичною, що запобігає попаданню пилу та неприємних запахів, це є суттєвим під час виконання операцій внесення органічних добрив.

Особливо безпечних умов необхідно дотримуватись при навішуванні с.г.

машин, особливо навісних, на навіски автозчипки. При цьому слід користуватись допомогою допоміжних працівників. Роботу можна розпочинати тільки при надійній фіксації машин на навісці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технології вирощування тритикале шляхом удосконалення технічного забезпечення процесу внесення мінеральних добрив з модернізацією розкидача мінеральних добрив МВУ-8.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз технологій вирощування тритикале, а також запропоновано технічне забезпечення технології вирощування даної культури, тобто проведено формування машинно-тракторного парку для вирощування тритикале.

Розроблено операційно-технологічну карту виконання операції внесення мінеральних добрив машиною МВУ-8, здійснено обґрунтування конструкції розкидача мінеральних добрив.

Запропоновано модернізацію конструкції розкидача добрив шляхом застосування штангового розподілювача з транспортуючим зворотнім спіральним транспортером, замість розкидних дисків.

У межах проектної частини виконано технологічні розрахунки розкидача мінеральних добрив та розрахунок ланцюгового скребкового транспортера штангового розподілювача.

Крім того, у роботі розглянуто причини виникнення травмонебезпечних ситуацій при внесенні мінеральних добрив та розроблено заходи щодо охорони праці та техніки безпеки при виконанні механізованих робіт із внесення добрив.

Модернізований вузол розподілення добрив розкидача МВУ-8 дозволить підвищити рівномірність подачі добрив до розкидних елементів; зменшити коливання норми внесення; покращити рівномірність розподілу добрив по поверхні поля; зменшити перевитрати добрив; підвищити якість виконання технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування машинно-тракторного парку в рослинництві. К.: Вища школа, 1995. 237 с.
2. Бондарев В. С., Дубинець О. І., Колісник М. П. Підйомно-транспортні машини: навч. посіб. Київ : Вища освіта, 2009. 734 с.
3. Гудь, М., Ворошук, В., Олексюк, В., Гагалюк, А. (2024). Оцінка впливу фізико-механічних параметрів наповнювача на динамічну поведінку циліндричної оболонки. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 345 №6(2), 248-253.
4. Довідник з експлуатації МТП/ Ільченко В.Ю., Карасьов П.І., Пітонт А.С., та ін. К.: Урожай, 1987. 368с.
5. Довідник сільського інженера /В.Д.Гречкосій, О.М.Погорілець, І.І.Ревенко та ін./; За ред. В.Д.Гречкосія. 2-е вид., перероб. і доп. К.: Урожай, 1991. 400 с.
6. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві/ В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімот та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. К.: Урожай, 1993. 288с.
7. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 71 с.
8. Іванченко Ф. К. Конструкція і розрахунок підйомно-транспортних машин: підручник. Київ : Вища школа, 1993. 413 с.
9. Методичний посібник до дипломного проектування для студентів денної та заочної форм навчання напряму підготовки – 6.050503 «Машинобудування» з професійним спрямуванням на спеціальність «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»(7.05050312, 8.05050312) для здобуття освітньо-кваліфікаційних рівнів «бакалавр»,«спеціаліст»,«магістр»/Н. І. Хомик, МЯ Сташків, ВП Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця ВА, 2016. 172 с.

10. Муха В.П. Трактори «Беларус», ЮМЗ-6КЛ и ЮМЗ-6КМ. Технічний опис і інструкція з експлуатації. Дніпропетровськ, 1989. 303 с.
11. Недопустимість резонансних коливань пристрою пасивного ножа дообрізувача гички / Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк, В. В. Чомко, І. М. Данчук // Тези XIII МНПК „Актуальні задачі сучасних технологій“, 11-12 грудня 2024 року. Т. : ФОП Паляниця В. А., 2024. С. 69–70.
12. Олексюк А.В. Пошук оптимальних конструкцій сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин / А.В. Олексюк, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей XIV міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2025). Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2025. С. 110-112
13. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi
14. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.
15. ПІ 2.00-013-99. Інструкція з охорони праці для тракториста-машиніста сільськогосподарського виробництва.
16. Технічний сервіс та ремонт машин агровиробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 39 с.
17. Типові норми на механізовані сільськогосподарські роботи /Л.С.Пристапчук, О.Ф.Лук'янчук, В.М.Карпенко. К.: Урожай, 1982. 54 с.
18. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія / Н. І. Хомик, В. П. Олексюк, М. Я. Сташків, А. В. Бабій, Т. А. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.

19. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.

20. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машина сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.

21. Hevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.

22. Roman Hevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. *Scientific Journal of TNTU*. Tern.: TNTU, 2020. Vol 100. No 4. P. 62–74.

23. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Pidgurskyi I., Oleksyuk V., Pidluzhnyi O., Bykiv D., Borys I., Bulaienko R., Stashkiv V., Mushak A. (2024) Methodology of experimental and analytical research of technical systems. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 116, no 4, pp. 50–58.

ДОДАТКИ