

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

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення процесу механізації внесення органічних добрив
з модернізацією розкидача УПТС-15

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-41
спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Кузимків А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Олексюк В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Сташків М.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Бабій А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

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

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

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

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

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Кузимківу Андрію Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу механізації внесення органічних добрив
з модернізацією розкидача УПТС-15

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

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2024 року № 4/7-62

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи

Базова конструкція розкидача УПТС-15, загальний обсяг робіт – 48 га,
склад агрегату: Беларус-1221 + УПТС-15, ширина розкидання – 6 – 7 м,
робоча швидкість – 6 – 12 км/год.

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

Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Проектування технології внесення органічних добрив.

3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки

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

1. Мобільна техніка для внесення органічних добрив – 2А4. 2. Вузли розкидача органічних добрив УПТС-15 – 1А4. 3. Розкидач органічних добрив. Загальний вигляд – 1А4.

4. Силова передача – 1А4. 5. Візок балансирний – 1А4.

6. Операційно – технологічна карта – 1А4. 7. Деталювання – 2А4.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання

24.01.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина	02.02.2024 р.	
2	Проектування технології внесення органічних добрив	10.02.2024 р.	
3	Проектна частина.	05.06.2024 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	10.06.2024 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки	15.06.2024 р.	
6	Ілюстративна частина. Специфікації	20.06.2024 р.	

Студент

(підпис)

Кузимків А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Кузимків Андрій Андрійович.

Тема роботи – «Удосконалення процесу механізації внесення органічних добрив з модернізацією розкидача УПТС-15».

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

Керівник роботи – Олексюк Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

В сучасному сільському господарстві України для внесення органічних добрив широко застосовуються спеціальні машини, які крім цього призначені для перевезення різних сільськогосподарських вантажів на невеликі відстані, в більшості випадків у важких дорожніх умовах.

Внесення органічних добрив пов'язано з сезонністю польових робіт, тому спецмашини знаходиться в експлуатації кілька днів в осінній та весняний періоди. Решту часу машини стоять на зберіганні і не використовуються.

Тому є потреба в удосконаленні конструкції розкидача органічних добрив УПТС-15 з метою його використання не лише для виконання своїх безпосередніх функцій – внесення органічних добрив, а також для транспортування всіх видів кормів (сіна, соломи, сінажу, силосу та ін.) в розсипному вигляді, для їх подрібнення, а також в складі технологічних ліній приготування грубих кормів.

Врахування технологічних особливостей внесення органічних добрив у конкретних умовах господарства дозволить збільшити урожайність основних видів с.г. культур, а запропонований агрегат для внесення добрив підвищить рівень ефективності їх виробництва.

Мета роботи

Основною метою кваліфікаційної роботи є удосконалення процесу

механізації внесення органічних добрив шляхом модернізації розкидача УПТС - 15, що дасть можливість підвищити продуктивність МТА та скоротити затрати праці й часу.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Технологія внесення органічних добрив.

Предмет дослідження. Розкидач органічних добрив УПТС-15.

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

Отримані результати:

- наведено характеристику органічних добрив;
- здійснено аналіз існуючих технологій внесення органічних добрив;
- розроблено операційно-технологічну карту для внесення органічних добрив;
- проведено обґрунтування стосовно комплектування агрегатів для внесення органічних добрив;
- розраховано режими роботи агрегату;
- обґрунтовано кінематичні характеристики МТА і робочої ділянки;
- визначено експлуатаційні затрати на виконання робіт;
- проаналізовано конструкції розкидача органічних добрив УПТС-15 та машин-аналогів;
- проведено обґрунтування режимів роботи транспортера розкидача;
- здійснено розрахунки параметрів з'єднувальної муфти силової передачі розкидача;
- розглянуто причини виникнення травмонебезпечних ситуацій при внесенні органічних добрив розкидачами;
- розроблено заходи щодо охорони праці та техніки безпеки при виконанні механізованих робіт із внесення органічних добрив та запропоновано заходи з охорони ґрунтів.

Практичне значення отриманих результатів.

Врахування технологічних особливостей внесення органічних добрив у конкретних умовах господарства дозволить збільшити урожайність основних видів с.г. культур.

Застосування модернізованого розкидача органічних добрив УПТС-15 поряд виконанням своїх безпосередніх функцій – розкидання органіки, дасть змогу використовувати його для транспортування всіх видів кормів (сіна, соломи, сінажу, силосу та ін.) в розсипному вигляді, для їх подрібнення, а також в складі технологічних ліній приготування грубих кормів.

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 – 59, додатки – 2 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

Ключові слова: розкидач, машинно-тракторний агрегат, трактор, органічні добрива, розкидний пристрій, технологія внесення.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Розділ 2:

G_m - вага машини, кН;

m - маса машини, т;

G_{ep} - вага вантажу, кН;

f_{mp} - коефіцієнт опору коченню трактора;

i - ухил, %;

N_{BOM} - потужність на привід ВВП, кВт;

η_{mz} - ККД трансмісії трактора;

η_{BOM} - ККД приводу валу відбору потужності;

n_n і i_{mp} - номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна (хв^{-1}) і

передавальне число трансмісії на передачі відповідно;

r_0 і $h_{ш}$ - радіус обода і висота шини колеса трактора, м;

$\lambda_{ш}$ - коефіцієнт осадки шини;

G_{ep}' - вага кузова, заповненого наполовину кН;

η_δ - ККД буксування трактора;

k_R - коефіцієнт швидкісного режиму повороту;

U - норма внесення органічних добрив, кг/га;

$t_{х.ц}$ - 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 (завантаження гноєм), що припадає однією кінематичний цикл, год;

$t_{пор}$ - час руху порожнього агрегату, год;

$t_{зруж}$ - час руху завантаженого агрегату, год;

Q_m - необхідна маса матеріалу на завантаження одного агрегату, т;

$W_{ЗПР}$ - продуктивність завантажувального пристрою, т/год;

n_m і $n_{в.р}$ - кількість механізаторів і допоміжних робітників, обслуговуючих МТА.

Розділ 3:

V_K - об'єм кузова, m^3 ;

γ_c - Об'ємна маса гною, $кг / m^3$

g - прискорення вільного падіння, m / c^2 .

F_{TP1} - сила тертя матеріалу по дну кузова, Н;

F_{TP2} - сила тертя матеріалу по бортах кузова, Н;

f_c - коефіцієнт тертя матеріалу по дну кузова;

q - питомий тиск, Н/м;

ΔS - довжина активної частини леза, м;

n - число ножів, що беруть участь в процесі різання;

r_k - радіус барабана, м;

$M_{кр}^{пер}$ - момент необхідний для обертання привідної зірочки подаючого транспортера; Нм;

R – зусилля, необхідне для пересування маси по днищу, Н;

$r_{зв}$ - радіус зірочки, м;

$\eta_{пер}$ - ККД передачі;

$i_{тр}$ - передавальне число редуктора на першій ступені;

$i_{тр}^{общ}$ - загальне передавальне число;

$T_{ном}$ - номінальний момент, Нм;

k - коефіцієнт режиму роботи;

P - потужність електродвигуна, кВт;

ω - кутова швидкість, c^{-1} ;

$n_б$ - частота обертання двигуна, об/хв.;

Z - число пальців.

ЗМІСТ

Вступ	10
1. Оглядова частина	11
1.1 Характерні особливості органічних добрив	11
1.2 Технологія внесення органічних добрив	13
1.3 Мобільна техніка для внесення органіки	15
2. Проектування технології внесення органічних добрив	22
2.1 Розробка операційно-технологічної карти на внесення органічних добрив	22
2.1.1 Комплектування агрегатів для внесення органічних добрив	22
2.1.2 Розрахунок режимів роботи агрегатів	25
2.1.3 Кінематичні характеристики МТА і робочої ділянки	27
2.1.4 Баланс часу зміни	29
2.2 Визначення експлуатаційних затрат на виконання робіт	32
3. Проектна частина	36
3.1 Аналіз конструкції розкидача органічних добрив УПТС-15	36
3.2 Обґрунтування доцільності конструктивної розробки	39
3.3 Технологічні та конструктивні розрахунки	41
3.3.1 Обґрунтування режимів роботи транспортерів	41
3.3.2 Розрахунок параметрів з'єднувальної муфти	46
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	49
4.1 Виникнення травмонебезпечних ситуацій при внесенні органічних добрив розкидачами	49
4.2 Охорона праці при виконанні механізованих робіт із внесення органічних добрив	51
4.3 Заходи з охорони ґрунтів	53
Загальні висновки	55
Перелік посилань	57
Додатки	59

ВСТУП

Глобальний аграрний ринок вимагає не тільки зростання обсягів виробництва аграрної продукції, але й ставить перед виробниками високі стандарти якості. Важливим аспектом у розвитку сільського господарства є використання органічних добрив та засобів з органічних компонентів. Органічні добрива відіграють ключову роль у підвищенні плодючості ґрунтів, особливо враховуючи, що протягом останніх 130 років українські ґрунти втратили близько 30 % гумусу.

Застосування розкидачів для органічних добрив є критичним для збагачення рослин есенціальними поживними речовинами, покращення плодючості ґрунту, збільшення урожайності аграрних культур та покращення якості агропродукції.

Ефективність використання машинно-тракторних агрегатів забезпечується через впровадження відповідних технічних, організаційних систем та інженерно-технічних рішень, які забезпечують високий рівень якості виконання робіт в умовах суворо визначених агротехнічних термінів з оптимальною економічною вигодою відповідно до специфічних умов виробництва.

В сучасному аграрному секторі України спеціалізовані машини для внесення органічних добрив також використовуються для перевезення аграрних вантажів на короткі відстані (до 30 км), зазвичай у складних дорожніх умовах.

Такі спецмашини працюють лише кілька днів протягом осіннього та весняного періодів через сезонність польових робіт, а в інший час перебувають на зберіганні. Таким чином, створення умов для максимального використання потенціалу цієї техніки є ключовим завданням.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Характерні особливості органічних добрив

До категорії органічних добрив включаються стійловий гній, гноївка, торф, фекалії, різні види компостів (зокрема торфогнойовий, торфо-мінеральний та вермікомпост), пташині посліди, сапропелі, осад, зелені добрива, деревна тирса і кора, а також промислові (дефекат) і побутові відходи. Ці добрива складаються з речовин тваринного та рослинного походження, які при розкладі у ґрунті звільняють мінеральні форми поживних елементів, а також збагачують нижній шар ґрунту діоксидом вуглецю, необхідним для фотосинтезу рослин.

Ці добрива застосовуються для покращення родючості різних типів ґрунтів, зокрема вони особливо корисні для легких піщаних і супіщаних ґрунтів. Вони сприяють енергетиці ґрунтових процесів і можуть довготривало позитивно впливати на поживні, теплові, водні і повітряні режими ґрунтів, стимулюючи розвиток ґрунтової біоти, включаючи мікроорганізми, які взаємодіють з кореневою системою сільськогосподарських культур.

Органічні добрива включають важливі макро- і мікроелементи, фізіологічно активні речовини та мікробіоту.

Однак, через відносно низький рівень поживних речовин і велику кількість вологи в цих добривах, їх транспортування на великі відстані не є економічно виправданим. Тому більшість таких органічних добрив використовуються локально, неподалік місць їхнього виробництва, що і зумовило їх назву – місцеві добрива.

Гній є одним із найстаріших і найпоширеніших органічних добрив, який являє собою поєднання твердих та рідких відходів тварин та підстилки. Його склад і удобрювальні властивості залежать від типу тварин, способу їх годівлі, кількості і типу підстилки (наприклад, солома або торф), тривалості періоду утримання у стійлі, методів зберігання тощо. Гній вважається повноцінним

добрином, адже він містить усі необхідні поживні речовини і забезпечує повернення в ґрунт до 50 процентів органічних речовин, 90 процентів азоту, 80 процентів фосфору, 96–98 процентів калію, 75–85 процентів кальцію та мікроелементи.

Пташиний послід, особливо курячий і голубиний, належить до найкращих видів органічних добрив за своїм хімічним складом, тоді як качиний і гусячий вважаються менш цінними. Використання пташиного посліду може призвести до накопичення нітратного азоту в ґрунті, тому його оптимально вносити восени, розподіляючи рівномірно по ділянці. Найефективніше застосування пташиного посліду досягається при його використанні в рідкій формі як підгодівля.

Торф складається з рослинної маси, яка пройшла різні стадії розкладання в умовах високої вологості і обмеженого доступу кисню. Він містить негуміфіковані рослинні рештки, перегній та мінеральні складові. Застосування торфу як добрива відіграє ключову роль у підтримці ґрунтового балансу, оскільки він сприяє формуванню гумусу, схожого на детритний комплекс мінеральних ґрунтів. Також він значно покращує поживний стан, фізичні, хімічні та гідрофізичні властивості ґрунту, що робить його ідеальним для рекультивації ґрунтів. Ефект від використання значних доз торфу, включаючи його в складі компостів, на легких ґрунтах може тривати 15–20 років.

Сидерати представляють собою органічні добрива, що складаються з рослинної маси однорічних або багаторічних бобових рослин, які заорюються у ґрунт, таких як ярий горох, яра вика, кормові боби, гречка, соняшник і інші. По своїй дії ці рослини майже еквівалентні свіжому гною. Поживні елементи з рослинної маси сидератів, потрапляють в ґрунт і поступово розкладаються, стають доступними для наступних культур, а органічна маса допомагає відновленню структури ґрунтів. Деякі сидерати, такі як люпин, гречка і гірчиця, збільшують розчинність фосфатів у ґрунті, забезпечуючи кращий доступ до них рослинам, а люпин ефективно використовує навіть важкодоступні форми калію.

Сапропель є органічними осадами донних відкладів прісних водойм (озера, ставки) з органічним вмістом не менше 15 %. Він утворений залишками озерних рослин і планктону, вирізняючись високою біологічною активністю та адсорбційною спроможністю. Сапропелі є цінним лігніно-гумусовим комплексом з вуглеводнями, бітумами та іншими колоїдними речовинами. Використання сапропелю як добрива підвищує біологічну активність ґрунту, його вологоємність і покращує структуру.

1.2 Технологія внесення органічних добрив

Внесення твердих органічних добрив можливе за допомогою трьох методів: прямої (ферма-поле), перевалочної (ферма-бурт-поле) та двофазної технологій [5].

У рамках прямої технології добрива перевозяться і розподіляються по полю за допомогою одного транспортного засобу. Цей метод ефективний, коли відстань між гноєсховищем та полем є невеликою. Однак, якщо відстань перевищує 5 км, ефективність технології знижується.

Згідно з перевалочною технологією, добрива у періоди вільні від сезонних робіт перевозять на край поля і формують у вали, згодом розподіляючи їх перед оранкою.

У рамках двофазної технології, з урахуванням заданих норм внесення від 10 до 60 т/га, добрива розподіляють на полі купами (вагою до 4 т), а потім розсіюють спеціалізованими агрегатами. Відстань між рядами куп порядку 15-20 м, тоді як відстань між окремими купами варіюється від 30 до 50 м залежно від їх розміру та норм внесення.

Подальше розподілення добрив на ділянці з цих куп виконується розкидачами-валкоутворювачами.

Органічні добрива — це продукти, які виробляються локально, тобто вони заготовляються безпосередньо в сільськогосподарських господарствах

(наприклад, гній, рідкий гній, компости, попіл) або добуваються недалеко від місця використання (наприклад, торф, вапнякові туфи). Норма внесення органічних добрив, таких як гній, становить 20-60 т/га, причому їхній ефект триває від 2 до 4 років. Внесення добрив у ґрунт здійснюється до, під час, або після сівби різними методами.

Серед методів внесення виділяють поверхнєве розкидання добрив, які потім заробляють у ґрунт за допомогою землеробних інструментів; локальне внесення, коли добрива розміщують перед посівом у рядках або смугах на більшій глибині, ніж глибина посіву насіння; припосівне внесення, коли добрива і насіння вносять одночасно у рядки; і підживлення, яке здійснюється під час вегетації рослин, де вносять добрива безпосередньо у шар ґрунту, що містить коріння. Велика частина органічних добрив вноситься методом розкидання. Час між розкиданням добрив і їхнім загортанням не повинен перевищувати 2 години. При локальному внесенні між насінням (або бульбами) і добривами залишається невеликий шар ґрунту.

Зміна родючості ґрунту в інтенсивному сільському господарюванні зосереджена на поповненні обсягів органічних речовин в ґрунтах, що, переважно, досягається через застосування органічних добрив. Однак, виробництво таких добрив зменшилося через скорочення кількості тварин.

У інтенсивних сівоzmінах, де просапні культури становлять 50%, для досягнення балансу гумусу без дефіциту рекомендується вносити 10-14 т/га гною на ділянках з багаторічними бобовими травами та 14-17 т/га на полях без них.

Враховуючи недостатнє виробництво органічних добрив тваринництвом, зростає значення альтернативних видів органічних добрив, таких як залишки рослинної маси на полях та сидерати. Зелені добрива, або маса рослин, що вноситься в ґрунт для збагачення його органічною речовиною, відома як найдоступніший і найефективніший метод оновлення родючості ґрунту. Процес внесення зелених добрив відомий як сидерація, а рослини, які висівають спеціально для цієї мети, називають сидератами.

При застосуванні сидератів як зеленого добрива, 95% рослинної маси, отриманої в результаті фотосинтезу, та 5% від ґрунту вносяться назад у землю. Сидерати ефективно пригнічують зростання бур'янів, тому вважається, що вони сприяють очищенню ґрунту від небажаної рослинності.

Машини, які використовують для внесення добрив здатні забезпечувати норму внесення від 15 до 60 т/га з максимально допустимим відхиленням у 5%. Нерівномірності вносу органічних добрив в залежності від ширини захвату і напрямку руху становить приблизно 25%.

Для дотримання агротехнічних стандартів якості внесення органічних добрив необхідне використання спеціалізованої техніки, такої як розкидачі органічних добрив.

1.3 Мобільна техніка для внесення органіки

Використання продуктивної техніки з мінімізацією логістики доставки добрив є економічно виправданим для внесення органічних добрив.

В Україні поширене застосування мобільних кузовних розкидачів для розподілу твердих органічних добрив, які забезпечують високу продуктивність цієї технологічної операції. Основні вимоги до такої сільськогосподарської техніки включають: норму вносу добрив 15–60 т/га, максимальне відхилення від норми — до 5%, а нерівномірність вносу за шириною захвату і спрямуванням руху не повинна перевищувати 25%.

Проте, ключовою вимогою до цих агрегатів є рівномірне розподілення добрив по поверхні поля.

В Україні виробництвом таких машин займаються такі компанії, як «Ковельсільмаш», «Білоцерківсільмаш», «Уманьферммаш», а міжнародні виробники включають Kirchner, Bergmann, Pöttinger, Kemper, Gruber, Meyer, NAVCO, Tebbe, Unia, Strautmann. Ці фірми випускають розкидачі з об'ємом кузова від 3 до 50 м³ і потужністю від 29 до 200 кВт.

Переважно розкидачі органічних добрив оснащено двома видами розкидних механізмів – з вертикальними лопатевими валами та горизонтальними. Горизонтальний механізм включає подрібнювач і розкидний барабан, які монтуються на підшипникові вузли, розташовані на бокових стійках.

Вертикальний розкидний механізм має чотири пари барабанів, встановлених паралельно під кутом 75° до платформи транспортера, що обертаються на підшипникових вузлах, закріплених на рамі.

Розкидачі з горизонтальними лопатевими валами використовують для розподілення гною з солом'яною підстилкою. Ширина розкидання таким обладнанням становить 6-8 метрів. Для збільшення ширини розкидання виробники техніки оснащують розкидачі дво- або чотирилопатевими валами, які розміщені вертикально. Такі конструкції ефективніше працюють з розсипчастим перегноєм.

На переважаючій кількості агрегатів механізм подачі добрив до розкидного пристрою реалізований у вигляді поздовжнього дво- або однострічкового конвеєра (транспортера) днища кузова. Однак, ланцюгово-транспортерна система часто виявляється слабким місцем у конструкції розкидачів, оскільки вона вимагає регулярного технічного обслуговування і ремонту. Враховуючи це, виробники шукають альтернативні рішення для механізмів подачі.

Деякі провідні виробники використовують механізм висувної стінки для подачі добрив у розкидні пристрої. Цей механізм містить сталеву стінку на кронштейнах, дві П-подібних направляючих, рухоме дно кузова та гідро циліндр (рис. 1.1).. Швидкість переміщення рухомого дна та стінки може регулюватися механічним або електричним потенціометром, що дозволяє точно дотримуватися заданої норми внесення гною. Такий механізм є надійнішим у використанні і не потребує значних витрат на технічне обслуговування та ремонт.



Рисунок 1.1 – Розкидач органічних добрив з механізмом подання добрив типу «рухома стінка»

Вартими уваги моделі з дисковими розкидними механізмами, що дозволяють досягти ширини розкидання до 22 метрів шляхом застосування лопаток диска типу Speed, які використовують центробіжну силу. Лопатки монтуються на підшипниках, тому при зіткненні з великим каменем або іншим твердим предметом вони здатні відхилитися назад, що забезпечує надійний захист приводу і збільшує довговічність розкидача. Розкидач також обладнаний електронним управлінням крутного моменту через шину ISOBUS VarioSens та системою автоматичного регулювання подачі розкидуваної маси.

Для забезпечення рівномірного та сталого транспортування органічних добрив, окремі моделі розкидачів оснащені двошнековою системою (рис. 1.2). Лівий шнек цієї системи пересуває матеріал вперед до викидних молотків, тоді як піднятий правий шнек спускає його вниз, подаючи на лівий шнек. Коли матеріал потрапляє на молотки, кожен молоток відділяє частину маси органіки, подрібнює її і транспортує до розкидного пристрою. Такі розкидачі можуть бути використані для розкидування підстилки в тваринницьких фермах.



Рисунок 1.2 – Схема роботи розкидача органічних добрив із двошнековою системою подання

Агрегати з бічними розкидачами органічних добрив, оснащені ланцюгово-молотковими розкидними механізмами, є високопродуктивними (рис. 1.3). Цей механізм включає ланцюги з важкими наконечниками, які прикріплені до роторного вала. При обертанні ротора зі швидкістю 240 об./хв, технологічний матеріал роздрібнюється ланцюгами на дрібні частинки і рівномірно розкидається по поверхні поля.



Рисунок 1.3 – Розкидач органічних добрив з ланцюгово-молотковим розкидним пристроєм

Закордонними виробниками пропонується розкидачі з ротаційними робочими органами, що мають великий діаметр дисків з горизонтальною віссю обертання та лопатками та ножами, прикріпленими до них.

На окремих розкидачах встановлюють шибер, прикріплений до бокових бортів, який в закритому положенні запобігає контакту добрив з розкидними барабанами.

Для завантажування добрив у кузови гноєрозкидних машин використовують різноманітні навантажувачі (рис. 1.4). Зокрема, використовують розкидач із навантажувальним пристроєм, що складається зі шнека та завантажувального елеватора. Це конструктивне вирішення дає можливість виконувати завантажування та розкидування добрив використовуючи одну машину.



Рисунок 1.4 – Розкидач органічних добрив із завантажувальним пристроєм

Для виконання робіт на полях із вологими ґрунтами та для мінімізації їх ущільнення на ринку доступні машини для внесення органічних добрив із гусеничними рушіями, зокрема моделей «Meyer 9524 (Meyer), FLOAT-MAXX (JBS), EV2200 (BROCHARD), HS240 (TEBBE)». Використання гусеничної ходової частини забезпечує відмінну прохідність у складних умовах, включаючи сніг, що дозволяє застосовувати ці машини для внесення добрив навіть взимку.



Рисунок 1.5 – Розкидач органічних добрив із гусеничними рушіями моделі Meyer 9524

2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ

2.1 Розробка операційно-технологічної карти на внесення органічних добрив

При розроблянні операційно-технологічної карти для внесення органічних добрив з використанням агрегату МТА Беларус 1221 + УПТС-15 визначаються основні умови експлуатації.

Площа внесення добрив становить 48 га (ячмінь).

Довжина гону 1000 м.

Ухил місцевості 2%.

2.1.1 Комплектування агрегатів для внесення органічних добрив

Комплектування МТА розробляється з метою визначення відповідної робочої передачі трактора, щоб забезпечити його оптимальне завантаження у відповідності до допустимих агротехнічних швидкостей.

Таблиця 2.1 – Параметри потенційної тягової характеристики трактора Беларус 1221

Режим експлуатації	Показники	Передачі							
		2-й діапазон				3-й діапазон			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
$P_{кр}=0$	$V_{к}, \text{ км/год}$	4,7	5,71	6,9	7,7	8,33	9,36	11,3	13,6
	$G_{тх}, \text{ кг/год}$	7,2	7,32	7,48	7,6	7,69	7,83	8,12	8,45
$P_{крн}$	$P_{крн}, \text{ кН}$	56,2	45,7	37,4	33,3	30,8	27,0	21,6	17,6
	$N_{кр \text{ max}}, \text{ кВт}$	25,7	39,1	46,5	53,3	55,5	58,2	60,3	61,4
	$V_{рн}, \text{ км/год}$	1,6	3,08	4,48	5,77	6,49	7,76	9,94	12,5
$P_{крн}$	$\delta, \%$	66,0	46,0	35,0	25,0	22,0	17,0	12,0	8,2
	$G_{тн}, \text{ кг/год}$	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Передаточне число трансмісії		130	107	89,0	73,8	79,9	65,7	54,4	45,1

Здійснюється аналіз потенційної тягової характеристики трактора з урахуванням допустимих швидкостей в діапазоні 6...12 км/год.

Вибір передач проводиться з упором на II-у та III-ю передачі 3-го діапазону, оскільки в цьому режимі тягова потужність трактора максимальна для заданих агрошвидкостей. [17].

Для вибраних передач знайдемо:

- Величину тягового опору робочої машини

$$R_M = (G_M + G_{cp}) \cdot (f_{mp} + i/100), \quad (2.1)$$

$$G_M = m \cdot g, \quad (2.2)$$

де $m = 5,65$ т, [17]; $g = 9,81$ м/с².

$$G_M = 9,81 \cdot 5,65 = 55,43 \text{ кН};$$

$$G_{cp} = 11 \cdot 9,81 = 107,91 \text{ кН}, [17];$$

$$f_{тр} = 0,03.$$

Тоді

$$R_M = (55,43 + 107,91) \cdot (0,03 + 2/100) = 8,17 \text{ кН}.$$

- Значення опору машини на привід валу відбору потужності

$$R_{BOM} = \frac{10 \cdot N_{BOM} \cdot \eta_{мг} \cdot i_{mp}}{n_n \cdot r_k \cdot \eta_{BOM}}, \quad (2.3)$$

де $N_{BOM} = 36,7$ кВт (табл. 2.12. [17]); $\eta_{мг} = 0,92$ [16]; $\eta_{BOM} = 0,95$ [16].

Визначимо величину радіуса кочення ведучих коліс (м):

$$r_k = r_0 + \lambda_{uu} \cdot h_{uu}, \quad (2.4)$$

де $r_0 = 0,483 \text{ м}$; $h_{uu} = 0,392 \text{ м}$; $\lambda_{uu} = 0,95$ [17].

Тоді

$$r_k = 0,483 + 0,95 \cdot 0,392 = 0,855 \text{ м}.$$

II Передача 3д: $R_{BOM} = \frac{10 \cdot 36,7 \cdot 0,92 \cdot 65,7}{2100 \cdot 0,855 \cdot 0,95} = 13,005 \text{ кН};$

III Передача 3д: $R_{BOM} = \frac{10 \cdot 36,7 \cdot 0,92 \cdot 54,4}{2100 \cdot 0,855 \cdot 0,95} = 10,77 \text{ кН}.$

Значення загального тягового опору агрегату (кН)

$$R_a = R_{\text{м}} + R_{\text{BOM}}, \quad (2.5)$$

II Передача 3д: $R_a = 8,71 + 13,01 = 21,72 \text{ кН},$

III Передача 3д: $R_a = 8,71 + 10,77 = 19,48 \text{ кН}.$

Знайдемо значення коефіцієнту використання величини номінальної тягової сили:

$$\eta_n = \frac{R_a}{P_{\text{кр.н}} - G_{\text{тр}} \cdot i/100}, \quad (2.6)$$

де $G_{\text{тр}} = 43,7 \text{ кН}$ - вага трактора,

Тоді

II Передача 3д: $\eta_n = \frac{21,72}{21,6 - 43,7 \cdot 2/100} = 0,96,$

$$\text{III Передача 3д: } \eta_n = \frac{19,48}{17,6 - 43,7 \cdot 2/100} = 1,05.$$

Прийmemo 2-гу передачу 3-ого діапазону, оскільки на 3-ій передачі енергозасіб не зможе тягнути розкидач.

2.1.2 Розрахунок режимів роботи агрегатів

Знайдемо величину опору агрегату за холостого ходу (повертання наприкінці гону) виходячи з залежності

$$R_{ax} = (G_m + G_{ep}') \cdot (f_{mp} + i/100), \quad (2.7)$$

$$G_{ep}' = 0,5 \cdot G_{ep} = 0,5 \cdot 107,91 = 53,96 \text{ кН.}$$

$$R_{ax} = (55,43 + 53,96) \cdot (0,03 + 2/100) = 5,47 \text{ кН.}$$

Значення швидкості на робочому ході

$$V_p = V_x - R_a \cdot (V_x - V_{pn}) / P_{крн}, \quad (2.8)$$

$$V_p = 9,36 - 21,72 \cdot (9,36 - 7,76) / 21,6 = 7,75 \text{ км/год.}$$

Значення швидкості за холостого ходу без перемикання передач

$$V_{px} = V_x - R_{ax} \cdot (V_x - V_{pn}) / P_{крн}, \quad (2.9)$$

$$V_{px} = 9,36 - 5,47 \cdot (9,36 - 7,76) / 21,6 = 8,95 \text{ км/год.}$$

Знайдемо годинні витрати палива на обраній передачі:

- робочий хід

$$G_{mp} = G_x + R_a \cdot (G_{mn} - G_x) / P_{крн}, \quad (2.10)$$

$$G_{mp} = 7,83 + 21,72 \cdot (21,67 - 7,83) / 21,6 = 21,75 \text{ кг/год},$$

- холостий хід

$$G_{mx} = G_x + R_{ax} \cdot (G_{mn} - G_x) / P_{крн}, \quad (2.11)$$

$$G_{mx} = 7,83 + 5,47 \cdot (21,67 - 7,83) / 21,6 = 11,33 \text{ кг/год}.$$

Величина коефіцієнта використання максимального значення тягової потужності [3]

$$\eta_{um} = \eta_u \cdot \frac{V_p}{V_{рн}} = 0,96 \cdot \frac{7,75}{7,76} = 0,959.$$

Значення тягового ККД

$$\eta_m = \frac{N_{кр}}{N_e},$$

$$N_e = \frac{R_a + G_{mp} \cdot (f_{mp} + i/100)}{3,6 \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_\delta} \cdot V_p, \quad (2.12)$$

де $\eta_\delta = 1 - \delta/100 = 1 - 0,17 = 0,83$.

$$N_e = \frac{21,72 + 43,7 \cdot (0,03 + 2/100)}{3,6 \cdot 0,92 \cdot 0,83} \cdot 7,75 = 87,39 \text{ кВт},$$

$$N_{кр} = \frac{R_a \cdot V_p}{3,6} = \frac{21,72 \cdot 7,75}{3,6} = 54,74 \text{ кВт},$$

Тоді

$$\eta_m = 54,74 / 87,39 = 0,6.$$

Значення максимального тягового ККД

$$\eta_{T \max} = N_{кр. \max} / N_{ен} = 58,2 / 96,0 = 0,61.$$

Значення коефіцієнта завантаження двигуна

$$\eta_N = N_e / N_{ен} = 87,39 / 96,0 = 0,91.$$

2.1.3 Кінематичні характеристики МТА і робочої ділянки

Мінімальне значення радіусу повороту агрегатів з класом тяги 2.0, обмежений максимально допустимим кутом зламу карданного вала, становить не менше 5,3 метра.

Прийmemo $R_0 = 5,3$ м.

Фактичний радіус повороту агрегату визначається залежно від значення мінімального радіусу повороту та швидкості під час маневрування.

$$R = k_R \cdot R_0, \quad (2.13)$$

де

$$k_R = 0,165 \cdot V_{px} + 0,075 = 0,165 \cdot 8,95 + 0,075 = 1,55.$$

Отже

$$R = 1,55 \cdot 5,3 = 8,22 \text{ м.}$$

Значення довжини виїзду агрегата, м

$$e = l_{mp} + l_m = 1,2 + 2,1 = 3,3 \text{ м.}$$

Спосіб руху агрегата – човниковий.

Ширину і довжину поворотної смуги можна обчислити за допомогою спрощених формул.

$$E \approx 3 \cdot R + e; \quad (2.14)$$

$$E \approx 3 \cdot 8,22 + 3,3 = 27,97 \text{ м.}$$

Зазвичай, ширина поворотної смуги, яка маркується на полі, повинна відповідати кратному значенню робочої ширини захвату агрегата.

$$B_p \approx 5 \dots 7 \text{ м, приймаємо } B_p = 5,5 \text{ м.}$$

Таким чином, фактичну ширину поворотної смуги уточнимо відповідно до цього правила і в подальших розрахунках використовуємо позначення E_ϕ , яке приймаємо за 33 метри.

Робоча ділянка поля для обробки човниковим методом має певні кінематичні характеристики і повинна бути попередньо підготовлена для роботи машини.

- Довжина $L = 1000 \text{ м}$ і ширина $B = 480 \text{ м}$ ділянки;
- Ширина E_ϕ поворотних смуг $E_\phi = 33 \text{ м}$;
- Робоча довжина $L_p = L - 2 \cdot E_\phi = 934 \text{ м}$.

Так як при внесенні гною можна візуально визначити місце закінчення матеріалу, не існує необхідності для переривання процесу внесення добрив в кінці ділянки. Отже, запас ходу становить значення [5].

$$L_{техн} = \frac{10^4 \cdot Q_{\delta}}{B_p \cdot U}, \quad (2.15)$$

де $U = 30000 \text{ кг/га}$.

$$L_{техн} = \frac{10^4 \cdot 11000}{5,5 \cdot 30000} = 666,7 \text{ м.}$$

Час, витрачений на холостий хід агрегату, характеризує коефіцієнт робочих ходів φ та коефіцієнт поворотів $\tau_{пов}$.

Якщо оброблювана ділянка має прямокутну форму, то враховуються ці параметри.

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 6R + 2e}, \quad (2.16)$$

$$\varphi = \frac{934}{934 + 6 \cdot 8,22 + 2 \cdot 3,3} = 0,94.$$

$$\tau_{пов} = \frac{1 - \varphi}{\varphi} = \frac{1 - 0,94}{0,94} = 0,06.$$

2.1.4 Баланс часу зміни

Нормовані затрати часу [16]:

- на щозмінне технічне обслуговування $T_{щто} = 0,14 \text{ год}$;
- на підготовку до переїзду на початку та наприкінці зміни $T_{пн} = 3 \text{ хв} = 0,05 \text{ год}$;
- на переїзд на початку та наприкінці зміни $T_{пнк} = 26 \text{ хв} = 0,43 \text{ год}$;
- на отримання наряду та здачу робіт $T_{пнз} = 4 \text{ хв} = 0,07 \text{ год}$;
- на фізіологічні потреби $T_{\phi} = (0,03 \dots 0,05) T_{зм} = 0,04 \cdot 10 = 0,4 \text{ год}$;
- час зміни $T_{зм} = 10 \text{ год}$.

Знайдемо величину підготовчо-заключного часу (год):

$$T_{n.з} = T_{ЩТО} + T_{nn} + T_{n.нк} + T_{nnз}. \quad (2.17)$$

$$T_{n.з} = 0,14 + 0,05 + 0,43 + 0,07 = 0,69 \text{ год.}$$

Час, витрачений на переміщення з однієї ділянки на іншу протягом зміни, приймається як $T_{пер} = 0$, так як площа поля є меншою за денне напрацювання агрегату.

Знайдемо величину позациклових нормованих витрат часу, год

$$T_{в.ц} = T_{n.з} + T_{ф} + T_{пер}. \quad (2.18)$$

$$T_{в.ц} = 0,69 + 0,4 + 0 = 1,09 \text{ год.}$$

Знайдемо величину тривалості кінематичного циклу (год):

$$t_{ц} = t_{p.ц} + t_{x.ц} + t_{техн.ц} = \frac{2 \cdot L_p'}{1000 \cdot V_p} + \frac{2 \cdot l_x}{1000 \cdot V_x} + \frac{2 \cdot L_p'}{L_{техн.ф}} \cdot t_0. \quad (2.19)$$

Часові витрати на переміщення агрегату до місця завантаження (2 км), повернення назад, а також час, необхідний для завантаження агрегату, вимірюються у годинах:

$$t_0 = t_{нор} + t_{зруж} + t_{загр}, \quad (2.20)$$

$$t_{нор} = S / V_{нор} = 5 / 15 = 0,33 \text{ год};$$

$$t_{зруж} = S / V_{зруж} = 5 / 10 = 0,5 \text{ год.}$$

Час, що витрачається на завантаження гноєм

$$t_{заг} = Q_M / W_{ЗПР}. \quad (2.21)$$

$$t_{заг} = 11/102 = 0,11 \text{ год}.$$

Тоді

$$t_0 = 0,33 + 0,5 + 0,11 = 0,94 \text{ год}.$$

Отже

$$t_u = \frac{2 \cdot 934}{1000 \cdot 7,75} + \frac{2 \cdot 55,92}{1000 \cdot 8,95} + \frac{2 \cdot 934}{666,7} \cdot 0,94 = 2,886 \text{ год}.$$

Знайдемо число кінематичних циклів за зміну:

$$n_u = \frac{T_{см} - T_{в.ц}}{t_u}, \quad (2.22)$$

$$n_u = \frac{10 - 1,09}{2,886} = 3,08.$$

Приймаємо $n_u = 3$.

Значення чистого часу роботи за зміну

$$T_p = n_u \cdot t_u = 3 \cdot 2,886 = 8,658 \text{ год}$$

Час на безпосереднє внесення добрив:

$$T'_p = n_u \cdot t'_u \quad (2.23)$$

$$t'_u = \frac{2 \cdot 934}{1000 \cdot 7,75} + \frac{2 \cdot 55,92}{1000 \cdot 8,95} = 0,25 \text{ год},$$

$$T'_p = 3 \cdot 0,25 = 0,75 \text{ год.}$$

Час на холості ходи у загінці на протязі зміни:

$$t_{x.ц} = \frac{2 \cdot l_x}{1000 \cdot V_x} = \frac{2 \cdot 55,92}{1000 \cdot 8,95} = 0,012 \text{ год.}$$

Значення загального часу на холостий хід за зміну:

$$T_x = n_{ц} \cdot t_{x.ц} = 3 \cdot 0,012 = 0,036 \text{ год.}$$

Час на зупинки з працюючим двигуном на протязі зміни:

$$T_0 = T_{см} - (T_p + T_x) = 10 - (8,658 + 0,036) = 1,3 \text{ год.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{см} = \frac{T_p}{T_{см}} = \frac{8,658}{10} = 0,866.$$

2.2 Визначення експлуатаційних затрат на проведення робіт

Знайдемо значення годинної технічної (га/год) та змінної технічної (га/зм) продуктивностей агрегату:

$$W_z = 0,1 \cdot V_p \cdot B_p \cdot \tau_{см} = 0,1 \cdot 7,75 \cdot 5,5 \cdot 0,866 = 3,7 \text{ га/год}, \quad (2.24)$$

$$W_{см} = W_z \cdot T_{см} = 3,7 \cdot 10 = 37 \text{ га/зм}. \quad (2.25)$$

Знайдемо величину витрат палива за нормозміну (кг/зм):

$$Q_{cm} = G_{mp} \cdot T_{mp} + G_{m.x} \cdot T_{.x} + G_{m.0} \cdot T_0 =$$

$$21,75 \cdot 8,09 + 11,33 \cdot 0,072 + 6,2 \cdot 1,84 = 188,18 \text{ кг/зм.} \quad (2.26)$$

Гектарні витрати палива (кг/га)

$$Q_{ga} = Q_{cm} / W_{cm} = 188,18 / 37 = 5,08 \text{ кг/га.} \quad (2.27)$$

Величина затрат праці, що припадає на одиницю об'єму робіт:

- прямі

$$z_{mp}^{прям} = \frac{n_m}{W_z} = \frac{1}{3,7} = 0,27 \text{ люд} \cdot \text{год/га} . \quad (2.28)$$

- загальні

$$z_{mp}^{заг} = \frac{n_m + n_{в.р}}{W_z} = \frac{1+0}{3,7} = 0,27 \text{ люд} \cdot \text{год/га} . \quad (2.29)$$

Величина витрат грошових коштів, що припадає на одиницю роботи:

$$S_o = \sum S_a + \sum S_{mo} + S_{nm} + S_{zn} . \quad (2.30)$$

Відрахування на амортизацію:

- трактор

$$S_a = \frac{(a_p + a_k) \cdot B \cdot 7}{T_p \cdot 100 \cdot W_z} = \frac{(14,3 + 2,7) \cdot 350000 \cdot 7}{1000 \cdot 100 \cdot 3,7} = 273,4 \text{ грн/га} , \quad (2.31)$$

де $a_p = 14,3\%$, $a_k = 2,7\%$.

- розкидач:

$$S_{a.m} = \frac{(20 + 0) \cdot 75000 \cdot 7}{200 \cdot 100 \cdot 3,7} = 141,9 \text{ грн/га}.$$

Сумарна величина амортизаційних відрахувань:

$$\sum S_a = S_{am} + S_{a.m} = 273,4 + 141,9 = 415,9 \text{ грн/га}. \quad (2.32)$$

Величина відрахувань на ремонт та проведення технічних обслуговувань:

- трактор:

$$S_{mo} = \frac{(a_{np} + a_{mo}) \cdot B \cdot 7}{T_p \cdot 100 \cdot W_z} = \frac{1,4 \cdot 350000 \cdot 7}{1000 \cdot 100 \cdot 3,7} = 9,27 \text{ грн/га}. \quad (2.33)$$

- розкидач:

$$S_{mo} = \frac{9,0 \cdot 75000 \cdot 7}{200 \cdot 100 \cdot 3,7} = 63,85 \text{ грн/га}.$$

де $a_{np} + a_{mo} = 1,4\%$ для трактора, $a_{np} + a_{mo} = 9\%$ для розкидача.

Величина сумарних витрат на проведення поточного ремонту і технічного обслуговування:

$$\sum S_{mo} = S_{mot} + S_{mom} = 9,27 + 63,85 = 73,12 \text{ грн/га}. \quad (2.34)$$

Вартість паливних та мастильних матеріалів:

$$S_{nm} = C G \cdot 50 \cdot 5,08 = 254 \text{ грн/га}, \quad (2.35)$$

де $C = 50 \text{ грн/кг}$.

Витрати на оплату праці механізаторам:

$$S_{zn} = \frac{(f \cdot m \cdot 1,044 \cdot 1,0455)}{W_z} = \frac{(160,84 \cdot 1 \cdot 1,044 \cdot 1,0455)}{3,7} = 47,45 \text{ грн/га}, \quad (2.36)$$

де $f=160,84$ грн.

Знайдемо собівартість обробітку гектара за формулою (2.30):

$$S_0 = 415,9 + 73,12 + 254 + 47,45 = 790,47 \text{ грн/га.}$$

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз конструкції розкидача органічних добрив УПТС-15

Машина УПТС-15 — це двовісний напівпричіп, який має металевий кузов з додатковими бортами (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Розкидач твердих органічних добрив УПТС - 15

По дну кузова проходить ланцюгово-планчатий подавальний елеватор. Розкидальний механізм агрегату складається з двох горизонтально розташованих шнекових барабанів: один для подрібнення, інший для розкидання. Цей механізм розташований у задній частині кузова та приводиться в рух через ВВП трактора. Машина також оснащена гальмівною системою та електрообладнанням для забезпечення безпеки використання.

При переміщенні агрегату транспортер транспортує весь гною до розкидального пристрою. Нижній барабан, обертаючись, інтенсивно розпушує і подрібнює добрива, включаючи соломисті елементи.



Рисунок 3.2 – Транспортери розкидачів УПТС-15

Після цього нижній барабан передає гній на верхній барабан, який, обертаючись з вищою швидкістю, розкидає його на поле. Завдяки особливій конструкції шнекової навивки, яка розширюється від центру до країв барабана, ширина розкидання добрив суттєво перевищує ширину кузова. Верхній барабан також сприяє частковому вирівнюванню шару добрив у кузові.

Дозування добрив змінюється від значення швидкості руху транспортера та самого агрегату. Щоб змінити швидкість транспортера, диск регулюють відносно корпусу, змінюючи ексцентрицитет кривошипного пальця, а також хід шатуна та розмах коромисла. Для визначення потрібного положення диска та швидкості руху агрегату використовують таблиці, розраховані для органічних добрив з об'ємною масою $0,8 \text{ т/м}^3$.

Машина має вантажопідйомність 11 тонн, ширину розкидання від 6 до 7 метрів, а дозування добрив може варіюватися від 15 до 45 т/га при робочій швидкості до 12 км/год.

Агрегат також оснащений заднім захисним бар'єром з гідравлічним підйомом, металевими сходами для доступу до кузова та світловим обладнанням. Керування розкидачем здійснюється з кабіни трактора.

Борти вантажного відділу приварені до вантажної платформи, що забезпечує рамі високу міцність на згинання та скручування.

Висота робочої зони становить 1,4 метра.

Кожен розкидний вал приводиться в дію за допомогою конічного модульного редуктора, який заповнений гіпоїдним маслом (рис.3.3), що дозволяє здійснювати плавне регулювання швидкостей руху транспортера. Лопаті у вигляді сегментів на розкидних валах забезпечують якісний і рівномірний розподіл гною.

Привід скребкового транспортера виконаний гідравлічним і має можливість плавного регулювання швидкості.

Тандемне шасі з ресорною підвіскою та широкопрофільними шинами забезпечує відмінну адаптацію до нерівностей поверхні поля, знижує тиск на ґрунт і дозволяє транспортування зі швидкостями до 40 км/год.

Опорна стійка може підняти розкидач навіть за повного його завантаження.

Вентиль для плавної зміни швидкості руху скребкових транспортерів забезпечує точне дозування добрив.



Рисунок 3.3 – Бокові редуктори розкидачів УПТС - 15

Рама машини утворена чотирма поздовжніми лонжеронами, що з'єднані між собою поперечинами та передньою балкою. Внутрішні лонжерони з'єднуються при допомозі накладок. Нижні полиці лонжеронів служать направляючими для нижніх гілок транспортерів. На передній частині рам машин знаходиться дишло з петлею, а в задній частині – підрамник. Кузов

машини утворений з передніх та бічних бортів, а також днища, яке виготовлене з гофрованого листа. Борти мають зварні каркаси, обшиті листовим матеріалом, що приварений до лонжеронів і поперечин рам.

Для тимчасового фіксування машини незалежно від трактора використовується опора, складена зі стійки з п'ятою, шарнірно з'єднаною з дишлом. Опора може фіксуватися у двох положеннях: робочому і транспортному.

Силова передача машини включає карданну передачу, три трансмісійних вала, конічно-циліндричний редуктор, вали приводу транспортерів, вал приводу бітерів, вали подрібнювача та ланцюгові приводи. Крутний момент від ВВП трактора до трансмісійних валів передається через карданну передачу, яка утворена двома шарнірами, двома валами та підшипниками із захисними кожухами.

3.2 Обґрунтування доцільності конструктивної розробки

В сучасному аграрному секторі України спеціалізовані машини, що використовуються для внесення органічних добрив, також застосовуються для перевезення різноманітних сільськогосподарських вантажів на короткі відстані, часто у складних дорожніх умовах.

Внесення добрив має сезонний характер, тому такі машини активно використовуються лише декілька днів у весняний та осінній періоди, а решту часу зберігаються без дії.

Існує потреба у вдосконаленні розкидача органічних добрив УПТС-15, щоб розширити його функціональність не лише для внесення добрив, але й для виконання іншого роду робіт, для прикладу використання його в лінії приготування грубих кормів.

Модернізована версія машини УПТС-15 включає базову машину УПТС-

15 та швидкозмінну ріжучу головку.

Ріжуча головка (рис. 3.4) оснащена корпусом, в якому встановлено чотири подрібнюючих барабани та притиріжучі граблини. Ріжучі барабани сполучені ланцюговими контурами, які захищені металевими кожухами.

Ріжучий барабан – чотирисекційний циліндр діаметром 500 мм, де кожна секція довжиною 511 мм оснащена шістьма швидкокорізальними гребінками, розміщеними під кутом 60 градусів одна від одної. Гребінки в кожній секції встановлені зі зміщенням на 30 градусів відносно сусідньої.



Рисунок 3.4 – Вали ріжучої головки машин УПТС-15

Кожна гребінка містить чотири ножі і чотири зубчасті вичісувальні пластини, які монтуються в корпусі гребінок.

Розкидачі органічних добрив УПТС-15 зі швидкозмінними ріжучими головками використовуватимуться для переміщення різних видів кормів, таких як сіно, солома, сінаж, силос тощо, у розсипному варіанті, а також для їх подрібнення.

Це стало причиною модернізації силової передачі машини, зокрема, інтеграції муфти для запобігання поломок через перевантаження від застосування подрібнювальних головок.

Влітку машина може бути застосована для подрібнення силосу і сіна та їх

розподілення тонкими шарами при їх заготівлі у траншеї.

Весною та восени, після зняття подрібнювальної головки та встановлення розкидальних шнеків, машина буде застосовуватися для операцій із внесення органічних добрив.

3.3 Технологічні та конструктивні розрахунки

3.3.1 Обґрунтування режимів роботи транспортерів

У розкидачах органічних добрив транспортери призначені для подавання маси до розкидача, а у вантажному режимі — для вивантаження вантажів.

Розрахуємо масу органічних добрив, які завантажуються[17]:

$$m_c = V_K \cdot \gamma_c \text{ кг}, \quad (3.1)$$

де $\gamma_c = 400 \text{ кг/м}^3$.

Згідно технічних характеристик $V_K = 8 \text{ м}^3$.

Тоді маса буде

$$m_c = 8 \cdot 400 = 3200 \text{ кг}.$$

Знайдемо вагу гною, що завантажуються:

$$F_c = m_c \cdot g, \text{ Н}, \quad (3.2)$$

де $g = 9.81, \text{ м/с}^2$.

Вага матеріалу:

$$F_c = 3200 \cdot 9.81 = 31.4 \text{ кН}.$$

Обчислимо необхідну силу для переміщення гною по кузову:

$$R = F_{TP1} + F_{TP2}, \quad (3.3)$$

Знайдемо силу тертя гною по дну кузова:

$$F_{TP1} = F_c \cdot f_c \text{ кН}, \quad (3.4)$$

де $f_c = 0,1$.

Отже

$$F_{TP1} = 31,4 \cdot 0,1 = 3,14 \text{ кН}.$$

Знайдемо силу тертя гною по бортах кузова:

$$F_{TP2} = \frac{2}{3} \cdot F_{TP1}. \quad (3.5)$$

В результаті отримаємо

$$F_{TP2} = \frac{2}{3} \cdot 3,14 = 2,1 \text{ кН}.$$

Тоді величина сили потрібної для переміщення маси по кузову буде

$$R = 3.14 + 2.1 = 5.24 \text{ кН}.$$

Знайдемо силу різання, потрібну для перерізування органічних добрив.

Знайдемо величину нормальної складової до леза ножа (рис. 3.5).

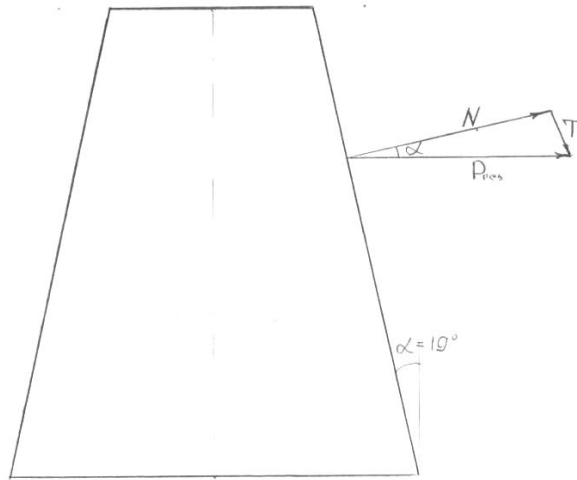


Рисунок 3.5 – Схематизація дії сил на матеріал

Величина нормальної сили різання:

$$N = q \cdot \Delta S , \quad (3.6)$$

де $\Delta S = 0,062$ м.

Стосовно соломи – величина нормального тиску різання $q_0 = 5...12$ кН/м.

Значення питомого тиску $q=5$ кН. За кута ковзання $\tau = 45^\circ$, нормальна сила різання складе

$$N = 5 \cdot 0.062 = 0.31 \text{ кН} .$$

Знайдемо силу різання, що припадає на один ніж:

$$P_{\text{риз}}^1 = N \cdot \sin \alpha , \quad (3.7)$$

Отже

$$P_{\text{риз}}^1 = 0,31 \cdot \sin 19^\circ = 0,09 \text{ кН}.$$

Загальну силу різання розрахуємо, враховуючи, що кут охоплення матеріалом барабана є 120° .

Отже, кількість ножів, що приймають участь у різанні на 1 барабані, становить 48.

При цьому зусилля різання для ножів, що задіяні у процесі різання, може бути знайдене так:

$$P_{\Sigma}^1 = P_{\text{різ}}^1 \cdot n, \text{ кН}, \quad (3.8)$$

$$P_{\text{різ}}^1 = 0,09 \cdot 48 = 4,32 \text{ кН}.$$

По аналогії знаходять сила різання для інших барабанів
Величина сумарної сили різання для 3-ох барабанів складатиме

$$P_{\Sigma} = 3 \cdot P_{\Sigma}^1, \text{ кН}$$

і буде $12,96 \text{ кН}$.

Знайдемо величину крутних моментів на барабанах:

$$M_{\text{кр}}^1 = P_{\Sigma}^1 \cdot r_{\text{к}} \quad \text{Н} \cdot \text{м}, \quad (3.9)$$

де $r_{\text{к}} = 250 \text{ мм}$.

Отже,

$$M_{\text{кр}}^1 = 4320 \cdot 0,25 = 1080 \quad \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на трьох барабанах складатиме:

$$M_{кр}^{\Sigma} = M_{кр}^1 \cdot 3, \quad H \cdot m. \quad (3.10)$$

Отже, величина сумарного крутного моменту складатиме:

$$M_{кр}^{\Sigma} = 1080 \cdot 3 = 3240 \quad H \cdot m.$$

Величина крутного моменту на вхідних валах редуктора.

Оскільки моменти на валу редуктора і на валу електродвигуна однакові,

то

$$M_{ред} = M_{элдв} = \frac{\left(\frac{M_{кр}^{\Sigma}}{i_{тр}} + \frac{M_{кр}^{пер}}{i_{тр}^{общ}} \right)}{\eta_{пер}}, \quad H \cdot m \quad (3.11)$$

де

$$M_{кр}^{пер} = R \cdot r_{зв}, \quad H \cdot m \quad (3.12)$$

$$\text{де } R = 5,24 \text{ кН}; \quad r_{зв} = 0,17 \text{ м.}$$

Тоді

$$M_{кр}^{пер} = 5240 \cdot 0,17 = 890,8 \quad H \cdot m,$$

$$i_{тр} = 26,4; \quad i_{тр}^{общ} = 105.$$

Величина вихідного діаметру валу барабана:

$$d_{вал} = \sqrt[3]{\frac{10^3 \cdot M_{кр}^1}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad \text{мм}, \quad (3.13)$$

$$\text{де } [\tau] = 50 \dots 70 \text{ МПа}$$

Отже

$$d_{\text{вал}} = \sqrt[3]{\frac{10^3 \cdot 1080}{0,2 \cdot 50}} = 48,2 \text{ мм.}$$

Приймемо $d_{\text{вал}} = 50 \text{ мм.}$

3.3.2 Розрахунок параметрів з'єднувальної муфти

Величина розрахункового моменту спрацювання муфти [14]

$$T_M = k \cdot T_{\text{ном}} \leq T_{\text{табл}} \quad (3.14)$$

де $k = 1,5 \dots 2$.

$$T_{\text{ном}} = \frac{P}{\omega}, \quad (3.15)$$

де $P = 5,5 \text{ кВт.}$

$$\begin{aligned} T &= 250 \text{ Н}\cdot\text{м}, & l_{\text{кон}} &= 38 \text{ мм}, & \Delta r &= 0,3, & d_n &= 14 \text{ мм}, & d_s &= 27 \text{ мм} \\ \omega &= 400 \text{ м/с}, & L &= 169 \text{ мм}, & \Delta \gamma &= 1^\circ, & l_n &= 33 \text{ мм}, & l_s &= 29 \text{ мм.} \\ d_1, d_2 &= 32, 35 \text{ мм}, & D &= 140 \text{ мм}, & l_y &= 58 \text{ мм}, & d_0 &= M10, & z &= 6 \end{aligned}$$

$$B_o \approx 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 140 = 35 \text{ мм}, \quad b = 0,5 \cdot B = 0,5 \cdot 35 = 17,5 \text{ мм.}$$

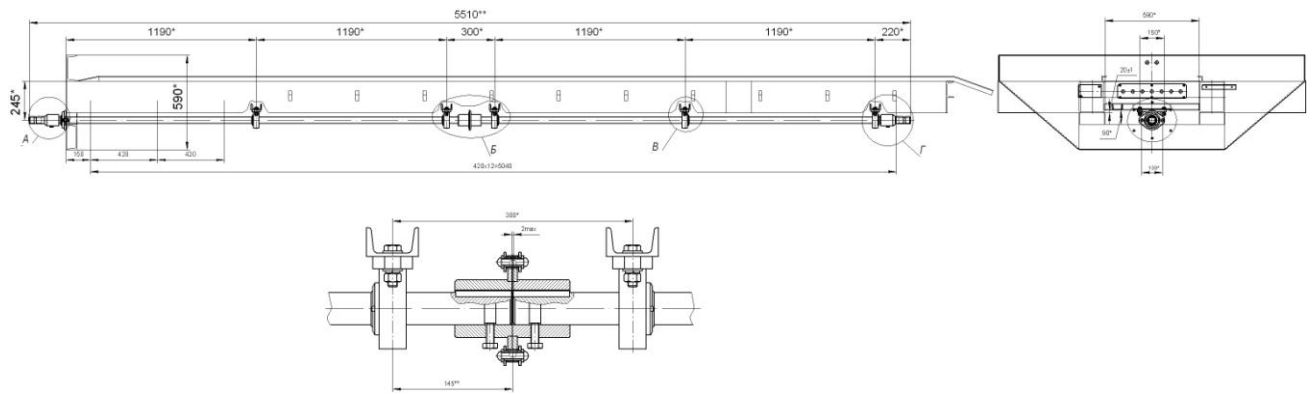


Рисунок 3.6 – З'єднувальна муфта

$$\omega_B = \frac{\pi \cdot n_B}{30} \quad (3.16)$$

де $n_B = 965 \text{ хв}^{-1}$

$$\omega_B = \frac{3,14 \cdot 965}{30} = 101 \text{ с}^{-1}.$$

$$T_{НОМ} = \frac{5,5 \cdot 10^3}{101} = 54,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$T_M = 1,5 \cdot 54,4 = 81,6 \leq 250 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приймемо муфту 125-50-І.1-50-ІІ.2-УЗ ГОСТ 21424-75 [14]

Для оцінки міцності проводять розрахунки пальців на згин, а також напруження зминання гуми на поверхні контакту втулок з пальцями.

Припускається, що всі пальці навантажені однаковими силами і напруження зминання розподіляються рівномірно за довжиною втулки.

$$\sigma_{3M} = \frac{2TK}{d_{II} \cdot l_B \cdot z \cdot D_1} \leq [\sigma_{3M}], \quad (3.17)$$

Згідно рекомендацій $[\sigma_{3M}] = 1,8...2 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{3M} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 10^3}{14 \cdot 29 \cdot 6 \cdot 110} = 1,86 \leq 1,8...2 \text{ МПа}.$$

Тобто умова міцності виконується.

Перевіримо пальці за напруженнями згину:

$$\sigma_u = \frac{2 \cdot T \cdot 0,5 \cdot l_n}{D_1 \cdot z \cdot 0,1 \cdot d_n^3} = \frac{10 \cdot T \cdot l_n}{D_1 \cdot z \cdot d_n^3} = \frac{10 \cdot 250 \cdot 10^3 \cdot 29}{110 \cdot 6 \cdot 14^3} = 40 \leq [\sigma_u] \quad (3.18)$$

$$D_1 = (0,7...0,8)D. \quad (3.19)$$

$$D_1 = (0,7...0,8) \cdot 140 = 98...112 \text{ мм}.$$

Прийmemo $D_1 = 110 \text{ мм}$.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Виникнення травмонебезпечних ситуацій при внесенні органічних 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 1221 та розкидача УПТС-15 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 1221 +УПТС-15)	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 органічних 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 автозчіпки. При цьому слід користуватись допомогою допоміжних працівників. Роботу можна розпочинати тільки при надійній фіксації машин на навісці.

4.3 Заходи з охорони ґрунтів

Виконання великої кількості механізованих операцій під час вирощування і догляду за сільськогосподарськими культурами призводить до небажаних змін в природній системі, до порушення динамічної рівноваги в ній. Тому в процесі сільськогосподарського виробництва потрібно гармонійно поєднувати розвиток продуктивних сил з вимогами охорони навколишнього середовища для того щоб зберегти і покращити екологічну ситуацію довкілля.

Незважаючи на окремі позитивні заходи з покращення родючості ґрунтів і їх захисту від забруднення шкідливими речовинами, природоохоронні міроприємства здійснюються ще не в повній мірі. Насамперед це стосується запобігання негативного впливу на родючий шар ґрунту рушіїв тракторних агрегатів під час виконання механізованих робіт.

Використання великогабаритної техніки, багаторазові проїзди по полю, використання тракторів з низькою зчіпною вагою призводять до переущільнення ґрунту, порушення його структури, створюють несприятливі умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

Уникнути цих недоліків можливо за рахунок дотримання вимог правильного комплектування агрегатів - кожному тяговому класу трактора повинен відповідати певний набір сільськогосподарських машин.

Проблему ущільнення ґрунту машинно-тракторними агрегатами можна звести до мінімуму шляхом застосування малогабаритної техніки, тракторів з невеликою повною масою.

Крім цього важливим є виконання комплексу організаційно-

технологічних заходів із захисту земель від ерозії, в основі яких лежить дотримання сівозміни, недопустимість порушення прийнятої науково обґрунтованої системи чергування культур, чітка організація системи внесення органічних та мінеральних добрив. Велика увагу необхідно приділяти введенню прогресивних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною метою даної кваліфікаційної роботи є вдосконалення процесу механізації внесення органічних добрив через модернізацію розкидача УПТС-15.

В рамках роботи було проведено аналіз загальних характеристик органічних добрив та технологій їх внесення, а також розглянуто обладнання, що застосовується для цих цілей. Було розроблено операційно-технологічну карту для внесення органічних добрив за допомогою агрегату, що складається з трактора Беларус 1221 та прицепного розкидача УПТС-15. У ній визначено умови експлуатації агрегату, агротехнічні вимоги до проведення операції, обрано робочу швидкість руху агрегату, висвітлено характеристики агрегату, а також описано операції з підготовки агрегату до роботи, підготовки поля і організації робочого процесу.

Робота також включає модернізацію розкидача УПТС-15, щоб забезпечити його використання не тільки для внесення органічних добрив, а й для інших видів робіт.

Модернізований розкидач оснащений швидкозмінною різальною головою, що потребувало вдосконалення силової передачі, зокрема, інтеграції муфти для запобігання поломок внаслідок перевантажень від використання різальної головки.

У розрахунковій частині були проведені технологічні розрахунки для транспортерів розкидача та конструктивні розрахунки з'єднувальної муфти.

Також аналізувалися причини потенційних травматичних ситуацій при використанні розкидачів органічних добрив.

Розроблено заходи з охорони праці та забезпечення безпеки під час механізованих робіт з внесення добрив, а також запропоновано дії для захисту ґрунтів.

Розрахунки показників експлуатації агрегату виявили, що вартість внесення органічних добрив на один гектар становить 790,47 грн/га за змінну продуктивність агрегату 37 га/зміну.

Використання модернізованого розкидача УПТС-15 не тільки для розкидання органіки, але й для транспортування та подрібнення всіх видів кормів (сіно, солома, сінаж, силос), а також у складі технологічних ліній для приготування грубих кормів, розширює його функціональні можливості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Березівський П.С., Більський Б.В., Дудаш Я.Я., Андрушко М.І. Організація і планування виробництва в аграрних формуваннях Львівщини. Львів: Укр. технології, 2000. 218 с.
2. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування машинно-тракторного парку в рослинництві. К.: Вища школа, 1995. 237 с.
3. Білоконь Я.Ю. Трактори та автомобілі / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча, С.О. Войцехівський. К.: Вища освіта, 2003. 560с
4. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. Суми: Університетська книга, 2008. 450 с.
5. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера. Київ, «Урожай», 1988. 354 с.
6. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
7. Довідник з експлуатації МТП/ Ільченко В.Ю., Карасьов П.І., Пітонт А.С., та ін. К.: Урожай, 1987. 368с.
8. 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.
9. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. / В.М. Лапін. – Львів: ЛБК НБУ. Київ: Знання, 2000. 188 с.
10. Машиновикористання в землеробстві/ В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка та Ю.П. Нагірного. К.: Урожай, 1996. 384с.
11. Муха В.П. Трактори «Беларус», ЮМЗ-6КЛ и ЮМЗ-6КМ. Технічний опис і інструкція з експлуатації. Дніпропетровськ, 1989. 303 с.

- 12.Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.
- 13.Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlyvi
- 14.Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.
- 15.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.
- 16.Інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур/ Г. В. Корнеєв, Г. Г. Гатуліна, А. И. Зінченко та ін.; За ред. Г. В. Корнеєва. М.: Агропромиздат, 1988. 301 с.
- 17.Кльонін Н. И. т ін. Сільськогосподарські машини (Елементи теорії робочих процесів, розрахунок регулювальних параметрів и режимів роботи). Навч. посібник. М.: «Колос», 1970. 456 с.
- 18.Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 31 с.
- 19.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.
- 20.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.

ДОДАТКИ