

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Андрій ВОЙТІК
“ ” _____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи
_____ магістр
(освітній рівень)

на тему **«ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ
ДИСКІВ РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21 м-ім
Спеціальність 208 Агроінженерія
_____ Михайло ДРОЗДЕНКО
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Андрій ВОЙТІК
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Олександр ТРУС
(прізвище та ініціали)

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень _____ магістр _____

Спеціальність _____ 208 Агроінженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Андрій ВОЙТІК

“ ____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Дрозденку Михайлу Богдановичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування конструктивних параметрів дисків розкидача мінеральних добрив»

керівник роботи _____ Войтік А.В., к.т.н., доцент _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 04 ” _____ листопада 20 24 р. № 01-06/298

2. Строк подання студентом роботи _____ 30.11.2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості мінеральних добрив; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для вирощування розкидання гранульованих мінеральних добрив.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз існуючих способів та засобів для внесення гранульованих мінеральних добрив, огляд попередніх досліджень з даного питання; визначення впливу дисків та їх лопаток на якість виконання операції; обґрунтування конструктивних параметрів розкидного диска; дослідження якісних показників роботи запропонованої машини; розробка заходів з охорони праці; визначення ефективності застосування розробленої машини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 15 слайдів) як додаток до доповіді за темою магістерської роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 14 вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	02.10.2023 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання та задачі досліджень	02.11.2023 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні визначення параметрів диска	02.12.2023 р.	
4.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	29.01.2024 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	15.03.2024 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічна ефективність машини	30.06.2024 р.	
7.	Виконання графічної частини роботи	17.10.2024 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.2022 р.	

Студент

(підпис)

Михайло ДРОЗДЕНКО

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Андрій ВОЙТІК

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дрозденко М.Б. Обґрунтування конструктивних параметрів дисків розкидача мінеральних добрив (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2024. – 59 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для розкидання гранульованих мінеральних добрив.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів розкидних дисків та їх лопаток на рівномірність розподілу мінеральних добрив.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу внесення гранульованих мінеральних добрив шляхом обґрунтування параметрів розкидних дисків.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих конструктивних рішень для розкидного внесення мінеральних добрив. Проведено огляд попередніх досліджень з даного питання.

Визначено вплив конструктивних параметрів розкидних на показники їх роботи. Визначено оптимальні геометричні параметри дисків та лопаток. Проведено дослідження по визначенню якісних показників роботи пристрою для розкидання мінеральних добрив.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля. Визначено показники економічної ефективності від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки і пропозиції, складено список використаної літератури, оформлено додатки.

Ключові слова: добрива, гранула, диск, лопатка, траєкторія, форма .

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1. ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	7
1.1 Розгляд існуючих конструкцій	7
1.2 Порівняння агрегатів за енерговитратами	15
1.3 Порівняння агрегатів методом відстані до цілі	18
Розділ 2. РОЗРАХУНОК ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	21
2.1. Обґрунтування і розрахунок параметрів тукорозкидача відцентрового типу	21
2.2. Енергетичний розрахунок	35
Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНКИ ДОБРИВА У АПАРАТІ З ВІДЦЕНТРОВИМИ РОЗСІЮВАЛЬНИМИ ОРГАНAMI	38
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПЕСТИЦИДІВ ТА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	48
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	52
Загальні висновки.....	56
Список використаної літератури.....	57

ВСТУП

Оптимальний ріст рослин залежить від кліматичних факторів (світловий, тепловий, водний, атмосферний режими), забезпеченості поживними речовинами, а також від структури та кислотності ґрунтів, вмісту в них гумусу та інших властивостей. Всі ґрунти мають запас поживних речовин, але більша їх частина знаходиться в малодоступній формі. Тому для оптимізації живлення рослин в ґрунт вносять добрива.

В складі рослин знайдено більш ніж 70 хімічних елементів. Для нормального росту рослин необхідні лише 15: С, О, Н, N, Р, К, Са, Mg, S, В, Fe, Mn, Cu, Мо, Zn. Кожний з цих елементів виконує в рослинах свою специфічну роль і не може бути замінений.

Добрива – основа підвищення кількості та якості сільськогосподарської продукції. Їх доцільне використання покращує родючість ґрунтів, підтримує позитивний баланс біогенних елементів та гумусу. Близько 50 % загального врожаю одержують за рахунок добрив. Правильне застосування їх дає змогу активно втручатися у кругообіг речовин на Землі, створювати, зокрема, позитивний баланс поживних речовин у землеробстві.

Правильне застосування добрив досягається лише за успішного проведення також інших сільськогосподарських робіт. Будучи важливим, але не єдиним фактором підвищення врожаю, добрива є складовим елементом всієї системи агрохімічних заходів (зниження кислотності ґрунту, боротьба з бур'янами, хворобами та шкідниками рослин, вибір найвдаліших сортів, дотримання оптимальних строків посіву, норм висіву та посадки та ін.).

За способом виробництва добрива поділяють на дві групи: мінеральні та органічні. Крім того, застосовують суміші органічних і мінеральних добрив – органо-мінеральні компости.

Мінеральні добрива – це промислові чи викопні сполуки, які містять речовини, необхідні для живлення рослин і підвищення родючості ґрунту.

За призначенням мінеральні добрива поділяють на добрива прямої дії, призначені безпосередньо для живлення рослин, і непрямой дії, які застосовують для поліпшення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Добрива прямої дії бувають прості – містять один елемент живлення, і змішані – є механічною сумішшю двох або трьох простих добрив. Добрива непрямой дії (вапно, гіпс) належать до місцевих добрив. їх застосовують для нейтралізації кислих ґрунтів (вапнування) або лужних солонців (гіпсування).

Для технологій механізованого внесення добрив велике значення має їх консистенція, або структура, за цією ознакою. Тому добрива поділяють на групи: тверді (сипкі і зв'язні), рідкі, газоподібні.

Органічні добрива – це добрива рослинного або тваринного походження, що мають багато спільних властивостей. Крім того, органічні добрива називають повними, тому що вони містять у своєму складі основні елементи живлення, потрібні для розвитку рослин, часто в різних пропорціях. До органічних добрив належать гній (підстилковий і безпідстилковий), перегній, гноївка, пташиний послід, фекалії, торф, гнойові, торфові та інші компости, побутові відходи міст і сіл, ставковий і річковий мул, сапропель, а також сидерати – бобові рослини, які у зеленому стані заорюють у ґрунт і тим самим його удобрюють.

Запаси водню і кисню у ґрунті поповнюються за рахунок вологи атмосферних опадів, багато ґрунтів мають природні запаси кальцію на десятки і сотні років, а от такі елементи живлення, як азот, фосфор і калій, потрібно поповнювати щорічно внесенням органічних та мінеральних добрив.

Добрива, до складу яких входять азот, фосфор, калій і які треба вносити сотнями кілограмів на 1 га, називають макродобривами. Речовини, які містять такі хімічні елементи, як бор, молібден, манган, мідь, залізо, цинк тощо і які потрібно вносити в ґрунт у грамах або кілограмах на 1 га, називають мікродобривами. Оскільки потреба ґрунтів у мікродобривах на різних полях неоднакова, то внесення їх має проводитися тільки після спеціального аналізу ґрунтів.

Розділ 1. ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

1.1 Розгляд існуючих конструкцій

Машина для внесення добрив МВУ-5 (рис. 1.1) призначена для поверхневого (суцільного) внесення мінеральних добрив, їх сумішей, вапна та гіпсу. Являє собою напівпричіп, що складається з кузова 1, ходової системи 7, транспортера 2, приводу робочих органів 4, дозувальної заслінки 3, туконапрямника 5, розсіювальних дисків 6, пневмогальмівної системи і електрообладнання. Агрегатують з тракторами МТЗ-80/82. Машину обслуговує тракторист.

Кузов машини є основою для кріплення робочих органів та допоміжних складальних одиниць і виконує функції приймального пристрою для мінеральних добрив. Рама складається з двох балок, з'єднаних поперечинами. Задній борт має вікно для виходу добрив і напрямні для встановлення дозувальної заслінки.

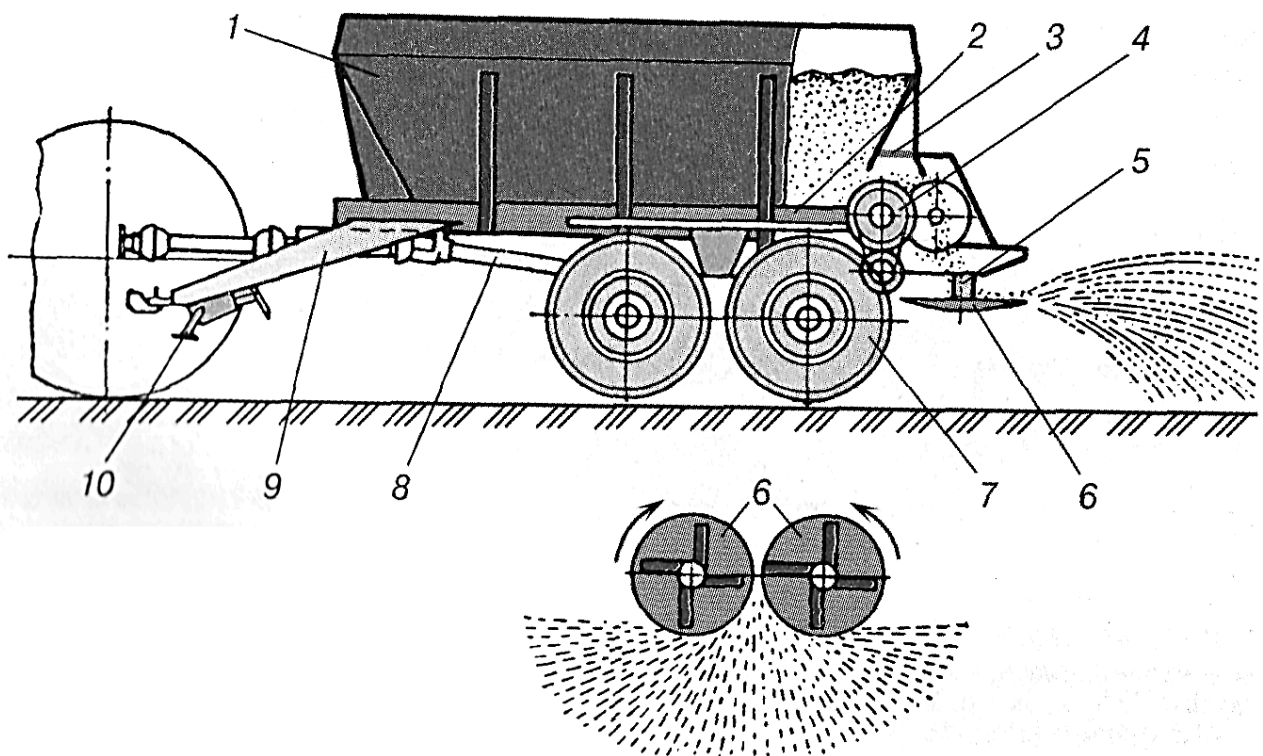


Рисунок 1.1 – Машина для внесення мінеральних добрив МВУ-5

1 – кузов; 2 – транспортер; 3 – дозувальна заслінка; 4 – привід робочих органів; 5 – туконапрямник; 6 – розсіюючі диски; 7 – ходова система;
8 – карданний вал; 9 – дишель; 10 – опора

У передньому борту кузова передбачено вікно для контролю за розвантаженням кузова. Для запобігання пульсаціям при подачі добрив транспортером при малих дозах внесення днище кузова перед туконапрямником виконане у вигляді лотка. Ходова система зроблена як безресорний балансірний візок типу «тандем» і складається з двох балансірів, з'єднаних центральною віссю на підшипниках ковзання.

Усі колеса ходової системи обладнані колодковими гальмами. Привід гальм – пневматичний, виконаний за однопровідною схемою і спрацьовує при натисканні на гальмівну педаль трактора, оскільки гальмівна магістраль машини приєднується до гальмівної магістралі трактора.

Транспортер машини – це замкнутий безкінечний ланцюг, що складається з окремих прутів і лапок, з'єднаних між собою. Нижні грані лапок скошені для утворення гострих кутів з днищем кузова і спрямовані за рухом транспортера, що сприяє активній очистці напрямних жолобків у днищі кузова. Транспортер виносить добрива з кузова до дозувальної заслінки і далі на розсіювальні диски.

Привід робочих органів здійснюється від ВВП трактора і ходового колеса машини. Він складається з приводів розсіювального пристрою і транспортера.

Привід розсіювального пристрою надає дискам обертового руху і складається з телескопічного карданного вала, проміжних та приводних валів, двох клинопасових контурів, редукторів і розсіювальних дисків.

Привід транспортера можна здійснювати від правого заднього ходового колеса машини або від ВВП трактора. Привід від правого заднього ходового колеса виконується за допомогою приводного вала, який проходить всередині осі колеса. Один кінець вала входить у додатковий фланець із шліцьовою втулкою, яка встановлена на три подовжені шпильки маточини колеса і кріпиться трьома гайками. На другому кінці вала посаджена вилка внутрішньовузлового карданного вала. Другу вилку цього вала посаджено на вал редуктора. Редуктор має зубчасту пару для зміни напрямку обертання і механізм ввімкнення транспортера від ходового колеса машини.

Керують механізмом ввімкнення транспортера за допомогою гідросистеми з кабіни трактора. Після редуктора привід транспортера вмикає три ланцюгові контури і ведучий вал транспортера. Передостанній ступінь ланцюгового контуру дозволяє отримати дві швидкості транспортера для внесення мінеральних добрив і вапнякових матеріалів шляхом перестановки ланцюга на блоках зірочок.

При внесенні значних (понад 5000 кг/га) доз добрив і розвантаженні сипких матеріалів на місці конструкцією машини передбачене переобладнання приводу транспортера від ВВП трактора шляхом з'єднання блока півмуфти, що складається з труби із зубчастими дисками і кріпиться до зубчастих маточин

центрального вала трансмісії та вхідного вала центрального редуктора за допомогою ланцюга і захисних ковпаків. При цьому ланцюг зірочок змінних контурів повинен знаходитись на зовнішніх зірочках з кількістю зубців 12 і 45. Півмуфта редуктора приводу транспортера від ходового колеса повинна бути вимкнена гідросистемою трактора.

Дозувальна заслінка – це секційний підпружинений шибер, що переміщується в напрямних на задньому борту кузова за допомогою штурвала. Положення заслінки фіксується пружинним фіксатором.

Туконапрячник – це лоток зварної конструкції з листового матеріалу, який забезпечує подачу добрив на кожний розсіювальний диск окремо. У тукоподільнику є подільник потоку, що складається з двох шарнірно рухомих стінок.

Електрообладнання машини складається з двох ліхтарів, джгута і штепсельної вилки.

Пристрій для рівномірного розвантажування кузова призначений для усунення навантаження на гідроак трактора і зменшення навантаження на транспортері.

Процес роботи машини відбувається так. Під час руху машини по полю з завантаженими добривами і ввімкненим ВВП трактора розсіювальні диски обертаються, а на них транспортером, що приводиться в дію від правого заднього ходового колеса машини, через дозувальну заслінку і туконапрячник подаються добрива. Диски з лопатками розсіюють добрива віялоподібним потоком на поверхню ґрунту.

Дозу внесення добрив регулюють зміною положення дозувальної заслінки на задньому борту кузова машини і швидкості транспортера шляхом встановлення ланцюга змінних контурів приводу на зовнішні зірочки з кількістю зубців $2=12$ і $2=45$ або $2=28$ і $2=33$.

Коли транспортер приводиться в дію від ВВП трактора, то ланцюг змінних контурів має знаходитись на зовнішніх зірочках з кількістю зубців $2=12$ і $2=45$, дозу внесення добрив машиною регулюють положенням дозувальної заслінки і швидкістю руху агрегату. Можливі дози внесення мінеральних добрив машиною наведені в таблицях інструкції з експлуатації машин.

Машина РУМ-5-03 призначена для основного внесення мінеральних добрив і підживлення зернових культур, вирощуваних за інтенсивною технологією. Складається з кузова 5 (рис. 1.2), який зверху має захисну сітку 6, а в днищі прутковий транспортер 14; туконапрячника 15; правої 9 і лівої 1 штанг; пневмосистеми; ходових коліс 12 і механізму приводу. На задній стінці кузова встановлена дозувальна заслінка 4 з механізмом переміщення 3, а зверху – брезентовий тент.

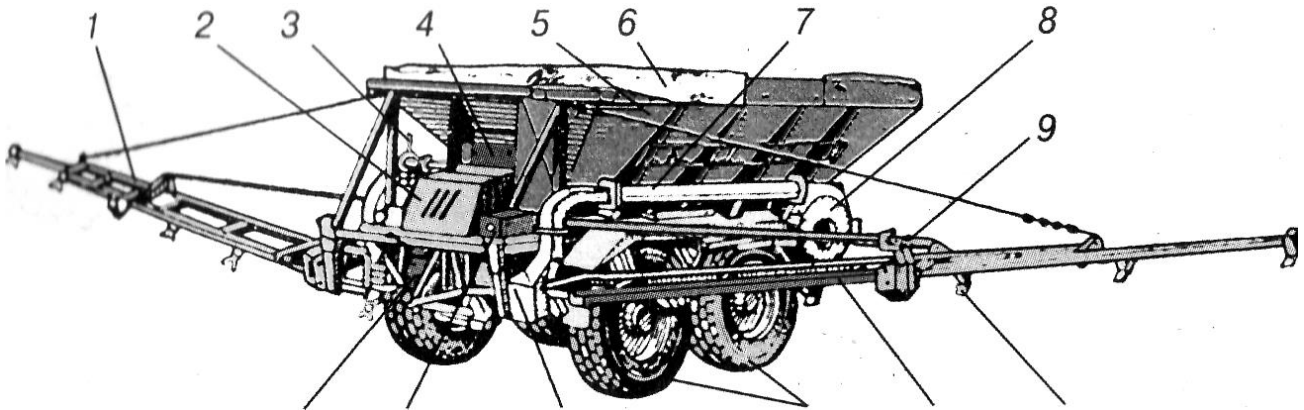


Рисунок 1.2 – Машина РУМ-5-03:

- 1 і 9 – штанги; 2 – живильник-подільник; 3 – механізм переміщення заслінки;
4 – заслінка; 5 – кузов; 6 – сітка; 7 – повітропровід; 8 – вентилятор;
10 – розпилювальний наконечник; 11 – труба; 12 – ходові колеса;
13 – повітророзподільник; 14 – транспортер; 15 – туконапрямник*

Під час розсіювання добрив транспортер 14 приводиться в дію від заднього опорно-ходового колеса через привідний ролик і ланцюгову передачу. Для вивантаження з кузова невикористаних добрив транспортер приводиться в дію від ВВП трактора через передачу, змонтовану спереду кузова.

Опорно-ходові колеса розставлені на колію 1800 мм. Туконапрямник, встановлений під заднім кінцем транспортера, поділений на 14 секцій. Кожна секція має приймачі, поворотну заслінку, патрубок і сопло. Патрубок кожної секції з'єднаний з повітророзподільником 13 пневмосистеми, а сопло – з відповідною розподільною трубою 11. Секція штанги складається з каркаса, пакета пластмасових розподільних труб 11 різної довжини, напрямників, подільників, подільного пристрою і відбивачів, змонтованих на розпилювальних наконечниках 10 труб. Пневмосистема має по два вентилятори 8, повітропроводи 7 і повітророзподільники 13, змонтовані на боковинах кузова. Патрубок повітророзподільників з'єднаний трубами з патрубками туконапрямника.

Під час робочого ходу машини транспортер 14 подає добрива через вікно, розміщене під дозувальною заслінкою 4, в туконапрямник 15. Добрива розподіляються рівномірно приймачами по патрубках, підхоплюються повітряним потоком, створеним у соплах вентиляторів, і подаються в труби 11 штанг. З труб добрива виходять через наконечники 10 у вигляді аеросуміші і відбивачами спрямовуються на поверхню поля.

Дозу внесення добрив (100-1000 кг/га) встановлюють переміщенням заслінки 4 на певну позначку згідно з таблицею.

Агрегатують машину з тракторами ЮМЗ і МТЗ. Місткість кузова – 5 т, ширина захвату – 12 м, робоча швидкість – до 10 км/год, продуктивність при дозі внесення 220 кг/га – до 7 га/год.

Розкидач добрив Axis 30.1 фірми Rauch. Розкидач призначений для внесення мінеральних добрив. Основний бункер розкидача об'ємом 1200 л можна нарощувати за допомогою п'яти різних бортів до об'єму в 3000 л. Розкидач поставляється разом з дозуючим терміналом Quantron-E, а також додатково комплектується дистанційно керованими обмежувачами розкидання, тентом для бункера, паркувальними роликami та світловим обладнанням.

За допомогою терміналу управління можна ширину відкриття дозуючої заслінки, контролювати норму внесення та оброблену площу. Також термінал контролює такі дані як коефіцієнт сипучості добрив, висоту навіски, швидкість обертання ВВП, зміну норми внесення при обробці країв поля залежно від виду добрив.



Рисунок 1.3 – Розкидач добрив Axis 30.1

Відбір контрольних проб в розкидачі полегшений завдяки його супроводу в меню бортового комп'ютера. Тут автоматично відбувається зупинка відліку часу та після введення встановленої маси висіяних добрив автоматично розраховується новий коефіцієнт сипучості.

Для зміни ширини розкидання не потрібно переставляти лопаті розсіювальних дисків, а достатньо встановити регулювальний важіль напроти

відповідної поділки шкали і регулювальний механізм змінить ширину розкидання шляхом зміни точки подачі добрив на диск.

Розкидач має високу рівномірність розкидання добрив по поверхні поля. При нормі внесення від 100 до 800 кг/га відхилення становить не більше 7 %.

Щоб виключити забивання випускних отворів бункера в ньому встановлена мішалка у формі зірки, яка обладнана механізмом захисту від перенавантажень. Швидкість її обертання становить 17 об/хв. Для запобігання подрібнення добрив.

Заповнення бункера можна бачити через два великі оглядові вікна, а також частина тенту бункера виконана із прозорої плівки.

Ширина захвату – до 36 м, робоча швидкість – до 25 км/год, маса – 470 кг.

Агрегат фірми Rauch TWS 7000 + Axera-H EMC. Напівпричіп TWS 7000 у комбінації з розкидачем мінеральних добрив Axera-H EMC.



Рисунок 1.4 – Напівпричіп фірми Rauch TWS 7000 + Axera-H EMC

Напівпричіп TWS 7000 має бункер об'ємом 7000 л. В ньому встановлено 4 решітки для утримання сторонніх предметів та датчик рівня, що подає сигнал на термінал керування про наявність добрив в бункері. Також на передній стінці розташоване оглядове вікно. Зверху бункер закривається тентом.

Під бункером розташований шнековий транспортер з високоякісної сталі довжиною 3,3 м і діаметром 21 см, який подає добрива до розкидача Axera-H EMC. Шнек приводиться в дію гідромотором і обладнаний заслінкою з гідравлічним приводом та контрольним датчиком.

Вивантажуються добрива з шнека в два потоки, пропускну спроможність кожного з яких можна регулювати окремо заслінкою.

Розкидач добрив має диски з гідроприводом та електронну систему дозування ЕМС. При роботі розкидача датчики постійно заміряють тиск масла в гідромоторах дисків та частоту їх обертання. Так, при великих нормах внесення добрив для підтримання стабільної кількості обертів дисків тиск масла збільшується, а при малих нормах – зменшується.

Також на напівпричепі встановлений датчик контролю швидкості руху. Таким чином визначається оброблена площа, яка порівнюється з кількістю внесених добрив і термінал керування Quontron при необхідності змінює положення дозуючих заслінок для корегування норми внесення. Дана система не потребує пробного внесення і їй не потрібні дані про сипкість та щільність добрив. Система керування також регулює норму внесення добрив при роботі на краю поля.

Для контролю рівномірності розподілу добрив по ширині захвату пропонується набір для перевірки дозування, який включає в себе 10 лотків та мірну трубку.

Ширина захвату – 30, швидкість руху – до 40 км/год, маса – 3520 кг.

Розкидач ZG-B Ultra Hydro фірми Amazone. Розкидач призначений для внесення лише мінеральних добрив. Максимальний об'єм бункера складає 8200 л. при цьому робоча вага машини становить 12,6 т, а тому на ній встановлені 46-дюймові широкі шини для зменшення тиску на ґрунт. Також завдяки шинам кліренс розкидача сягає 90,5 см.



Рисунок 1.5 – Розкидач ZG-B Ultra Hydro фірми Amazone.

Бункер машини закритий тентом, який відкривається через пульт керування розкидача, та оснащений відкидною просіюючою решіткою для відокремлення кусків добрив, каміння та деревини.

На днищі розкидача встановлено гумовий пасовий транспортер з гідроприводом. Транспортер не потребує обслуговування. Він подає добрива у камеру дозування, яка може бути обладнана датчиками ваги для калібрування параметрів розкидача під час роботи (порівнює висіяну масу добрив з обробленою площею). Швидкість руху транспортера регулюється датчиками рівня заповнення камери дозування.

Дозуюча система розкидача виконана у вигляді лійок з мішалками, що встановлені над кожним розкидальним диском. Лійки мають окремо дозуючу і регулюючу заслінки. Дані лійки заповнюються з камери дозування.

Оскільки кожен диск має свою власну дозуючу заслінку, то на кожную сторону можна задати різну норму внесення добрив. Також можна змінювати частоту обертання кожного диска, які приводяться в рух від гідромоторів. Такі регулювання корисні при обробітку країв поля.

Автоматична система керування розкидачем Amatron+, що керує 20 різними параметрами роботи розкидача і має вихід для підключення до терміналу GPS та датчиків розпізнавання потреби рослин в азоті по їх кольору, розрізняє три типи роботи на краю поля.

Перший випадок – поле суміжне з сусіднім полем. При цьому зменшується дальність польоту частинок добрив, але не їх кількість.

Другий випадок – край поля вздовж дороги. При цьому зменшується число обертів дисків і кількість добрив.

Третій випадок – поле з прилягаючими каналами, що безпосередньо з'єднані з водоймами. При цьому число обертів дисків знижується ще більше.

Добрива на диски подаються через заслінки, які встановлені сегментами. По три сегменти на кожен диск. Кожен сегмент має регульовальну заслінку з гідроприводом та дозуючу заслінку з електроприводом. Таким чином можна зменшувати ширину захвату розкидача перекриваючи окремі сегменти.

Диски розкидача легко замінюються і для запасного комплекту є спеціальне місце кріплення. Диски вкриті зносостійким матеріалом. Лопаті дисків переставляються по шкалі для зміни ширини захвату.

Як опцію виробник пропонує до розкидача мобільний випробувальний стенд. Він має 16 лотків з решітками для збору добрив. Лотки рівномірно розташовуються по ширині захвату розкидача і відбувається розкидання. Вміст кожного лотка висипаються в лійку з відповідною мірною шкалою. Далі показники шкали записуються в бортовий комп'ютер роздача, який видає

регулювання, що необхідно виконати для досягнення найбільш рівномірного і точного внесення добрив.

Ширина захвату – до 52 м, швидкість руху – до 50 км/год, маса – 3620 кг.

1.2 Порівняння агрегатів за енерговитратами

Первинними даними для вибору і обґрунтування машинно-тракторного агрегату (МТА) є змінні норми виробітку $W_{зм}$ та витрати палива $H_{нал}$.

За змінною нормою виробітку знаходять годинну норму виробітку $W_{год}$, га/год

$$W_{год} = \frac{W_{зм}}{7} = \frac{60}{7} = 8,57 \quad (1.1)$$

де $W_{зм}$ - змінна норма виробітку, га/зм;

Кількість нормо-годин визначають за формулою, га/год

$$H_{год} = \frac{1}{W_{год}} = \frac{1}{8,57} = 0,12 \quad (1.2)$$

Енергоємність машинного агрегату (МДж/га) становить

$$E_{ма} = H_{год} \cdot (\alpha_{ез} + \alpha_{сзм} + \alpha_3) = 0,12 \cdot (183,1 + 235 + 0) = 50,17 \quad (1.3)$$

де $\alpha_{ез}, \alpha_{сзм}, \alpha_3$ - енергетичний еквівалент енергетичного засобу, с.-г. машини, зчіпки відповідно, МДж/год.

Енергоємність палива (МДж/га) дорівнює

$$E_{нал} = H_{нал} \cdot \alpha_n = 1,8 \cdot 79,5 = 143,1 \quad (1.4)$$

де $H_{нал}$ - норма витрати палива, кг/га;

α_n - енергетичний еквівалент палива; $\alpha_n = 79,5$ МДж/кг.

Витрати праці механізатора:

$$З_{мех} = \frac{n_{мех}}{W_{год}} = \frac{1}{8,57} = 0,12 \quad (1.5)$$

де $n_{\text{мех}}$ - чисельність механізаторів, що обслуговують агрегат, якщо робота ведеться в одну зміну.

Витрати праці допоміжних працівників

Загальні витрати праці людини (год/га) у разі роботи агрегату в одну зміну:

$$Z_{\text{пл}} = Z_{\text{мех}} = 0,12 \quad (1.6)$$

Енергоємність праці людини (МДж/га)

$$E_{\text{пл}} = Z_{\text{мех}} \cdot \alpha_{\text{мех}} + Z_{\text{доп}} \cdot \alpha_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 43,4 + 0 \cdot 29,7 = 5,2 \quad (1.7)$$

де $\alpha_{\text{мех}}, \alpha_{\text{доп}}$ - енергетичний еквівалент праці людини для механізаторів та допоміжних працівників становить $\alpha_{\text{мех}} = 43,4, \alpha_{\text{доп}} = 29,7$ МДж/год.

Загальні витрати енергії на виконання технологічної операції

$$E_z = E_{\text{ма}} + E_{\text{нал}} + E_{\text{пл}} = 50,17 + 143,1 + 5,2 = 198,47 \quad (1.8)$$

Аналогічно підраховують загальні витрати енергії для іншого складу агрегату та записують до табл. 1.1. За отриманими даними будують графік зміни енергоємності внесення мінеральних добрив різними агрегатами (рис. 1.6).

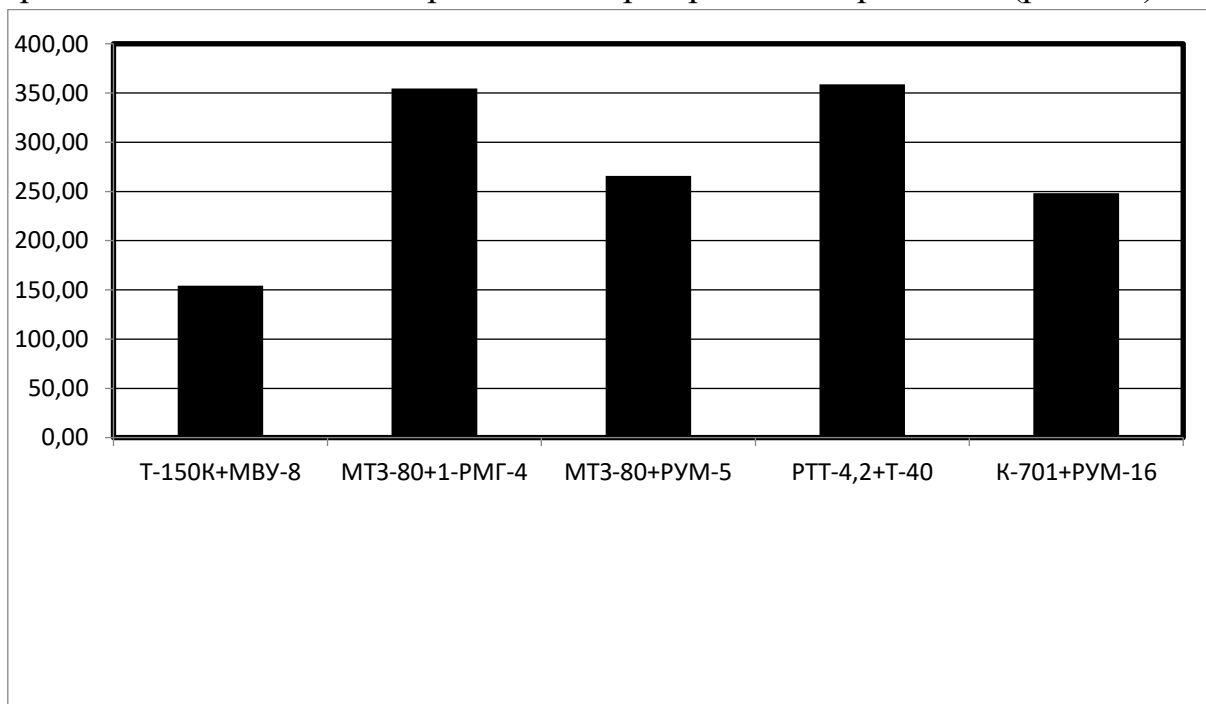


Рисунок 1.6 – Енергоємність внесення мінеральних добрив.

Таблиця 1.1 – Розрахунок енергоємності операції внесення мінеральних добрив

№ п/п	Склад агрегату	Продуктивність		Нормогодини, год	Енерго- ємність агрегату, МДж/га	Витрата палива, кг/га	Енергоєм- ність палива, МДж/ га
		за зміну, га/ зм	за годину, га/ год				
1	Т-150К+МВУ-8	141,12	20,08	0,12	47,19	0,82	143,1
2	МТЗ-80+1-РМГ-4	26,5	3,79	0,26	47,68	1,85	147,00
3	МТЗ-80+РУМ-5	49	7,00	0,14	41,56	1,00	153,12
4	РТТ-4,2+Т-40	29,4	4,20	0,24	30,43	1,67	132,50
5	К-701+РУМ-16	104,6	14,94	0,07	59,54	0,47	37,25

За даними графіка та таблиці можна зробити висновок, що раціональна технологічна схема для внесення мінеральних добрив є Т-150К+МВУ-8, оскільки вона має найменші енерговитрати.

1.3 Порівняння агрегатів методом відстані до цілі

Порівнюємо ці способи внесення мінеральних добрив. Для цього використаємо метод відстані μ до цілі. Суть цього методу полягає в порівнянні j -го варіанту вихідної множини альтернативних варіантів з ідеалізованим варіантом. За ідеалізований варіант приймають варіант, якому приписують кращі значення критеріїв з вихідної множини альтернативних варіантів (таблиця 1.3). В якості критеріїв порівняння обрані наступні: затрати праці, люд-год/га; приведені витрати, грн/га; рівномірність розподілу добрив, %.

Таблиця 1.2 – Вихідна множина альтернативних варіантів

№ варіантів технологій	Варіанти МТА	Затрати праці, люд-год/га, (K_1)	Приведені витрати, грн/га, (K_2)	Рівномірність розподілу добрив, %, (K_3)
1	Т-150К+МВУ-8	0,52	2,82	± 13
2	МТЗ-80+1-РМГ-4	0,94	3,85	± 17
3	МТЗ-80+РУМ-5	0,89	5,00	± 23
4	РТТ-4,2+Т-40	1,1	4,67	± 23
5	К-701+РУМ-16	0,47	3,47	± 22
Ідеалізований варіант		0,47	2,82	± 13

Критерії, за якими ми оцінюємо технологічний процес, є нерівноцінними тобто, мають різну значимість і по різному впливають на виконання технологічного процесу. Щоб більш об'єктивно порівняти існуючі технології внесення добрив потрібно визначити значимість критеріїв порівняння. Для цього використано метод розставляння пріоритетів за допомогою коефіцієнта значимості критеріїв λ_i . Коефіцієнт значимості критеріїв розраховують при забезпеченні умови $\sum \lambda_i = 1$, наступним чином. При попарному порівнянні критеріїв у відповідних комірках матриці (таблиця 1.3) проставляють коефіцієнти переваг. Якщо критерій в i -й стрічці має перевагу над критерієм в j -у стовпчику, то коефіцієнт приймають рівним 1,5, при їх однаковій

значимості – 1,0, а при меншій – 0,5. Коефіцієнти значимості λ_i визначають за формулою:

$$\lambda_i = \frac{P_{ij}}{\sum P_{ij}}, \quad (1.10)$$

де P_{ij} – визначається, як сума добутків кожного елементу i -ї стрічки на елементи вектор-стовпчика $\sum K_{ij}$, тобто

$$P_{ij} = [K_{ij}] [\sum K_{ij}] \downarrow. \quad (1.11)$$

Таблиця 1.3 - Матриця визначення значущості критеріїв

Індекс критерію	K_1	K_2	K_3	$J=4 \sum K_i$ $J=1$	P_i	λ_i
K_1	1	1,5	0,5	3	8	0,32
K_2	0,5	1	0,5	2	5,5	0,22
K_3	1,5	1,5	1	4	11,5	0,46

$\sum P_{ij}=25$

В даному випадку критерій K_3 (рівномірність розподілу добрив) є найбільш значимим. Слідом за ним іде коефіцієнт K_1 (затрати праці) і найменш значимим прийнятий коефіцієнт K_2 (приведені затрати).

Після визначення коефіцієнтів значимості критеріїв, розраховуємо відстань до цілі для заданої множини альтернативних варіантів:

$$\mu_i = \sum \frac{U_{ij}}{U_{i0}} \cdot \lambda_i - 1, \quad (1.12)$$

де U_{ij} – значення i -го критерію j -го варіанту;

U_{i0} – значення i -го критерію ідеалізованого варіанту;

λ_i – коефіцієнт значущості i -го критерію.

Результати розрахунків відстані до цілі зведені до таблиці 1.4.

Аналізуючи результати порівняння технологій слід зазначити, що найбільш доцільним технологічним процесом внесення мінеральних добрив є технологія, яка передбачає розкидання їх дисковими відцентровими робочими органами. В той же час з врахуванням необхідності виключення нерівномірності розподілу добрив по поверхні поля процес потрібно проводити дисками з регульованими лопатками.

Таблиця 1.4 – Оцінка варіантів технологій

№ варіантів технологій	Відстань до цілі, μ	Ранг технології
1	0,21	1
2	1,35	3
3	2,72	5
4	2,46	4
5	1,28	2
Ідеалізований варіант	0,21	-

Висновок:

Побудувавши графік енергоємності різних варіантів агрегатів визначили, що МТА Т-150К+МВУ-8 є найменш енергоємним – 198,47 МДж/га. Порівнявши існуючі технології внесення добрив і використавши метод відстані до цілі по трьом критеріям: рівномірність внесення мінеральних добрив, затрати праці і приведені витрати визначили, що даний агрегат є найбільш ефективним, тому що він має найбільшу рівномірність внесення – 13% і найменші приведені затрати – 2,82 грн/га, а затрати праці 0,51 грн/га.

Розділ 2. РОЗРАХУНОК ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

2.1. Обґрунтування і розрахунок параметрів тукорозкидача відцентрового типу

Вага (маса) добрив у бункері

$$G = W \cdot \gamma, \text{ кг} \quad (2.1)$$

де W – місткість бункера, дм^3 .

Приймаємо $\gamma = 1,1 \text{ кг/дм}^3$, беручи до уваги, що будуть розкидати добрива у гранульованому або кристалічному вигляді, середній діаметр яких 1...3 мм.

Тоді

$$G = 8000 \cdot 1,1 = 8800 \text{ кг.}$$

Таблиця 2.1 – **Вихідні дані**

Показники	Значення
Трактор (кл. 1,4)	Т-150К
Робоча швидкість V_m , км/год	12
Місткість бункера W , дм^3	8000
Норма внесення добрив $Q_{\min} / Q_{\max}$, кг/га	50/1700
Необхідна ширина захвату B , м	24
Коефіцієнт парусності добрив, κ_n	0,1; 0,02; 0,03
Середня питома вага добрив γ , кг/дм^3	0,8...1,7

Площа S , на яку достатньо добрив у бункері без заправки

$$S = \frac{G}{Q}, \text{ га}, \quad (2.2)$$

$$S_{\min} = \frac{8800}{50} = 176 \text{ га},$$

$$S_{\max} = \frac{8800}{1700} = 5,176 \text{ га.}$$

Довжина гону при мінімальній $Q_{\min}$ і максимальній $Q_{\max}$ нормі внесення

$$l_{\min} = \frac{S_{\min}}{B}, \text{ м}; \quad l_{\max} = \frac{S_{\max}}{B}, \text{ м}, \quad (2.3)$$

$$l_{\min} = \frac{176 \cdot 10000}{24} = 7333 \text{ м}, \quad l_{\max} = \frac{5,176 \cdot 10000}{24} = 2156 \text{ м}.$$

Час спорожнення бункера

$$t = \frac{l}{V}, \text{ хв.}, \quad (2.4)$$

де $l_{\min}$ ($l_{\max}$), м; $V_{\text{м}}$, м/хв.

$$t_{\min} = \frac{7333}{200} = 37 \text{ хв.}, \quad t_{\max} = \frac{2156}{200} = 11 \text{ хв.}$$

Висота h встановлення диска над поверхнею поля.

Дослідження [3] показали, що оптимальна висота встановлення диска над поверхнею поля знаходиться у межах $h = 0,7 \dots 0,9$ м.

Приймати $h = 0,75$ м, виходячи із умов навішування машин на колісний трактор класу 3.

Коефіцієнт κ_n парусності добрив. Згідно рекомендацій Є.В.Козловського [4] κ_n приймають аналогічно даним з аеродинамічних властивостей насіння.

$$\kappa_n = 0,02 \dots 0,3.$$

Для суперфосфату, діаметр гранул яких знаходиться у межах $1 \dots 3$ мм $\kappa_n = 0,02 \dots 0,09$. Прийняти $\kappa_n = 0,02 \dots 0,1$.

Дальність L польоту частинок добрив визначимо із формули

$$B = 2L - \Delta b, \text{ тобто} \quad (2.5)$$

$$L = \frac{B + \Delta b}{2}, \text{ м,}$$

де B , м; Δb – ширина перекриття при суміжних проходах машини ($\Delta b = 1.5 \dots 2$ м [3]).

$$\text{Тоді } L = \frac{24+2}{2} = 13 \text{ м.}$$

Абсолютна швидкість V_a , з якою частина добрив сходять з диска [4]:

$$V_a = \frac{e^{I_{\kappa_n}} - 1}{\kappa_i \sqrt{\frac{2h}{g}}}, \text{ м/с,} \quad (2.6)$$

де L , м; h , м; g – прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

Формула (2.6) витікає із формули:

$$L = \frac{\ln(\kappa_n \cdot V_a \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} + 1)}{\kappa_n}, \quad (2.7)$$

Тоді при $\kappa_n = 0,03$

$$V_a = \frac{2,72^{9 \cdot 0,03} - 1}{0,03 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,75}{9,81}}} = 26,5 \text{ м/с,}$$

при $\kappa_n = 0,02$

$$V_a = \frac{2,72^{9 \cdot 0,02} - 1}{0,02 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,7}{9,81}}} = 25 \text{ м/с.}$$

Якщо вважати, що V_a є швидкістю розсівання добрив, і коли лопаті закріплені на плоскому диску радіально і коли лопаті закріплені на диску під деяким кутом ψ_1 до радіуса (рис.2.1).

$$V_a = \sqrt{V_e^2 + V_r^2}, \text{ м/с}, \quad (2.8)$$

де V_e - переносна швидкість, м/с;

V_r - відносна швидкість, м/с.

$$V_a = \sqrt{(V_e + V_r \sin \psi_1)^2 + (V_r \cos \psi_1)^2}, \quad (2.9)$$

$$V_e = \omega R, \text{ м/с}, \quad (2.10)$$

де ω – кутова швидкість диска, 1/с;

R – радіус диска, м.

Рекомендовані оберти диска ($n = 500 \dots 800$) об/хв., а діаметр диска $D = 2R = 400 \dots 700$ мм.

Із формул (2.7, 2.8, 2.9, 2.10) витікає, що із збільшенням переносної швидкості V_e збільшується ширина розкидання добрив. Крім того, на ширину розкидання впливає величина відносної швидкості V_r та кут ψ встановлення лопаті...

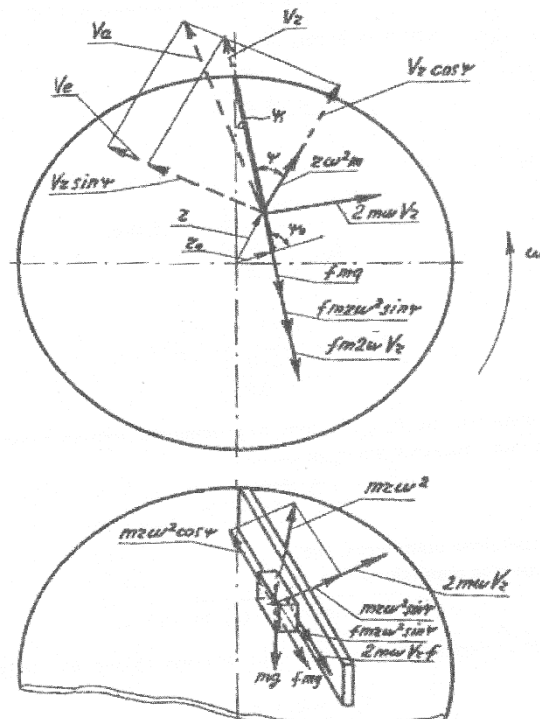


Рисунок 2.1 – Схема сил, що діють на частинку під час руху впродовж лопаті, розміщеній на плоскому диску

В існуючих конструкціях машин для внесення мінеральних добрив відцентрового типу застосовують розкидальні органи у вигляді плоского та конічного дисків.

Згідно розробок П.М.Василенка [1] відносна швидкість V_r руху частинки вповдовж лопаті плоского диска рівна:

$$V_r = x' = \left(\frac{fg}{\omega^2} - r_0 \frac{\cos(\psi_0 + \varphi)}{\cos \varphi} \right) \cdot \left[\frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} (e^{r_1 t} - e^{r_2 t}) \right], \quad (2.11)$$

а шлях S , який проходить частинка по диску

$$S = x = \left(\frac{fg}{\omega^2} - r_0 \frac{\cos(\psi_0 + \varphi)}{\cos \varphi} \right) \cdot \left[\frac{1}{r_2 - r_1} (r_2 e^{r_1 t} - r_1 e^{r_2 t}) - 1 \right], \quad (2.12)$$

Якщо лопать закріплена радіально, то ψ_0 і r_0 рівні нулю і вирази (2.11 і 2.12) матимуть вид:

$$V_r = x' = \frac{fg}{\omega^2} \left[\frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} (e^{r_1 t} - e^{r_2 t}) \right] \quad (2.13)$$

де f - коефіцієнт тертя добрив по диску;

ω - кутова швидкість диска, 1/с;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

φ - кут тертя добрива по диску;

ψ_0 - початковий кут між лопаттю і прямою радіуса r_0 (див. рис.2.1);

r_0 - відстань від початку лопаті до центра, м (див.рис.2.1);

t - час знаходження частинки на диску, с;

$r_1 = \omega(\sqrt{1+f^2} - f)$; $r_2 = \omega(-\sqrt{1+f^2} - f)$ - корені характеристичного рівняння;

Числове значення відносної швидкості при радіально встановленій лопаті на плоскому диску при $f = 0,65$; $n = 800$ об/хв. $R = 0,25$ м згідно формули (2.13) і значеннях:

$$r_1 = \frac{3,14 \cdot 800}{30} (\sqrt{1+(0,65)^2} - 0,65) = 45;$$

$$r_2 = \frac{3,14 \cdot 800}{30} (-\sqrt{1+(0,65)^2} - 0,65) = -154;$$

$$V_r = \frac{0,65 \cdot 9,81}{3,14 \cdot 800} \left[\frac{45 \cdot (-154)}{-154 - 45} (e^{45t} - e^{-154t}) \right];$$

Час t згідно виразу (2.14) при $S = x = R$.

$$0,25 = 0,00091 \left[-\frac{1}{-199} - (-154e^{45t} - 45e^{-154t}) - 1 \right];$$

$$276 = 0,775e^{45t} - \frac{0,226}{e^{154t}};$$

Так, як $\frac{0,226}{e^{154t}} \approx 0$, то $t = 0,1309\text{с}$, а $V_r = 0,0316 \left(e^{45t} - \frac{1}{e^{154t}} \right) = 11,2 \text{ м/с}$.

Аналогічно для конічного диска (рис.2.2) і розробок П.М.Василенка [1]:

$$S = x = \frac{g(-f \cos \alpha - \sin \alpha)}{\omega^2 \cos \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha)} \cdot \left[\frac{1}{r_2 - r_1} (e^{r_1 t} \cdot r_2 - e^{r_2 t} \cdot r_1) - 1 \right], \quad (2.15)$$

$$V_r = x' = \frac{g(-f \cos \alpha - \sin \alpha)}{\omega^2 \cos \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha)} \cdot \left[\frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1} (e^{r_1 t} \cdot r_2 - e^{r_2 t}) \right], \quad (2.16)$$

де α – кут конусності диска.

Числові значення V_r і t згідно формул (2.15 і 2.16) при $f = 0,65$; $n = 800 \text{ об/хв}$. $R = 0,25 \text{ м}$ і $\alpha = 5^\circ$ будуть дорівнювати.

$$t = 0,132 \text{ с}, \text{ а } V_r = 10,86 \text{ м/с}.$$

Як видно із розрахунків, відносні швидкості частинки по плоскому диску і конічними при радіальному розміщенні лопаті є приблизно однакові (11,2 і 10,86 м/с).

Переносні швидкості також будуть однакові

$$V_c = \omega R = 83,8 \cdot 0,25 = 21 \text{ м/с}.$$

Отже, будуть однакові і абсолютні V_a швидкості розсівання добрив з плоского і конічного дисків.

Проте, як показують результати дослідів М.С.Хоменко [8] ширина захвату тукорозкидача з конічним диском порівняно з плоским значно більша. Тому є підстави вважати, що на ширину захвату машини впливає не тільки абсолютна швидкість, з якою частинка покидає диск, а і кут кидання (кут конусності α). Оптимальний кут α [8] згідно розробок повинен знаходитися у межах $1,5 \dots 5^\circ$.

Встановлення лопаті на плоскому і конічному дисках під деяким кутом ψ (див. рис.1) до радіуса збільшує дальність польоту частинок, так як збільшується відносна швидкість.

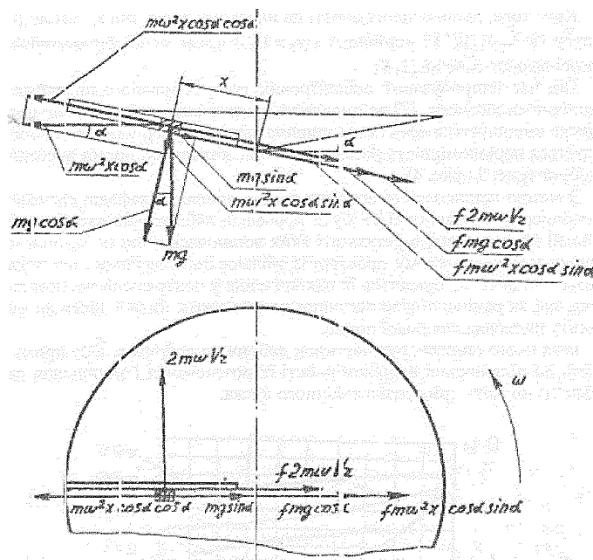


Рисунок 2.2 – Схема сил, що діють на частинку під час руху впродовж лопаті, закріпленій на конічному диску

Так, при плоскому диску, згідно формули (2.11) і вихідних даних $r_0 = 0,045$ м; $\varphi = 33^\circ 02'$; $\psi_0 = 80^\circ$; $\psi_1 = 10^\circ$; $n = 800$ об/хв; $R = 0,25$ м; $f = 0,65$ – відносна швидкість $V_r = 12,2$ м/с, а час перебування частинки на диску $t = 0,0621$ с;

При радіальному встановленні лопаті на плоскому диску ($\psi_0 = 0$; $\psi_1 = 0$) і таких же даних - $V_r = 11,2$ м/с; $t = 0,1309$ с.

Крім того, встановлення лопаті на плоскому диску під кутом до радіусу ($\psi_1 = 4 \dots 12^\circ$) і конічному ($\psi_1 = 18^\circ$) сприяє більш рівномірному розсіюванню добрив [2, 8].

Під час випробування відцентрових тукорозкидачів з плоскими і конічними [8] встановлено, що при використанні конічного диска зменшується ефективна ширина захвату тукорозкидача і збільшується

нерівномірність розсіювання при збільшенні норми внесення добрив (рис.2.3 і рис.2.4).

З метою встановлення причини такого явища на кафедрі сільськогосподарських машин НАУ були проведенні лабораторні експериментальні дослідження, в результаті чого встановлено, що на конічному диску у між лопатевому просторі із збільшенням частинок, що подаються на диск, відбувається їх накопичення у центральній частині диска, так, як раніше подані частинки не встигають зійти з диска до моменту надходження нової порції.

Із-за цього виникає рух частинок добрив по добривах, а це призводить до підвищення нерівномірності їх розсіювання і зменшення дальності польоту при сході з конічного диска.

При плоскому диску, рух частинок починається з моменту їх подачі на диск і ймовірність їх накопичення із збільшенням норми висіву зменшується.

Отже, з метою забезпечення максимальної ширини захвату і не порушуючи рівномірності розсіву добрив при збільшенні норми внесення доцільно використовувати плоско конічні диски (центральна частина – плоска, периферійна – конічна).

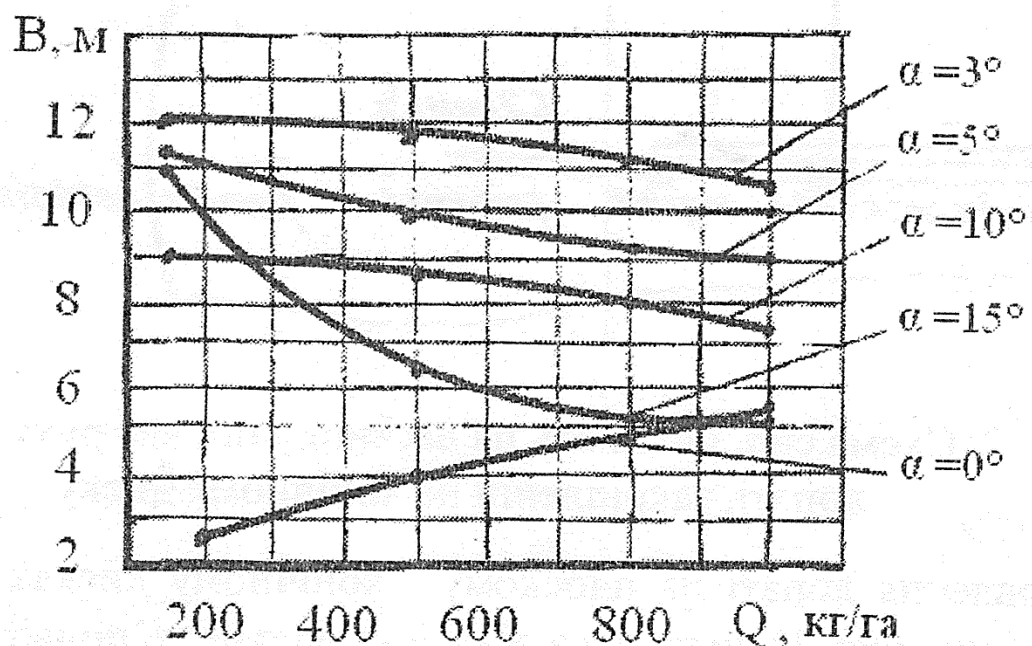


Рисунок 2.3 – Вплив форми диска на ширину захвата тукорозкидача із збільшенням норми внесення добрив

Лабораторні дослідження підтвердили таку гіпотезу.

Таким чином, на тукорозкидачі, що проектуємо, слід використати плоскоконічний диск.

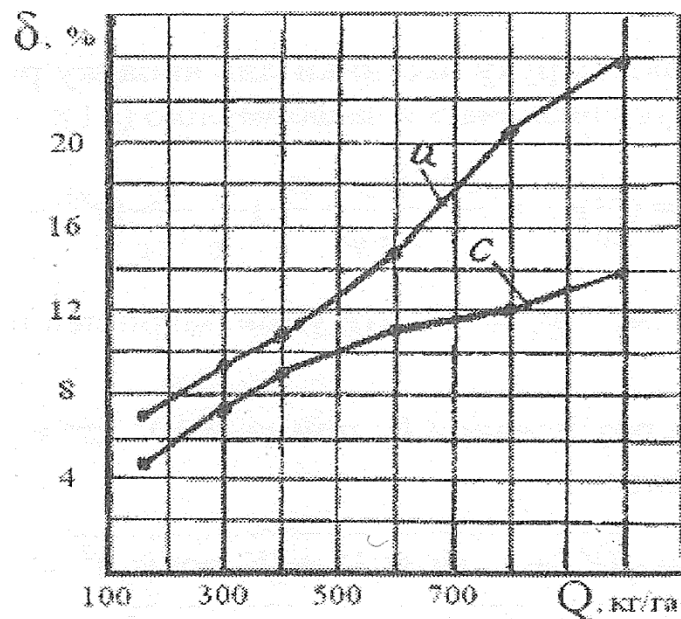


Рисунок 2.4 – Залежність нерівномірності розсіювання добрив конічним диском із збільшенням норми внесення добрив: а – суперфосфат;
с – суперфосфат гранульований

Тоді вираз (2.10) для визначення переносної V_e швидкості з урахуванням рівномірності розсіювання можна представити [3]:

$$V_e = \frac{\pi S}{30z \cdot S_1} \cdot R, \text{ м/с} \quad (2.17)$$

де S – шлях, який проходить агрегат за одну хвилину (згідно даних $S = 160$ м);

S_1 – шлях, який проходить агрегат за час від початку і до кінця розсіювання добрив одною лопатою ($S' = 0,05$ м, згідно [3] $S' = 0,03...0,05$ м);

z – кількість лопатей ($z = 4$ – приймаємо, так як із збільшенням z зменшується частота обертання диска $n = \frac{S}{zS'}$, що негативно впливає на рівномірність розсіювання добрив);

R – радіус диска, м ($R = 0,20...0,35$ м у існуючих конструкціях).

Тоді $V_e = \frac{3,14 \cdot 160}{30 \cdot 4 \cdot 0,05} \cdot 0,25 \approx 21$ м/с, а частота обертання диска

$$n = \frac{30V_e}{\pi R} = \frac{30 \cdot 21}{3,14 \cdot 0,25} = 800 \text{ об/хв.} \quad (2.18)$$

Відносну швидкість руху частинки для випадку розміщення лопаті під кутом до радіусу визначаємо за формулою (2.11):

$$V_r = \left(\frac{fg}{\omega^2} - r_0 \frac{\cos(\psi_0 + \varphi)}{\cos \varphi} \right) \cdot \left[\frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1} (e^{r_1 t} - e^{r_2 t}) \right].$$

При $r_0 = 0,05$ м, $\psi_0 = 63$ (із умов закріплення диска на валу) $V_r \approx 12$ м/с.

Тоді швидкість розсіювання V_a при $\psi_1 = 10^\circ$ (див. рис.2.1) і формули (2.9) буде дорівнювати:

$$V_a = \sqrt{(V_e + V_r \sin \psi_1)^2 + (V_r \cos \psi_1)^2} = \sqrt{(21 + 21 \cdot 0,1736)^2 + (12 \cdot 0,9848)^2} = 26,5 \text{ м/с.}$$

Така швидкість $V_a = 26,5$ м/с забезпечить дальність польоту частинок добрив на відстань L згідно формули (2.7):

$$L = \frac{\ln \left(0,1 \cdot 26,5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,75}{9,81}} + 1 \right)}{0,1} = 7 \text{ м (при } \kappa_n = 0,1),$$

$$L = \frac{\ln \left(0,03 \cdot 26,5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,75}{9,81}} + 1 \right)}{0,03} = 9 \text{ м (при } \kappa_n = 0,03),$$

$$L = \frac{\ln \left(0,02 \cdot 26,5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,75}{9,81}} + 1 \right)}{0,02} = 9,5 \text{ м (при } \kappa_n = 0,02).$$

При цьому ширина захвату B згідно формули (2.5) $B = 2L - \Delta b$ відповідно буде:

$$B = 2 \cdot 7 - 2 = 12 \text{ м,}$$

$$B = 2 \cdot 9 - 2 = 16 \text{ м,}$$

$$B = 2 \cdot 9,5 - 2 = 17 \text{ м,}$$

Так, як плоскоконічний диск забезпечує більшу ширину захвату, ніж плоский, то можемо вважати, що задана ширина захвату 24 м проектного розкидача буде забезпечена.

Остаточно приймаємо розміри плоско-конічного диска:

діаметр диска – 500 мм;

діаметр плоскої частини диска – 400 мм;

кут конусності – 5° ;

кут розміщення лопаті до радіуса – 10° ;

висота лопаті – 32 мм (згідно рекомендацій й [3]).

Потужність, що необхідна для створення кінетичної енергії добривам:

$$N = \frac{q_1 V_a^2}{2 \cdot 75g}, \text{ к.с.}, \quad (2.18)$$

де q_1 – кількість добрив, що розсіюються диском за одиницю часу при мінімальній або максимальній нормі внесення, кг/с;

V_a – швидкість розсіювання добрив, м/с;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

$$q_1 = \frac{q \cdot n \cdot z}{60}, \text{ кг/с}, \quad (2.19)$$

де q – кількість добрив, що розсіваються одною лопаттю на площі одного га, кг/га;

$n = 800$ об/хв; $z = 4$.

$$q = \frac{QS'}{S_0}, \text{ кг/га}, \quad (2.20)$$

$$\text{Тоді } S_0 = \frac{10000}{B} = \frac{10000}{16} = 625 \text{ м};$$

$$q = \frac{Q_{\min} S'}{S_0} = \frac{50 \cdot 0,05}{625} = 0,004 \text{ кг/га};$$

$$q = \frac{Q \min S'}{S_0} = \frac{1700 \cdot 0,05}{625} = 0,136 \text{ кг/га};$$

$$q_1 = \frac{q \cdot n \cdot z}{60} = \frac{0,004 \cdot 800 \cdot 4}{60} = 0,214 \text{ кг/с};$$

$$q_1 = \frac{0,136 \cdot 800 \cdot 4}{60} = 7,25 \text{ кг/с};$$

$$N_{\min} = \frac{q_1 \cdot V_a^2}{2 \cdot 75g} = \frac{0,214 \cdot 26,5^2}{2 \cdot 75 \cdot 9,81} = 0,102 \text{ к.с.}$$

$$N_{\max} = \frac{q_1 \cdot V_a^2}{2 \cdot 75g} = \frac{7,25 \cdot 26,5^2}{2 \cdot 75 \cdot 9,81} = 3,46 \text{ к.с.}$$

Отже, потужність, яка необхідна для розсіювання добрив одним диском повинна бути:

$$N = N_{\max} = 3,46 \cdot 0,736 \approx 2,55 \text{ кВт.}$$

Дозувальний пристрій.

Від конструкції дозувального пристрою залежить межі регулювання норми висіву добрив, а також точність дозування.

У проєктованому тукорозкидачі приймаємо дозувальний пристрій, який забезпечує регулювання норми висіву від 50 до 3000 кг/га і відхилення від встановленої норми не перевищує 2,87 %.

Розрахунок параметрів дозувального пристрою.

$$d_z \geq d_{bm},$$

де d_z - діаметр живильної горловини

d_{bm} - діаметр вільного витікання добрив (туків) через отвір залежно від q_1 .

Таблиця 2.2 – Умова розрахунку

Показники	Значення
1. Максимальна норма внесення добрив $Q_{\max}$, кг/га	1700
2. Ширина захвату розкидача B , м	24
3. Швидкість агрегату V , км/год	12
4. Кількість добрив, що розсіваються диском за одиницю часу при максимальній нормі внесення q_1 , кг/с	7,25

Згідно графіка рис.2.5 [2] при $q_1 = 2$ кг/с, необхідний діаметр горловини $d_z = 70$ мм. Тоді при $q_1 = 7,25$ кг/с – x мм, тобто

$$x = d_z = \frac{7,25 \cdot 70}{2} = 254 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр горловини $d_z = 260$ мм.

Висота висівної щілини:

$$h = \frac{Q_{cp} VB}{10^4 V_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot C \cdot m \cdot \gamma}, \text{ мм} \quad (2.21)$$

де Q_{cp} – середня норма внесення добрив ($Q_{cp} = 400$ кг/га);

V – швидкість руху агрегату ($V = 12$ км/год = $3,02$ м/с, згідно вихідних даних);

B – ширина захвату тукорозкидача ($B = 24$ м, згідно вихідних даних);

V_1 – швидкість виштовхування добрив скидачем;

α – кут установки пальця скидача до радіуса ($\alpha = 40^\circ$, виходячи із існуючих конструкцій);

C – ширина висівної щілини;

m – коефіцієнт заповнення висівної щілини ($m = 0,35$ – приймаємо);

γ – питома вага добрив ($\gamma = 1,1$ кг/дм³).

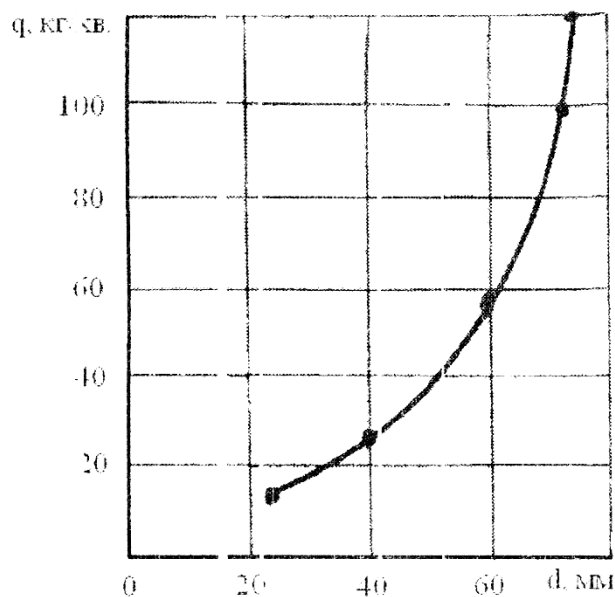


Рисунок 2.5 – Графік залежності подачі добрив від діаметра отвору при вільному витіканні гранульованого суперфосфату

Швидкість виштовхування добрив скидачем V_1 :

$$V_1 = \frac{\pi}{30} \cdot R_0, \text{ м/с},$$

де R_0 – радіус скидача, м ($R_0 = 0,156$ м згідно умов розміщення дозатора);

n – частота обертання скидача, об/хв ($n = 12$ об/хв – мінімальна частота).

Тоді

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 12}{30} \cdot 0,156 = 0,196 \text{ м/с}.$$

Ширина висівної щілини:

$$C = 2\pi R_1, \text{ м},$$

де R_1 – внутрішній радіус кільцевої щілини ($R_1 = 0,13$ м, виходячи із умов розміщення елементів дозатора).

Тоді

$$C = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,13 = 0,815 \text{ м},$$

а висота висівної висівної щілини h :

$$h = \frac{Q_{cp} \cdot V \cdot B}{10^4 \cdot V_1 \cdot \text{tg}^2 \cdot C \cdot m \cdot \gamma} = \frac{400 \cdot 2,67 \cdot 16}{10^4 \cdot 0,195 \cdot 0,84 \cdot 0,815 \cdot 0,35 \cdot 1,1} = 26 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр кожуха приймаємо $d_k = 380$ мм, внутрішній $d_{kv} = 140$ мм, виходячи із умов розміщення елементів дозатора для вільного надходження добрив до розкидального диска.

Кут похилу стінки кожуха приймаємо $\beta = 50^\circ$ за умови переміщення добрив по похилій площині ($j \leq g$ – прискорення менше, або дорівнює прискоренню вільного падіння).

Згідно d_k , $d_{кв}$ і $\beta = 50^\circ$ – висота $H = 170$ мм, а $H_1 = 200$ мм (див. рис.2.5).

Радіус встановлення живильної воронки по відношенню розкидального диска.

Відомо, що від радіуса установки живильної воронки залежать кут сходу частинок добрив з диска (напрямок розсівання), а також рівномірність розсіювання добрив.

Приймаючи до уваги висновки щодо використання конічного диска [8], конструкції існуючих машин даного типу, а також лабораторні експериментальні дослідження плоскоконічного диска, результати яких свідчать, що кут сходу частинок з диска приблизно такий же, як і при використанні плоского диска, приймаємо радіус установки живильника $r_0 = 50$ мм.

Потужність для привода скидача і ворушилки.

Розрахунки визначення такої потужності дуже громіздкі. Тому використовуємо дані заводу “Червона Зірка”.

Потужність при $n = 12$ об/хв скидача дорівнює – 0,135 к.с., а при $n = 70$ об/хв – 0,405 к.с. при повністю заповненому бункері.

2.2. Енергетичний розрахунок

Вихідними даними для енергетичного розрахунку є дані технологічного і кінематичного розрахунків.

Задача полягає у визначенні коефіцієнта завантаження η двигуна трактора при роботі тукорозкидача:

$$\eta = \frac{\sum N}{N_e}, \quad (2.23)$$

де $\sum N$ – баланс потужності трактора

N_e – ефективна потужність двигуна.

$$\sum N = N_{ВВП} + N_m + N_f + N_o \quad (2.24)$$

де $N_{ВВП}$ – потужність на ВВП з врахуванням ККД передач від ворушилки і розкидального диска;

N_m – потужність, що витрачається на тертя у механізмах передач трактора;

N_f – потужність, яка втрачається на переміщення трактора з тукорозкидачем;

N_{δ} – потужність, що втрачається на буксування трактора.

$$N_{\text{ВВП}} = \frac{N_1 + N_2}{\eta_{\text{П}}}, \quad (2.25)$$

де N_1 і N_2 – відповідно, потужність, що витрачається на привод розкидального диска та ворушилки і скидача;

$\eta_{\text{П}}$ – ККД передач.

$$N_{\text{М}} = (1 - \eta_{\text{М}})N_{\text{е}}, \quad (2.26)$$

де $\eta_{\text{М}}$ – коефіцієнт корисної дії силової передачі трактора, прийняти $\eta_{\text{М}} = 0,7$.

$$N_f = \frac{(G_1 + G_2) \cdot f \cdot V_{\text{М}}}{270} \cdot 0,736, \text{ кВт} \quad (2.27)$$

де $G_1 + G_2$ – вага трактора з тукорозкидачем з повністю завантаженим бункером, кгс;

$V_{\text{М}}$ – швидкість агрегату, км/год;

f – коефіцієнт перекочування ($f = 0,1$ прийняти).

$$N_{\delta} = N_{\kappa} \cdot \delta, \quad (2.28)$$

де N_{κ} – потужність на колесах трактора, $N_{\kappa} = N_{\text{е}} \cdot \eta_{\text{М}}$;

δ – коефіцієнт буксування ($\delta = 0,12$ прийняти).

$$N_{\kappa} = 111 \cdot 0,7 = 77,7 \text{ кВт}$$

$$N_{\delta} = 77,7 \cdot 0,12 = 9,32 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{М}} = (1 - 0,7)9,32 = 2,8 \text{ кВт}$$

2.5. Техніко-економічні показники

Навести розрахунок продуктивності тукорозкидача за годину основного часу:

$$W_o = 0,1 \cdot B \cdot V_m, \text{ га/год}, \quad (2.29)$$

$$W_o = 0,1 \cdot 24 \cdot 12 = 28,8 \text{ га/год}$$

де B , м; V_m , км/год та за зміну:

$$W_{zm} = 0,1 \cdot B \cdot V_m \cdot T \cdot \tau, \text{ га/зм}, \quad (2.30)$$

де T – годин у зміні;

τ – коефіцієнт використання часу зміни ($\tau = 0,7$ – прийняти);

$$W_{zm} = 0,1 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 7 \cdot 0,7 = 141,12 \text{ га/зм}$$

Висновок:

Щоб досягти заданої ширини захвату 24 м проектного розкидача остаточно приймаємо розміри плоско-конічного диска: діаметр диска – 500 мм, діаметр плоскої частини диска – 400 мм, кут конусності – 5° , кут розміщення лопаті до радіуса – 10° , висота лопаті – 32 мм. Потужність необхідна для розсіювання добрив одним диском повинна бути – 2,55 кВт. У проектованому тукорозкидачі приймаємо дозувальний пристрій, який забезпечує регулювання норми висіву від 50 до 3000 кг/га і відхилення від встановленої норми не перевищує $\pm 3\%$. Висота висівної щілини повинна бути 25 мм. З такими показниками агрегату продуктивність його становить 141,12 га/зм.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНКИ ДОБРИВА У АПАРАТІ З ВІДЦЕНТРОВИМИ РОЗСПЮВАЛЬНИМИ ОРГАНАМИ

Якщо частинка потрапляє на горизонтальний диск з радіально прикріпленими до нього лопатками, який обертається навколо вертикальної осі, то вона починає рухатись вздовж них від осі обертання. Абсолютною траєкторією руху частинки є сума двох рухів: переносного обертального руху диска і відносного руху частинки вздовж лопатки. Величина і напрям абсолютної швидкості частинки в момент сходження із диска має велике значення, оскільки, від цього залежить подальша траєкторія польоту частинки. Для розкидачів мінеральних добрив бажано, щоб при сході із диска частинка рухалась в радіальному напрямі.

В теоретичній механіці відносний рух точки вивчається з допомогою двох систем координат. Одна із них вважається за основну (вона нерухома), а друга здійснює по відношенню до основної переносний рух по заданому закону. В свою чергу у рухомій системі координат здійснює відносний рух матеріальна точка. Сума цих рухів (відносного і переносного) складає абсолютний рух по відношенню до основної системи координат. За рухому систему координат візьмемо супровідний тригранник траєкторії переносного руху, якою для обертального руху буде коло. В цьому випадку дуже просто знаходити величину і напрям абсолютного прискорення точки, яка здійснює заданий відносний рух у системі тригранника, на орти самого тригранника [5]. Оскільки проекції абсолютного прискорення дуже просто знаходяться з допомогою формул Френе, то незалежною змінною служить дугова координата S – довжина дуги переносної траєкторії.

Розглянемо загальний випадок руху частинки по шорсткому диску, що обертається, без лопаток. Початок нерухомої системи координат xOy суміσιμο із центром обертання диска (рис. 3.1, а). Закріпимо жорстко тригранник Френе на диску на відстані r від точки O так, щоб орт головної нормалі $\bar{n}$ був спрямований до центру диска (бінормаль $\bar{b}$ при цьому проєкціюється в точку). Надамо диску кутової швидкості ω у напрямі, вказаному ортом дотичної $\bar{t}$.

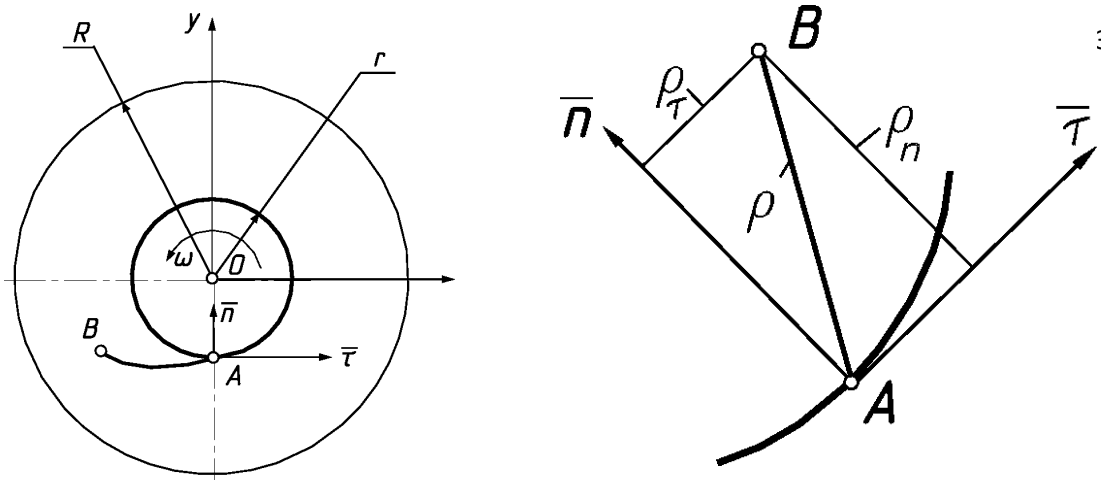


Рисунок 3.1 – Супровідний тригранник Френе траєкторії переносного руху: а) початкове положення тригранника по відношенню до нерухомої системи координат xOy ; б) координати точки B у системі тригранника

Точка A в нерухомій системі xOy опише коло радіуса r – траєкторію переносного руху. Якщо в точці A була матеріальна частинка, то вона почне ковзати по диску і з часом займе положення B . Слід AB який вона залишить на диску, буде відносною траєкторією руху в системі тригранника Френе. Положення точки B в системі тригранника задамо її проекціями ρ_τ і ρ_n на відповідні орти, де ρ – відрізок, який сполучає точки A і B (рис. 3.1, б). Вважаючи вказані проекції функціями довжини переносної траєкторії (кола $\rho_n = \rho_n(s)$ і $\rho_\tau = \rho_\tau(s)$ - у праці [6]) знайдено вирази для проекцій абсолютного прискорення. Цікаво те, що величину і напрям абсолютного прискорення в нерухомій системі координат xOy ми отримуємо в проекціях на орти тригранника Френе:

$$\begin{aligned} w_\tau &= v_A^2 (\rho_\tau'' - k^2 \rho_\tau - 2k\rho_n'); \\ w_n &= v_A^2 (\rho_n'' - k^2 \rho_n + 2k\rho_\tau' + k). \end{aligned} \quad (3.1)$$

Розглянемо рух частинки по диску із прикріпленими до нього в радіальному напрямі прямолінійними лопатками. В цьому випадку частинка буде рухатися вздовж орта n , отже $\rho_\tau = \rho_\tau' = \rho_\tau'' = 0$. Проекції абсолютного прискорення частинки згідно (3.1) запишуться:

$$\omega_\tau = -2v_A^2 k \rho_n'; \quad \omega_n = v_A^2 (\rho_n'' - k^2 \rho_n + k). \quad (3.2)$$

Диференціальне рівняння руху частинки будемо шукати за відомою формулою:

$$m\bar{w} = \bar{F}, \quad (3.3)$$

де m - маса частинки;

$\bar{w}$ - вектор абсолютного прискорення;

$\bar{F}$ - рівнодійна прикладених сил.

На частинку B діють наступні сили:

- сила її ваги $P=mg$ ($g=9,81 \text{ м/с}^2$), спрямована вниз;
- сила тертя F , спрямована в протилежну сторону відносного руху;
- сила N реакції поверхні диска, спрямована вгору і яка врівноважується силою ваги частинки.

Оскільки $P=N$, то на частинку буде діяти лише одна прикладена сила – сила тертя F . Якщо відомий коефіцієнт f тертя частинки по диску, то сила тертя визначиться із виразу:

$$F=fN=fmg. \quad (3.4)$$

Розпишемо векторне рівняння (3.4) в проекціях на орти тригранника. В проекції на орт $\bar{t}$ маємо:

$$-2mv_A^2 k \rho'_n = N_n \quad (3.5)$$

де N_n - сила тиску лопатки на частинку.

Вважатимемо, що коефіцієнт тертя частинки по диску і лопатці однакові. Тоді диференціальне рівняння руху в проекції на орт $\bar{n}$ запишеться:

$$mv_A^2 k (\rho''_n - k^2 \rho_n + k) = -fmg - fN \quad (3.6)$$

Після підстановки (3.5) у (3.6), скорочення на масу m та спрощень маємо:

$$\rho''_n - 2fk\rho'_n - k^2 \rho_n = -\frac{k}{\omega^2} (\omega^2 + fgk). \quad (3.7)$$

Рівняння (3.7) має аналітичний розв'язок:

$$\rho_n = \frac{1}{k} + f \frac{g}{\omega^2} + c_1 e^{\left(f - \sqrt{1+f^2}\right)ks} + c_2 e^{\left(f + \sqrt{1+f^2}\right)ks}, \quad (3.8)$$

де c_1, c_2 - постійні інтегрування.

Кут α повороту тригранника визначається через дугову координату s ($\alpha = ks$) або ж через час t ($\alpha = \omega t$). Таким чином підставивши замість ks у рівняння (3.8) вираз ωt , ми перейдемо до відносного переміщення частинки по лопатці у функції часу: $\rho_n = \rho_n(t)$. Продиференціювавши по часу t отриманий результат, знайдемо вираз відносної швидкості. Запишемо обидва вирази:

$$\begin{aligned} \rho_n(t) &= \frac{1}{k} + f \frac{g}{\omega^2} + c_1 e^{\left(f - \sqrt{1+f^2}\right)\omega t} + c_2 e^{\left(f + \sqrt{1+f^2}\right)\omega t}; \\ v_B = \frac{d}{dt}[\rho_n(t)] &= c_1 \omega \left(f - \sqrt{1+f^2}\right) e^{\left(f - \sqrt{1+f^2}\right)\omega t} + c_2 \omega \left(f + \sqrt{1+f^2}\right) e^{\left(f + \sqrt{1+f^2}\right)\omega t}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Постійні інтегрування c_1 і c_2 знайдемо за умови, що при попаданні частинки на диск в початковий момент часу $t=0$, відстань відносного переміщення $\rho_n=0$ і відносна швидкість $v_B = 0$:

$$\begin{aligned} c_1 &= -\frac{(\omega^2 + fgk)(f + \sqrt{1+f^2})}{2k\omega^2 \sqrt{1+f^2}}; \\ c_2 &= \frac{(\omega^2 + fgk)(f - \sqrt{1+f^2})}{2k\omega^2 \sqrt{1+f^2}}. \end{aligned} \quad (3.10)$$

Знайдемо абсолютну траєкторію руху частинки за формулами, наведеними в праці [7]. Зважаючи на те, що $p_\tau = p'_\tau = p''_\tau = 0$, а також переходячи до змінної t , отримаємо:

$$X_B = \left(-\rho_n + \frac{1}{k}\right) \sin \omega t; \quad Y_B = \left(\rho_n - \frac{1}{k}\right) \cos \omega t. \quad (3.11)$$

Вираз для $\rho_n = \rho_n(t)$ одержано в (3.9), а постійні інтегрування в (3.10). За рівнянням (3.11) було побудовано абсолютні траєкторії руху частинки. На рис. 3.2,а зображені абсолютні траєкторії для різних кутових швидкостей обертання диска, причому для наочності вони побудовані з різних точок

попадання частинки на диск. В точках перетину із осями координат можна візуально оцінити величину кута φ між траєкторією і радіальним напрямом.

Цей кут можна знайти також аналітично. Для цього потрібно знати два одиничні вектори: $\overline{OB}$, який сполучає початок координат з довільною точкою на абсолютній траєкторії (відстань від початку координат до частинки) і вектор дотичної до абсолютної траєкторії в цій точці. Ці вектори знаходимо за відомими формулами:

$$\left\{ \frac{x_B}{\sqrt{x_B^2 + y_B^2}}; \frac{y_B}{\sqrt{x_B^2 + y_B^2}} \right\}. \quad (3.12)$$

$$\left\{ \frac{x'_B}{\sqrt{x_B'^2 + y_B'^2}}; \frac{y'_B}{\sqrt{x_B'^2 + y_B'^2}} \right\}. \quad (3.13)$$

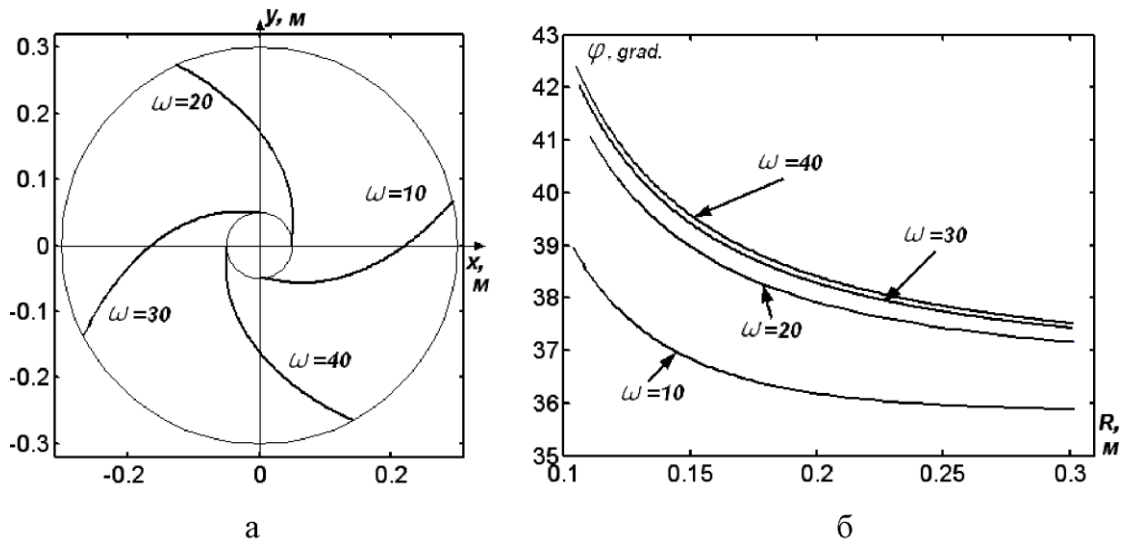


Рисунок 3.2 – Графічні ілюстрації руху частинки по горизонтальному диску із радіально встановленими лопатками при $k=20 \text{ м}^{-1}$; $R=0,3 \text{ м}$; $f=0,3$: а) абсолютні траєкторії руху частинки; б) залежність кута φ між радіальним напрямом і вектором абсолютної швидкості у функції відстані від центру обертання

До вектора (3.13) входять похідні абсолютної траєкторії. Їх отримаємо, диференціюючи рівняння (3.11):

$$\begin{aligned} x'_B &= -\rho'_n \sin \omega t - \omega \left(\rho_n - \frac{1}{k} \right) \cos \omega t; \\ y'_B &= \rho'_n \cos \omega t - \omega \left(\rho_n - \frac{1}{k} \right) \sin \omega t. \end{aligned} \quad (3.14)$$

Підставивши (3.11) у (3.12) і (3.14) у (3.13) одержимо:

$$\{-\sin \omega t; \cos \omega t\}. \quad (3.15)$$

$$\left\{ -\frac{k \rho'_n \sin \omega t + \omega(k \rho_n - 1) \cos \omega t}{\sqrt{k^2 \rho_n'^2 + \omega^2 (k \rho_n - 1)^2}}; \frac{k \rho'_n \cos \omega t - \omega(k \rho_n - 1) \sin \omega t}{\sqrt{k^2 \rho_n'^2 + \omega^2 (k \rho_n - 1)^2}} \right\}. \quad (3.16)$$

Вирази $p_n = p_n(t)$, $p'_n = p'_n(t)$ наведені в (3.9), отже вектори (3.15) і (3.16) визначені. Знайти кут між ними можна при будь-якому значенні часу t . Однак нам зручніше мати таку залежність не у функції часу t , а в залежності від відстані $OB = \sqrt{x_B^2 + y_B^2}$ – відрізка, який сполучає початок координат із частинкою. Сучасні програмні продукти дозволяють це робити. На рис. 3.2,б представлені графіки зміни кута φ між радіальним напрямом і вектором абсолютної швидкості частинки для різних кутових швидкостей обертання диска. З них видно, що по мірі віддалення частинки від центра обертання диска кут φ зменшується, однак він ніколи не буде рівним нулю (наближається до певного граничного значення). Наприклад, для $R=0,3$ м ці кути для різних кутових швидкостей обертання на периферії диска становлять від $35,8^\circ$ до 37° . При необмеженому збільшенні діаметра диска граничне значення кута φ для вказаних кутових швидкостей приблизно становить $\varphi \approx 36,6^\circ$, тобто змінюється дуже мало. Таким чином, всі частинки при сході із диска летять під сталим кутом до радіального напрямку. В працях різних дослідників пропонувалося його зменшити за рахунок криволінійної лопатки, загнутої назад по ходу обертання диска, щоб вектор відносної швидкості був спрямований назад [8-10]. Однак дослідження показали, що це явного ефекту не дає. На виході у відносному русі частинка має рухатися проти напрямку обертання, але в абсолютному вона рухається вперед по ходу обертання, складаючи певний кут φ із радіальним напрямом.

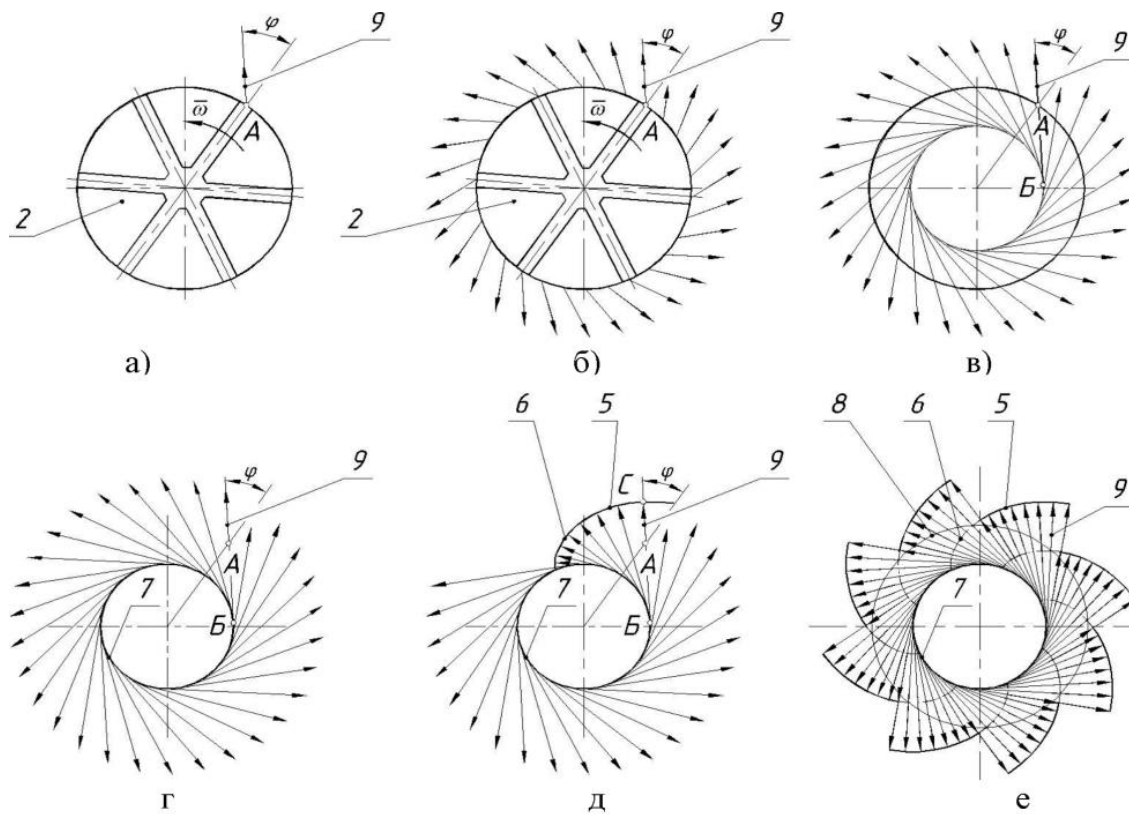


Рисунок 3.3 – Геометричне визначення форми відбиваючої деки

Для внесення мінеральних добрив використовуються машини відцентрової дії роторного типу. У таких машинах частинка добрив, потрапивши на ротор 2, переміщується по каналу, чи лопатці в напрямку від центра ротора і сходить з нього під кутом φ , здійснюючи наступне переміщення у напрямі 9 (рис. 3.3,а) якщо не зустріне перешкоду. Одночасно по всьому периметру, при роботі машини, з ротора сходять частинки (рис 3.3,б), траєкторії яких будуть дотичними до деякого кола 7 (рис 3.3,в,г).

Для найбільшої якості відхилення траєкторії польоту частинок добрив кут між вектором швидкості частинок і поверхнею деки повинен становити 0^0 і не залежати від місця потрапляння частинок добрив на поверхню деки. У зв'язку з цим вся кінетична енергія зернини використовуватиметься на зміну напрямку руху частинки.

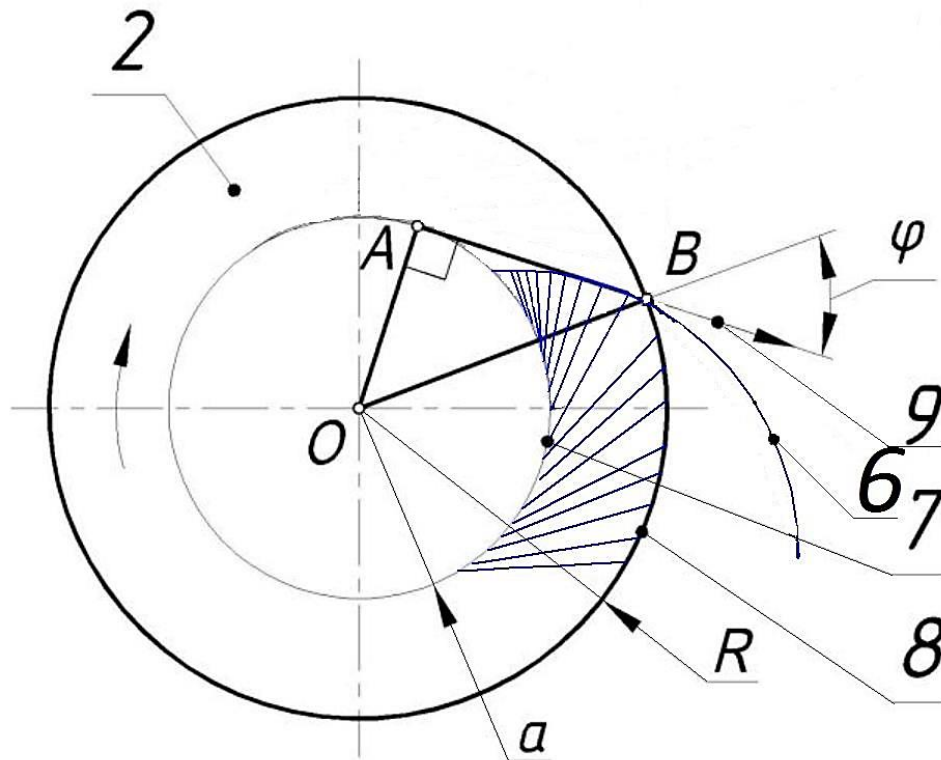


Рисунок 3.4 – ортогональний переріз відбиваючої деки

Цього можна досягти виконуючи відбиваючу деку у вигляді частини евольвентного циліндра 5 (рис. 3.3, д), обмеженого контуром ротора 8 технологічно, та з умови перекривання відбивачами всього сектора ротора.

Параметричні рівняння евольвенти кола 7 радіуса $OA=a$ (рис. 3.4) мають вигляд:

$$x = a(\cos q + q \sin q); \quad y = a(\sin q - q \cos q), \quad (3.17)$$

де q - незалежна змінна.

Нехай деяка частинка, сходить із диска 2 ротора у точці B під кутом φ до радіального напрямку (рис. 3.4). Величину кута φ можна визначити аналітично, якщо відомий коефіцієнт тертя f , величина кутової швидкості ω обертання диска і його радіус R . На рис. 3.2,б представлено графік зміни кута φ в залежності від величини радіуса R і заданих режимів обертання диска при $f=0,3$. Наприклад, якщо взяти радіус диска $R=0,3$ м, то при кутовій швидкості обертання його в межах $\omega=20...40$ рад/с кут φ приблизно матиме величину $37,4^\circ$. Отже, кут φ для подальших розрахунків вважаємо заданою величиною.

З прямокутного трикутника OAB можна встановити залежність між параметрами a, R, φ :

$$a = R \sin \varphi. \quad (3.18)$$

Для знаходження рівняння частини евольвенти 6, що слугуватиме відбивачем деки, потрібно визначити межі зміни параметра q , який би задавав потрібні межі евольвенти. Евольвента повинна обмежуватися з одного боку кромкою 8 ротора 2 (рис. 3.4), а з іншого боку повинна перекривати певну частину сегменту деки. Для цього знайдемо вираз для визначення величини $\rho = OB$ за формулою $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$. Підставивши в неї рівняння евольвенти (3.17), після спрощень отримаємо:

$$\rho = a\sqrt{1+q^2}, \quad \text{звідки} \quad q = \frac{1}{a}\sqrt{\rho^2 - a^2}. \quad (3.19)$$

Нам потрібна частина евольвенти, що починається із точки B (рис. 3.4). В цій точці величина ρ має значення $\rho = R$. Підставимо у другий вираз (3.19) замість ρ його значення $\rho = R$, і замість a – його вираз із (3.18). В результаті одержимо:

$$q = \operatorname{ctg} \varphi. \quad (3.20)$$

Із врахуванням (3.20) і (3.18) рівняння евольвенти (3.17) запишемо через конструктивні параметри машини:

$$\begin{aligned} x &= R \sin \varphi [\cos(\operatorname{ctg} \varphi + q) + (\operatorname{ctg} \varphi + q) \sin(\operatorname{ctg} \varphi + q)]; \\ y &= R \sin \varphi [\sin(\operatorname{ctg} \varphi + q) - (\operatorname{ctg} \varphi + q) \cos(\operatorname{ctg} \varphi + q)]. \end{aligned} \quad (3.21)$$

При зростанні параметра ϑ від нуля рівняння (3.21) опишуть евольвенту не від кола радіуса a (рис. 3.4), а із точки B , так як нам і потрібно. Довжина потрібної ділянки евольвенти визначається числом відбиваючих поверхонь.

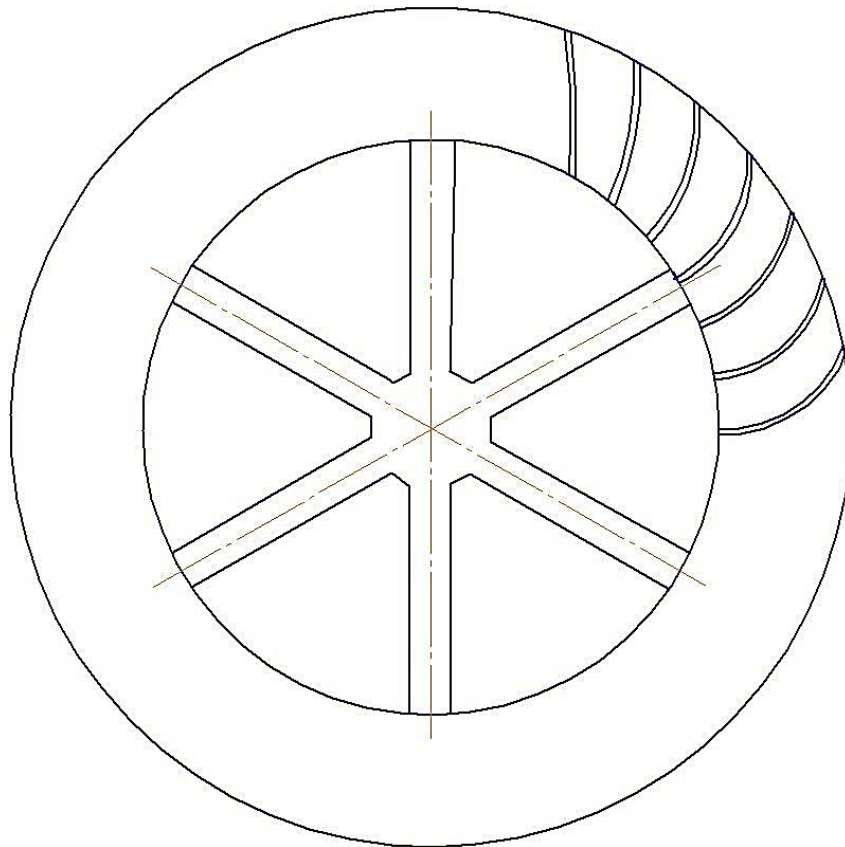


Рисунок 3.5 – Переріз горизонтальною площиною відбиваючих поверхонь дек, окреслених по евольвенті кола, та схема дії машини

Наприклад, на рис. 3.3, є таких поверхонь 8. Можна побудувати ділянку евольвенти із точки B із запасом, а потім розмножити поворотом її навколо центра диска на рівні кути, величина яких визначиться із виразу $\alpha = 2\pi/N$, де N – число відбиваючих дек. Після такого розміщення евольвент із запасом по довжині їх можна обмежити, виходячи із візуальної оцінки лишньої ділянки деки, на яку частинки не потраплятимуть.

Ця точка на евольвенті відповідатиме певному значенню параметра $q=q_k$ в рівняннях (3.21). Кінцеве значення параметра q_k при необхідності можна знайти аналітичним шляхом. При $q=0$ рівняння (3.21) дадуть радіус-вектор OB (рис. 3.4), а при $q=q_k$ – аналогічний радіус-вектор, який буде йти в кінцеву точку евольвенти (на рис. 3.4) не показаний). Кут між цими двома радіус-векторами повинен бути рівний $\alpha = 2\pi/N$. Вважаючи значення параметра q_k невідомим, знаходимо вираз величини кута між двома вказаними радіус-векторами, прирівнюємо його до заданої величини $\alpha = 2\pi/N$ і звідси знаходимо значення q_k . На рис. 3.5 зображено переріз горизонтальною площиною відбиваючих поверхонь.

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПЕСТИЦИДІВ ТА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Використання пестицидів і мінеральних добрив потребує спеціальних знань, оскільки невміле їх застосування може призвести до отруєння працюючих з ними людей, загибелі корисних комах, тварин, птиці, а також до забруднення оточуючого середовища.

Правильна організація робіт – одна із основних вимог попередження шкідливої дії пестицидів і мінеральних добрив на організм людини. Робота з пестицидами і мінеральними добривами повинна проводитись силами постійних бригад, які пройшли медогляд, навчання та інструктаж з охорони праці і способам надання першої допомоги потерпілим. Бригадами та ланковими призначаються особи, які мають певний досвід роботи з пестицидами і мінеральними добривами або пройшли курс спеціальної підготовки.

Не допускаються до роботи особи менше 18 років, жінки в період вагітності і годування дитини, особи, які перенесли хірургічні операції (протягом року) і мають медичні протипоказники, жінки старше 50 років і чоловіки старше 55 років. Категорично забороняється допуск до роботи в нетверезому стані.

Всі роботи по хімічній обробці ґрунту і рослин повинні проводитися під керівництвом агрономів або спеціалістів по захисту рослин. Працюючі повинні бути ознайомлені з особливостями використання пестицидів і мінеральних добрив, знати правила безпечної роботи з ними і забезпечені засобами індивідуального захисту. Роботи повинні бути механізовані.

При застосуванні пестицидів і мінеральних добрив необхідно враховувати наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- хімічні – пестициди і продукти їх розкладу; мінеральні добрива;
- фізичні – підвищена запиленість повітря робочої зони, підвищена температура повітря, рівні шуму і вібрації; рухомі частини виробничого обладнання; пожежо- і вибухонебезпека окремих пестицидів; підвищена вологість повітря, температура поверхні систем обігріву та доосвічування розсади; обладнання, працююче під тиском;
- психофізіологічні – динамічні та фізичні перевантаження.

Безпека праці при застосуванні пестицидів та мінеральних добрив повинна забезпечуватися:

- організацією спеціальних бригад або ланок;
- спеціальним навчанням працюючих;

- механізацією всіх робіт з застосуванням обладнання і машин;
- застосуванням засобів індивідуального захисту;
- проведенням медико-профілактичного обслуговування працюючих;
- контролем за дотриманням умов праці при роботах з пестицидами та мінеральними добривами.

Під час виконання робіт працівники, що працюють із пестицидами й агрохімікатами, повинні мати при собі посвідчення на право роботи з пестицидами й агрохімікатами, медичну аптечку й наряд на виконання робіт і пред'являти їх на вимогу представників державного нагляду та відомчого контролю.

Усі роботи з пестицидами слід проводити при температурі не вище 240 °С при мінімальних висхідних повітряних потоках. При хмурій погоді 125 дозволяється проводити роботи з пестицидами при температурі не нижче +10 °С. Тривалість робочого дня при роботі з надзвичайно небезпечними і високо небезпечними речовинами не повинна перевищувати 4 години (з доробкою протягом 2 годин в нешкідливих умовах), з рештою пестицидів – 6 годин.

На період роботи з пестицидами і мінеральними добривами робочих необхідно забезпечувати засобами індивідуального захисту, безкоштовним спец- харчуванням у відповідності з медичними показниками, організувати душ і централізоване прання одягу.

Необхідно стежити за суворим дотриманням працюючими правил безпеки, виробничої, санітарної та особистої гігієни.

Для прийому їжі і відпочинку відводять спеціально обладнане місце: там повинен бути бачок з питною водою, рукомийник, мило, рушник і аптечка першої допомоги. Місце відпочинку повинно знаходитися на відстані не менше 200м і з підвітряного боку від робочого місця.

Перед початком хімічної обробки посівів необхідно сповістити все навколишнє населення про місце та строки обробок, на відстані не менше 300 м від меж оброблених ділянок виставити попереджувальні знаки, а власників вуликів попередити про необхідність прийняти заходи по охороні бджіл. Знаки можна прибрати тільки після закінчення карантинного строку. Санітарно-захисна зона при наземній обробці повинна становити 500м, при авіаційній – 1000м.

Керівник робіт повинен стежити за станом і самопочуттям працюючих. При першому наріканні на здоров'я його негайно відстороняють від роботи, приймають заходи по наданню першої і кваліфікованої медичної допомоги. Всі роботи по застосуванню пестицидів і мінеральних добрив необхідно виконувати тільки з використанням спеціальних машин і апаратури. Хімічні обробки реєструють в спеціальному журналі, який являється офіційним

документом для перевірки виготовленої господарством продукції на залишок пестицидів та добрив, а також порушення технології їх застосування і розслідування випадків отруєння людей, тварин, риби, забруднення оточуючого середовища.

Вихід людей на плантації, оброблені пестицидами, дозволяється тільки після закінчення карантинних строків.

При випаданні опадів напередодні, великій росі і підвищенні температури (більше 20 °C) вихід людей на поля для прополювання і робіт, не пов'язаних з рихленням ґрунту, дозволяється в другій половині дня після 15 годин.

За добу перед виконанням ручних робіт по догляду за посівами сахарного буряку необхідно проводити попереднє механічне рихлення між рядками, щоб прискорити випаровування хімічних сполук.

При виконанні ручних робіт на площах, оброблених пестицидами, працюючі повинні знаходитися обличчям до вітру. При боковому вітрі необхідно розташовуватися так, щоб його направлення було на бік ділянки з виконаними ручними роботами.

Не допускається проведення робіт на важкопровітрюваних ділянках (впадини, біля лісосмуг та ін.) в безвітряну погоду. Не допускається проведення ручних робіт на ділянках, які межують з площами, на яких на даний момент проводиться обробка пестицидами.

Механізовані роботи на ділянках, оброблених пестицидами, незалежно від строків їх застосування, допускається проводити при наявності закритих кабін на тракторах і мобільних транспортних агрегатах.

Безпека праці при використанні мінеральних добрив

Роботи по використанню добрив проводять за допомогою спеціальних машин і механізмів наземним або авіаційним способом.

Привезені на поля добрива повинні бути використані в той же день. Навіть для короткочасного зберігання їх забороняється зсипати безпосередньо на землю, тому що це може призвести до погіршення фізико-хімічних якостей, забруднення атмосфери, міграції через ґрунт в ґрунтові води, випадкового отруєння тварин. Добрива необхідно насипати тільки на водонепроникну підстилку (брезент, поліетилен) і ретельно прикривати цим матеріалом.

Відстань між рухомими по полю агрегатами повинна бути не менш 50-70м.

У зв'язку з тим, що в повітря робочої зони можуть поступати не тільки добрива, але й велика кількість ґрунтового пилу, забрудненого добривами, які

були внесені раніше, пестицидами і продуктами їх розпаду, трактористи повинні використовувати засоби захисту органів дихання і шкіряних покривів.

Рідкі мінеральні добрива (РМД) вносять у ґрунт спеціальними машинами, в які аміачну воду, безводний аміак і РМД перекачують із аміаковозів за допомогою насоса. При цьому необхідно суворо дотримуватися правил безпеки і обов'язково застосовувати засоби індивідуального захисту. Тракторист зобов'язаний регулярно очищати фільтри, не допускати підтікання рідини в з'єднаннях шлангів, періодично перевіряти роботу жиклерів (жиклери, які забилися, необхідно прочищати тільки в протигазі або респіраторі і в гумових рукавицях), стежити по шкалі за наявністю рідини в резервуарах, плавно піднімати робочі органи машини. Заглиблювати й виймати робочі органи зі встановленими на них підкормочними трубками можна тільки під час руху агрегату. На відстані 8-10 м до кінця борозни тракторист повинен виключити насос – дозатор для запобігання загазованості робочого середовища.

Не дозволяється перевищення норм внесення мінеральних добрив у ґрунт. Підживлення посівів необхідно проводити після завершення ручних робіт.

Не рекомендується вносити РМД після застосування хлорорганічних пестицидів при високих температурах і вологості повітря, тому що можливе утворення високотоксичних газів (інтервал повинен бути не менш 3-х діб).

Якщо РМД залишилися невикористаними, їх необхідно злити в ємність для зберігання або в місце захоронення шкідливих речовин. Забороняється залишати автоцистерни, трактори з ємностями, заповненими РМД, біля місць з відкритим вогнем, в населених пунктах, на схилах, палити біля ємностей, у яких міститься водний та безводний аміак. У випадку пожежі цистерни з аміаком необхідно вивезти в безпечне місце і облити водою.

Всі операції по обслуговуванню машин при внесенні РМД необхідно проводити з підвітряного боку, використовуючи засоби індивідуального захисту.

Вносити добрива за допомогою авіації можна лише при швидкості вітру до 4м/сек і на відстані не менш ніж 500м від населених пунктів, джерел водопостачання, тваринницьких ферм.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Високоєфективне і раціональне використання техніки і ведення господарства неможливе без економічних розрахунків і регулярного економічного аналізу. Введення в передпосівний обробіток та сівбу цукрових буряків, нових форм організації праці, енергетичних засобів та сільськогосподарських машин повинно бути підкріплено чітким економічним обґрунтуванням.

Проектований процес повинен забезпечувати підвищення продуктивності праці, економію експлуатаційних витрат, річний економічний ефект, вивільнення робочої сили, незначний термін окупності додаткових капіталовкладень. Прямі експлуатаційні затрати визначаються за формулою:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн/га} \quad (5.1)$$

де:

C_1 – оплата праці обслуговуючому персоналу, грн/га;

C_2 – вартість паливо-мастильних матеріалів, грн/га;

C_3 – відрахування на реновацію трактора і с/г машин, що входять до складу МТА, грн/га

C_4 – відрахування на капітальний ремонт, поточний ремонт і технічне обслуговування, грн/га.

Оплату праці обслуговуючого персоналу визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{m_1 \Pi_1 + m_2 \Pi_2}{W_{\text{год}}}, \text{ грн/га} \quad (5.2)$$

де m_1, m_2 – кількість робітників.

Π_1, Π_2 – оплата праці за норму виробітку працівника, грн;

$$C_1 = \frac{1 \cdot 9,11 + 1 \cdot 7,84}{20,16} = 0,84 \text{ грн/га}$$

Вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів:

$$C_2 = \Pi_k \cdot Q, \text{ грн/га} \quad (5.3)$$

де Π_k – комплексна ціна 1 кг палива,

Π_k – 10,00 грн.

Q – витрати палива, кг/га

$$C_2 = 10 \cdot 13,3 = 133, \text{ грн/га}$$

Відрахування на реновацію машин розраховуємо за формулою:

$$C_3 = \frac{\dot{A}_0 \cdot Q_0}{100W_2 \cdot t_0} + \frac{\dot{A}_i \cdot Q_i \cdot n_i}{100W_2 \cdot t_m}, \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

де B_T, B_M – балансова вартість трактора, с/г машини, %.

Q_T, Q_M – відрахування на реновацію трактора, с/г машини, год.

$$C_3 = \frac{50000 \cdot 12,5}{100 \cdot 20,16 \cdot 1350} + \frac{45000 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 20,16 \cdot 450} = 1,23, \text{ грн/га}$$

Відрахування на капітальний ремонт і поточний ремонт, а також на технічне обслуговування розраховуються за формулою

$$C_4 = \frac{B_T \cdot P_T}{100W_2 \cdot t_T} + \frac{B_M \cdot P_M}{100W_2 \cdot t_m}, \text{ грн/га} \quad (5.5)$$

де P_T, P_M – відрахування на реновацію, капітальний і поточний ремонт, а також на технічне обслуговування, %.

$$C_4 = \frac{50000 \cdot 41,5}{100 \cdot 20,16 \cdot 1350} + \frac{45000 \cdot 38}{100 \cdot 20,16 \cdot 450} = 2,7 \text{ грн/га}$$

Згідно з методичною розробкою на кафедрі ЕМТП, на кожній операції механізованого процесу передпосівного обробітку та сівби ц/б можна застосувати до чотирьох конкуруючих агрегатів.

$$C = 0,84 + 133 + 1,23 + 2,7 = 137,77, \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на машинотракторні агрегати визначають за формулою:

$$\Pi_B = C + EK, \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

де, E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E = 0,15$;

$$\begin{aligned} \Pi_B &= 137,77 + 0,15 \cdot 3000 = 587,77 \\ R &= \frac{B_T}{W_2 \cdot t_T} + \frac{B_M}{W_2 \cdot t_m} \end{aligned} \quad (5.7)$$

$$R = \frac{50000}{20,16 \cdot 1350} + \frac{45000}{20,16 \cdot 450} = 6,7$$

Згідно з програмою, розробленого на кафедрі ЕМТП для ПЕОМ ми отримали значення величини капітальних вкладень $K_{пр} = 897,62$ грн/га, для проекрованої технології та $K_i = 971,84$ грн/га, для існуючої в господарстві, а величина приведених затрат $\Pi_{вн} = 587,77$ грн/га, для існуючої $\Pi_{вп} = 527,72$ грн/га для проекрованої.

Звідси, прямі експлуатаційні затрати для існуючої технології внесення мінеральних добрив, становлять 329,36 грн/га, для проекрованої – 236,64 грн/га.

Затрати по управлінню виробництва визначають за наступною формулою:

$$З_{уп} = 0,15 \Pi_B \quad (5.8)$$

$$З_{уп} = 0,15 \cdot 587,77 = 88,17 \text{ грн/га.}$$

Сумарні витрати:

$$U = \Pi + З_{уп} = 329,36 + 88,17 = 417,53 \text{ грн/га} \quad (5.9)$$

Визначимо ступінь зниження затрат праці та витрати палива

$$H = \frac{H_i - H_{\Pi}}{H_i} \cdot 100\%, \quad (5.10)$$

де H_i , H_{Π} – затрати праці за існуючою та проективною технологією.

$$H = \frac{4,12 - 3,78}{4,12} \cdot 100\% = 8,25\%$$

$$G = \frac{G_i - G_{\Pi}}{G_i} \cdot 100\%, \quad (5.11)$$

де G_1 , G_{Π} – витрати палива, відповідно за існуючою і проектною технологією:

$$G = \frac{24,6 - 13,3}{24,6} \cdot 100\% = 45,9\%$$

Розраховуємо річний економічний ефект за формулою:

$$E = (P_{Bi} - P_{B\Pi})S, \text{ грн}, \quad (5.12)$$

де S – площа внесення, га

$$E = (587,77 - 527,72)320 = 19216 \text{ грн.}$$

Висновок:

Розроблена конструкція агрегату для внесення мінеральних добрив в ґрунт дозволяє підвищити ефективність технологічної операції по внесенню добрив. Це вдосконалення дозволяє збільшити продуктивність робіт і якість продукції. Економічна ефективність проекту становить 60,05 грн/га. Затрати на удосконалення машини окупаються на другий рік експлуатації.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Визначено, що агрегат Т-150К+МВУ-8 є найменш енергоємним – 198,47 МДж/га. Порівнявши існуючі технології внесення добрив і використавши метод відстані до цілі по таким критеріям, як рівномірність внесення мінеральних добрив, затрати праці і приведені витрати, встановлено, що даний агрегат є найбільш ефективним тому, що він має найбільшу рівномірність внесення – 13% і найменші приведені затрати – 2,82 грн/га, а затрати праці 0,51 грн/га.

2. Щоб досягти заданої ширини захвату 24 м проектного розкидача остаточно приймаємо розміри плоско-конічного диска: діаметр диска – 500 мм, діаметр плоскої частини диска – 400 мм, кут конусності – 5° , кут розміщення лопаті до радіуса – 10° , висота лопаті – 32 мм. Потужність необхідна для розсіювання добрив одним диском повинна бути – 2,55 кВт. У проектованому тукорозкидачі приймаємо дозувальний пристрій, який забезпечує регулювання норми висіву від 50 до 3000 кг/га і відхилення від встановленої норми не перевищує $\pm 3\%$. Висота висівної щілини повинна бути 25 мм. З такими показниками агрегату продуктивність його становить 141,12 га/зм.

3. Рух матеріальної частинки по циліндричній лопатці відцентрового розсіювального апарата спочатку має коливальний характер як по відносній траєкторії, так і по величині відносної швидкості. З часом відбувається стабілізація руху: частинка рухається біля середньої прямолінійної твірної лопатки з відносною швидкістю, що зростає за законом, близьким до лінійного. Збільшення кутової швидкості обертання диска з лопаткою призводить до зростання відносної швидкості. Точка подачі частинки на лопатку по висоті практично не впливає на величину відносної швидкості при її сходженні з лопатки. При різних точках подачі частинки вздовж осі лопатки відносна швидкість відрізняється несуттєво. Із збільшенням радіуса поперечного перерізу лопатки під час подавання частинки на нижню твірну можливе розвертання частинки в жолобі по спіралеподібній кривій. За будь-яких режимів роботи і конструктивних розмірів лопатки частинка під час руху по її поверхні не підніметься до верхнього краю лопатки.

4. Розроблена конструкція агрегату для внесення мінеральних добрив в ґрунт дозволяє підвищити ефективність технологічної операції по внесенню добрив. Це вдосконалення дозволяє збільшити продуктивність робіт і якість продукції. Економічна ефективність проекту становить 60,05 грн/га. Затрати на удосконалення машини окупаються на другий рік експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко -К.: УАСХН, 1960. -283 с.
2. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики / П.М. Заика. -К.: Изд-во УСХА, 1992. -507 с.
3. Адамчук В.В. Дослідження загального випадку розгону мінеральних добрив відцентровим розсіювальним органом / В.В. Адамчук // Вісник аграрної науки. -К., 2003. -№ 12. - С. 51- 57.
4. Войтюк Д.Г. Дослідження руху матеріальної частинки вздовж прямолінійних і криволінійних лопаток на горизонтальному диску, який обертається навколо вертикальної осі / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Науковий вісник Національного аграрного університету. -К.: НАУ, 2005. - Вип. 92. - Частина перша. - С. 159 - 168.
5. Войтюк Д.Г. Дослідження руху матеріальної частинки по горизонтальному диску, який обертається навколо вертикальної осі, за допомогою рухомого натурального тригранника і формул Френе / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. - Глеваха, 2005. - Вип. 89. - С. 49 - 60.
6. Пилипака С.Ф. Теорія складного руху матеріальної точки на площині. Частина друга. Абсолютне прискорення. Задачі на динаміку точки / С.Ф. Пилипака // Електротехніка і механіка. -К.: 2006. -№2. - С. 88 - 100.
7. Пилипака С.Ф. Теорія складного руху матеріальної точки на площині. Частина перша. Абсолютна швидкість і траєкторія / С.Ф. Пилипака // Електротехніка і механіка. -К.: 2006. -№1. - С. 84 - 94.
8. Ткачук А.І. Дослідження процесу лушення зерна відцентровою лушильною машиною / А.І. Ткачук, І.В. Єременок // Зб. наук. пр. „Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України”. - Вип. 3 (17). - Дослідницьке: УкрНДІПВТ, 2000. - С. 51 – 57.
9. Грищенко Ф.В., Валеев А.В. К вопросу определения основных параметров центробежных разбрасывателей. Ж. Тракторы и сельхозмашины. №1, 1996.
10. Козловський Е.В. Некоторые вопросы работы центробежного диска. Ж. Мех. и электр. соц. с.к. № 1, 1962.

11. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448с.
12. Механизация внесения минеральных удобрений / М.А. Литвинов, Ф.В. Янишевский, Ю.Н. Тихончук и др. – М.: Колос, 1964. – 176с.
13. Павловский И.В. Основы проектирования машин для внесения удобрений. – М.: Машиностроение, 1965. – 120с.
14. Хоменко М.С. Исследование технологического процесса рассева минеральных удобрений центробежными аппаратами. Ж. Тракторы и сельхозмашины. № 19, 1960.
15. Єременок І.В. Експериментальне дослідження робочих процесів лушильно сортувальних систем крупорушок / І.В. Єременок // Зб. наук. пр. „Науковий вісник Національного аграрного університету”. – Вип. 2. – К.: НАУ, 1997. – С. 149 – 154.
16. Ткачук А.І. Математичне моделювання технологічних систем крупорушок та мінімлінів / А.І. Ткачук, І.В. Єременок // Зб. наук. пр. „Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України”. – Вип. 2 (14). – Дослідницьке: УкрНДІПВТ, 1999. – С. 102 – 107.
17. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УАСХН, 1960. – 283 с.
18. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики / П.М. Заика. – К.: Изд-во УСХА, 1992. – 507 с.
19. Адамчук В.В. Дослідження загального випадку розгону мінеральних добрив відцентровим розсіювальним органом / В.В. Адамчук // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 12. – С. 51 – 57.
20. Войтюк Д.Г. Теоретичне дослідження руху матеріальних частинок у відцентрових апаратах із криволінійними лопатками і змінним кутом їх підйому / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2006. – Вип. 39. – С. 11 – 20.
21. Адамчук В.В. Дослідження руху частинки по плоскому диску, який обертається навколо перпендикулярної осі, нахиленої до горизонту / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – № 12 (2). – С. 189 – 197.
22. Белецкий В.Я. Теория и расчет сит с прямолинейными качаниями / В.Я. Белецкий. – М.: Наука, 1949. – 187 с.

23. Блехман И.И. Вибрационное перемещение / И.И. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе. – М.: Наука, 1964. – 410 с.
24. Гортинский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демский, М.А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
25. Войтюк Д.Г. Дослідження руху матеріальної частинки по шорсткій площині, яка здійснює горизонтальні криволінійні поступальні коливання / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Техніка АПК. – 2004. – №№ 10, 11. – С. 26 – 28.
26. Лойцянский Л.Г. Курс теоретической механики. – Том 2. Динамика / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. – М.: ГИТТЛ, 1954. – 595 с.
27. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. – Ч. 1.: Кинематика, статика, динамика материальной точки / Н.Н. Бухгольц. – М.: Наука, 1967. – 468 с.
28. Гольдин Е.М. О движении материальной точки А.Б. Демский, М.А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
29. Войтюк Д.Г. Дослідження руху матеріальної частинки по шорсткій площині, яка здійснює горизонтальні криволінійні поступальні коливання / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Техніка АПК. – 2004. – №№ 10, 11. – С. 26 – 28.
30. Лойцянский Л.Г. Курс теоретической механики. – Том 2. Динамика / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. – М.: ГИТТЛ, 1954. – 595 с.
31. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. – Ч. 1.: Кинематика, статика, динамика материальной точки / Н.Н. Бухгольц. – М.: Наука, 1967. – 468 с.
32. Лінник М.К. Тригранник і формули Френе в задачах кінематики і динаміки матеріальної частинки у складному русі / М.К. Лінник, С.Ф. Пилипака // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: НАУ, 2005. – Вип. 80. – С. 271 – 287.