

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**  
до дипломного проекту  
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Конструктивно-технологічне обґрунтування розкидаючого робочого органу  
машини для внесення мінеральних добрив**

**Виконав:** студент 4 курсу, групи АІ -3-21  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Валентин МАРТИНЕНКО

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Наталія ПОНОМАРЕНКО

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Мартиненко Валентин Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи: Конструктивно-технологічне обґрунтування розкидаючого  
робочого органу машини для внесення мінеральних добрив**  
керівник роботи Пономаренко Наталія Олександрівна, к.т.н., доцент  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь,  
вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 7 » травня 2025 року № 964

**2. Строк подання студентом роботи** 31.05.2025 р.

**3. Вихідні дані до проєкту** Огляд стану питання в галузі рослинництва та  
конструкцій відцентрових робочих агрегатів. Патентний пошук, аналіз  
літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно  
розробити). 1. Засоби для суцільного внесення твердих мінеральних добрив  
Визначення технологічних параметрів відцентрового робочого органу. Охорона  
праці. Аналіз економічної ефективності використання тягово-привідного агрегату.  
Економічна ефективність впровадження проєкту. Висновки та пропозиції.  
Бібліографічний список.

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

1. Титульний аркуш. 2. Огляд конструктивних рішень. 3. Машина для внесення мінеральних добрив. 4. Орган робочий відцентровий. 5. Креслення деталей (ступиця, косинка, лопать, диск). 5. Показники економічної ефективності від використання удосконалення. 7. Висновки.

## 6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|---|----------------|------------------|
|        |   | завдання видав | завдання прийняв |
| 1      | Пономаренко Н.О., доцент                  |                |                  |
| 2      | Пономаренко Н.О., доцент                  |                |                  |
| 3      | Пономаренко Н.О., доцент                  |                |                  |
| 4      | Пономаренко Н.О., доцент                  |                |                  |
| 5      | Пономаренко Н.О., доцент                  |                |                  |

7. Дата видачі завдання: 05.03.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів роботи | Примітка       |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------------|
| 1     | Аналітичний (оглядовий)         | до 17.03.2025 р.              | <b>Виконав</b> |
| 2     | Технологічний                   | до 12.04.2025 р.              | <b>Виконав</b> |
| 3     | Конструкційний                  | до 28.04.2025 р.              | <b>Виконав</b> |
| 4     | Охорона праці                   | до 12.05.2025 р.              | <b>Виконав</b> |
| 5     | Економічний                     | до 20.05.2025 р.              | <b>Виконав</b> |
| 6     | Графічна частина                | до 31.05.2025 р.              | <b>Виконав</b> |

Студент

\_\_\_\_\_ Мартиненко В.М. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Пономаренко Н.О. \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )



## АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт складається з 59 аркушів тексту комп'ютерного набору формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

У першому розділі проєкту приведені короткі відомості про добрива, дана їх класифікація і характеристика основних способів внесення добрив.

У другому розділі проаналізовані основні, існуючі на теперішній час, засоби для суцільного внесення добрив, визначені їх основні переваги та недоліки. Приведена класифікація розкидуючих робочих органів машин для суцільного внесення мінеральних добрив. Обґрунтована схема модернізованого відцентрового робочого органу.

У третьому розділі дипломного проєкту визначені основні технологічні показники роботи модернізованого робочого органу у порівнянні з серійним робочим органом і приведені розрахунки руху часток при використанні різних робочих органів.

У четвертому розділі проаналізовані основні потенційні небезпеки, що можуть виникнути при використанні розкидача, та розроблена карта контролю агрегату за показниками безпеки, приведені заходи по запобіганню травмонебезпечним ситуаціям, а також розглянуті питання охорони довкілля при роботі машин для внесення мінеральних добрив.

У п'ятому розділі дипломного проєкту проведений техніко-економічний розрахунок машини з новими робочими органами, який доводить доцільність впровадження модернізованого відцентрового пристрою.

У проєкті використовуються такі ключові слова: *відцентровий робочий орган, псевдосфера, диск, лопать, мінеральні добрива, рівномірність внесення добрив.*

## ЗМІСТ

|   | стор. |
|---|-------|
| Вступ   | 7     |
| 1 Добрива та способи їх внесення  | 8     |
| 1.1 Види добрив   | 8     |
| 1.2 Способи внесення добрив   | 12    |
| 1.3 Агротехнічні вимоги до машин по внесенню добрив                                 | 12    |
| 2 Засоби для суцільного внесення твердих мінеральних добрив                         | 15    |
| 2.1 Машини для суцільного внесення твердих мінеральних добрив                       | 15    |
| 2.2 Робочі органи машин для суцільного внесення мінеральних добрив                  | 22    |
| 2.3 Обґрунтування технологічної схеми модернізованого відцентрового робочого органу | 27    |
| 3 Визначення технологічних параметрів відцентрового робочого органу                 | 29    |
| 3.1. Теорія руху частки вздовж лопаті відцентрового диску                           | 29    |
| 3.2 Розрахунок технологічних параметрів відцентрового робочого органу.              | 31    |
| 4 Охорона праці   | 38    |
| 4.1 Аналіз стану охорони праці.   | 38    |
| 4.2 Загальні вимоги безпеки при використанні мінеральних добрив                     | 39    |
| 4.3 Виявлення й ідентифікація потенційних небезпек операції                         | 40    |
| 4.4 Вимоги безпеки при виконанні операції   | 42    |
| 4.5 Технологія контролю по карті  | 44    |
| 4.6 Збереження екологічності виробництва  | 44    |
| 5 Аналіз економічної ефективності використання тягово-привідного агрегату           | 47    |
| Висновки  | 54    |
| Література  | 55    |
| Додатки   | 60    |

## ВСТУП

Стійкий зріст сільськогосподарського виробництва можливий лише при своєчасному та якісному проведенні агрохімічних робіт, а також за рахунок вдосконалення існуючих механізмів, конструювання нових високопродуктивних машин та внесення нових видів добрив, а також застосування перспективних технологій у виробництві робіт. Велике значення для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур має правильне використання машин при виконанні агрохімічних робіт [1].

Збереження та підвищення родючості ґрунтів в умовах широкого впровадження інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур можливе лише за умови якісного внесення добрив і хімічних меліорантів.

Добрива містять в собі основні елементи живлення рослин: фосфор Р, ка-лій К, азот N і речовини, що покращують фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту.

Добрива поділяють на мінеральні та органічні. Крім того, застосовують також хімічні меліоранти на кислих (вапнякові матеріали) і солонцюватих (гіпсові матеріали) ґрунтах.

Залежно від вмісту поживних речовин, мінеральні добрива бувають прості (вміщують один поживний елемент) і складні (вміщують два або три поживних елементи). Рідкі мінеральні добрива, до складу яких входить кілька поживних елементів, одержали назву комплексних (РКД).

Все ширше застосовують передпосівне внутрішньоґрунтове внесення туків, які розміщують стрічками, рядками, гніздами у вологозабезпеченому шарі ґрунту. Це дає змогу більш ефективно використовувати добрива при менших дозах внесення, зменшити змивання добрив стічними водами, полегшити керування розвитком рослин.

Ефективність застосування мінеральних та органічних добрив залежить від правильного вибору машини, а також настройки робочих органів машини на норму внесення та рівномірність розподілу їх по ширині захвату агрегату.

# 1. ДОБРИВА ТА СПОСОБИ ЇХ ВНЕСЕННЯ

Ефективність машин для внесення мінеральних добрив у значній мірі залежить від того, наскільки повно враховані на етапі їх створення: умови експлуатації самих машин, режими роботи, фізико-механічні властивості добрив і агрономічні вимоги до операції внесення добрив по поверхні поля. Очевидним є те, що це можна зробити тільки шляхом вибору відповідних технологічних та конструкційних параметрів, режимів роботи машин і їх робочих органів з використанням залежностей, які адекватно описують роботу самої машини та її робочих органів.

## 1.1. Види добрив

Добрива – одні з найважливіших засобів для підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Покращити родючість ґрунту за короткий час можна лише при широкому та раціональному використанні добрив.

Приблизна класифікація добрив, що використовують в наш час в сільськогосподарському виробництві, показана на рисунку 1.1 [2].

Мінеральні добрива отримують з мінералів, газів, або ж з відходів промисловості (металургійної, хімічної). Ці добрива неповні, так як кожне з них зазвичай містить лише один елемент для рослин: азот (азотні добрива), фосфорну кислоту (фосфорні добрива) або окис калію (калійні добрива). Промисловість виробляє мінеральні добрива як в твердому, так і в рідкому стані. Тверді мінеральні добрива випускаються порошкоподібними або гранульованими з розміром частинок від 1 до 4 мм (у поперечнику). Гранульовані добрива (фосфорні або азотні) більш зручні у використанні: вони не пилять, менше злежуються, легше висіваються.

До групи мінеральних добрив можна віднести ще складні добрива, вапно, гіпс, мікроелементи, комплексні, концентровані та ін.

Основні види добрив:

**Тверді азотні добрива** – аміачна селітра, ціанамід кальцію, нітрат амонію,

натрієва селітра, кальцієва селітра, хлористий амоній та карбамід (сечовина). Частина вищеназваних добрив – природні мінерали (натрієва селітра), більша ж частина – продукція хімічних підприємств. Діючого початку (азоту) ці добрива містять від 12 до 46 %. Найбільш багаті азотом мочевина та аміачна селітра.

**Рідкі азотні добрива** – рідкій аміак (азоту до 82 %), аміачна вола та аміакати (азоту до 45%). Рідкий (безводний) аміак летючий та отрутний газ. Його перевозять та зберігають у спеціальних цистернах, що розраховуються під тиск 2,0 мПа, та вносять у ґрунт на значну глибину. Більш зручна використанні аміачна вода (25 %- вий розчин аміаку), що містить до 20 % азоту. Аміачну воду можна перевозити у звичайних тонкостінних цистернах. Аміакати – концентровані розчини аміачної селітри, кальцієвої селітри та сечовини.

**Фосфорні добрива** – суперфосфат, подвійний суперфосфат, фосфатна мука, томасшлак, преципітат та ін. Матеріалом для отримання фосфорних добрив служать природні мінерали – апатити, фосфорити, вівіаніт. Для виготовлення деяких з них використовують відходи металургійної та хімічної промисловостей. Всі ці добрива сипучі, порошкоподібні або гранульовані. Зміст у них основної речовини (діючого початку) – фосфорної кислоти від 14 до 45 %. Найбільш збагачені фосфорною кислотою подвійний суперфосфат та преципітат.

**Калійні добрива** – хлористий калій, 30...40 %- ні калійні солі, серно кислий калій, калій магнезія та ін. Вміст діючого початку (окису калію) в цих добривах – від 12 до 60 %. Більш за все окису калію в хлористому калію.

**Мікроелементи**, необхідні для рослин, - це мідь, бор, марганець, молібден, кобальт, цинк та деякі інші. Бор можливо вносити у ґрунт у вигляді бури, борної кислоти, борної руди; марганець – у вигляді шламів, марганізованого суперфосфату, сернокислого марганцю; мідь – у вигляді піритних огарків або мідного купоросу; молібден – у вигляді молібденовокислого амонію звичайно для внесення з сіменами або для позакореневої підкорми; цинк – у вигляді сернокислого цинку.

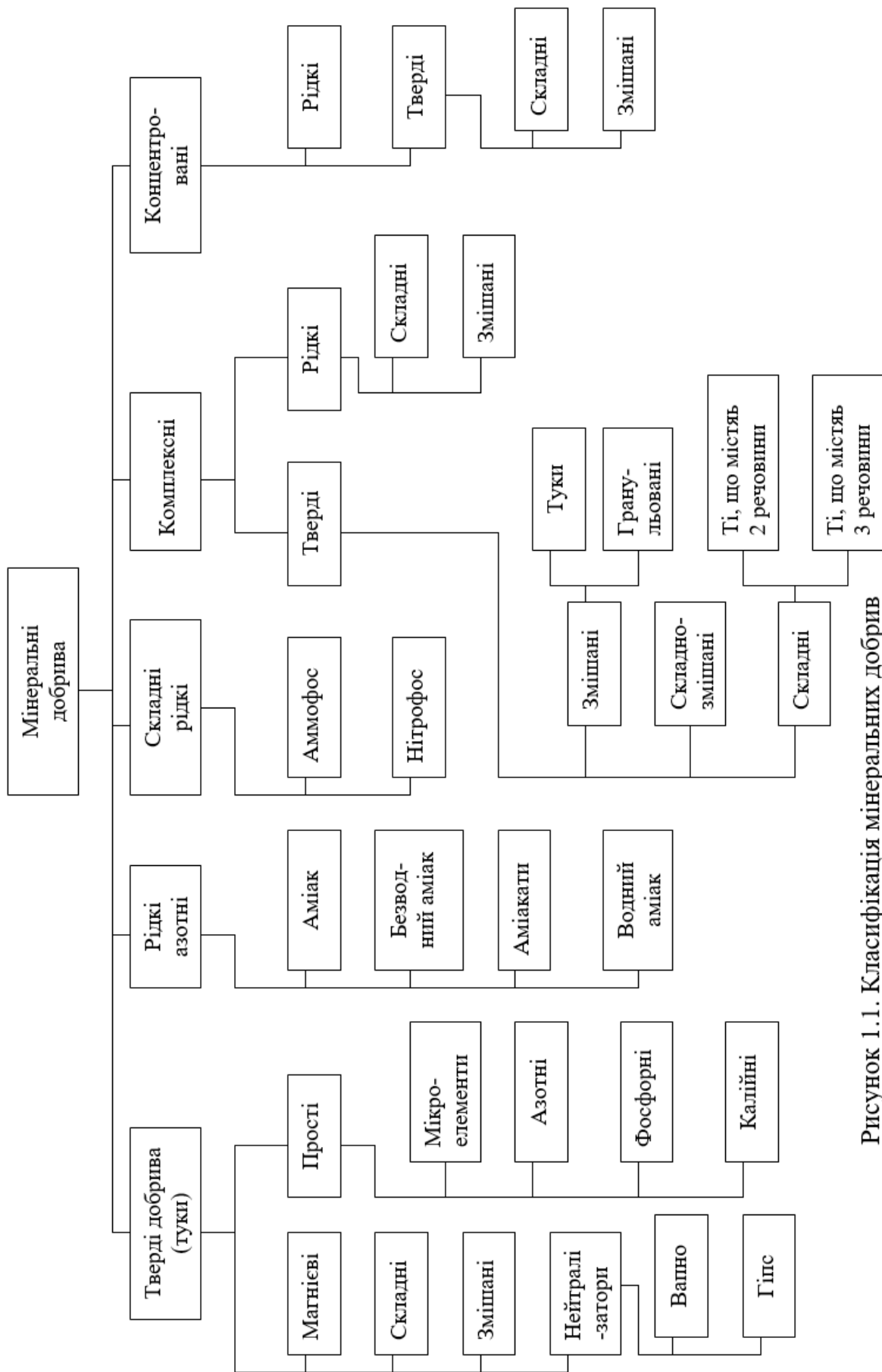


Рисунок 1.1. Класифікація мінеральних добрив

**Вапняні добрива** використовуються для видалення кислотності ґрунту, шкідливої як для самих рослин, так і для ґрунтових рослин. До складу підгрупи вапняних добрив входять вапно-пушенка, вапняна мука, доломітова мука, сланцева та торф'яна зола, цементний пил.

Гіпс застосовують для гіпсування ґрунту, тобто нейтралізації реакції солонців.

**Складні мінеральні добрива** – виготовляються хімічною промисловістю. З складних добрив, що містять одночасно азот та фосфор, часто застосовують амофоси, особливо гранульовані. З корисних мінеральних добрив, у зміст яких входять азот, фосфорна кислота та окис калію, найбільше застосування знайшли нітрофоски.

**Суміші мінеральних добрив** можна виготовляти і в самих господарствах, якщо притримуватися зазначеної схеми. Так, наприклад, не можна змішувати селітри із суперфосфатом (отримуємо сиру мажучу суміш) або аміачне добриво з томасшлаком (втрати великої кількості аміаку). Аміачну селітру можна змішувати з суперфосфатом тільки після його нейтралізації золою, гашеним вапном, крейдою. Спочатку змішують суперфосфат з цими речовинами, а вже потім з селітрою.

Якість самих добрив, що виготовляють, дотримуючись правил змішування, не погіршується, та їх можна вносити в ґрунт машинами.

**Комплексні добрива**, що поставляє промисловість, містять одночасно 2 (амофос, діамфос, нітрофос) або 3 речовини (нітрофоска, нітроамофоска). До ні відносяться складі, складно змішані та змішані.

Складні добрива отримують з одинарних з додаванням кислот та аміаку. Їх гранулювання сприяє зменшенню розшаруванню та розпилу.

Змішанні добрива отримують з одинарних (подвійного суперфосфату, сечовини та ін.) шляхом механічного змішування. Вони відрізняються підвищеним містом речовин (до 39...42%).

## **1.2. Способи внесення добрив**

У залежності від терміну внесення добрив існують три способу внесення добрив: основний (розкидний та локальний), припосівний та підживлення [3].

**Основний спосіб** внесення добрив використовують, коли треба внести великі дози мінеральних або органомінеральних добрив на 1 га. Цим способом вносять більшу частину добрив, приблизно 2/3 їх загальної кількості. Одразу після розкидання добрив по полю необхідно загорнути їх у ґрунт, не припускаючи висихання та великих втрат речовин, у особливості, азоту. Загортають добрива плугами, дисковими боронами та культиваторами.

**Припосівний спосіб** застосовується при сівбі сільськогосподарських культур. Він здійснюється за допомогою сівалок а також садильних машин, які обладнані апаратами для внесення мінеральних добрив.

**Підживлення** сільськогосподарських рослин добривами застосовується в період росту сільськогосподарських культур. Вона здійснюється культиваторами-рослинопідживлювачами при міжрядній обробці просапних культур, або штанговими підживлювачами при підживленні колосових культур. При цьому використовується технологічна колія для проходу агрегату.

## **1.3 Агротехнічні вимоги до машин по внесенню добрив**

При внесенні добрив необхідно дотримуватись таких агротехнічних вимог. Злежані мінеральні добрива перед використанням подрібнювати і просіювати. Розмір частинок після подрібнення повинен бути не більше 5 мм, вміст частинок розміром 1 мм допускається до 6%. Під час розтарювання втрати добрив з паперовою мішкотарою не повинні перевищувати 1%, а з поліетиленовою - 0,5%. Вміст шматків мішкотари в подрібнених добривах не повинен перевищувати 3% маси паперових і 0,8% маси поліетиленових мішків. При змішуванні добрив вологість вихідних компонентів не повинна відрізнятись від стандартної більше, як на 25%. Відхилення від заданого співвідношення поживних елементів у тукоsumіші допускається не більше  $\pm 5\%$ , а неоднорідність суміші не більше  $\pm 10\%$ .

Відхилення фактичної дози від заданої при внесенні мінеральних добрив

допускається не більше  $\pm 5\%$ , нерівномірність розподілу добрив по ширині захвату до 15%, необроблені поворотні смуги і пропуски між суміжними проходами агрегату не допускаються. Розрив між внесенням добрив і їх загортанням у ґрунт не повинен перевищувати 12 годин.

Глибина стрічкового внесення основних доз мінеральних добрив до сівби повинна бути під зернові культури на суглинкових дерново-підзолених ґрунтах 8-10 см; на піщаних і супіщаних ґрунтах 10-12; на різних ґрунтах посушливої степової зони 12-15; під кукурудзу і цукрові буряки 12-15; під бобові і соняшник 10 - 12 см.

Плоскорізний обробіток ґрунту з одночасним внесенням основного добрива суцільним шаром проводять на глибину 15-24 см. Внесення туків, як правило, суміщають з основним або останнім паровим обробітком ґрунту.

Основне добриво, що вноситься одночасно з сівбою зернових, доцільно розміщувати на 3-4 см нижче від рядка насіння.

Прикореневе підживлення озимих культур виконують у поперечному напрямі до засіяних рядків на пониженій швидкості, щоб зменшити пошкодження рослин. При підживленні рослин добрива вносять у ґрунт на глибину 3-5 см стрічками з інтервалами 15 см.

Глибоке внесення добрив особливо ефективно в насадженнях, розміщених на схилах. Починають глибоке внесення добрив, як правило, на третій-четвертий рік після садіння, коли коренева система виходить за межі садильної щілини. Потім через 5-6 років повторно вносять добрива, збільшуючи дозу в 4-5 разів залежно від перерви і результату аналізу вмісту рухомих форм поживних речовин методом ґрунтової і рослинної діагностики.

Органічні добрива вносять, дотримуючись заданої дози внесення і рівномірності їх розподілу по поверхні поля. Нерівномірність розподілу добрив на полі по ширині внесення допускається до 25%, а по напрямку руху - до 10%. Відхилення фактичної дози від заданої допускається не більше 5%.

Глибина загортання органічних добрив становить 15-25 см, причому на піщаних ґрунтах їх заорюють глибше, що залежить від кліматичних умов.

Машини повинні забезпечувати внесення добрив і їх сумішей в межах 5...60 т/га.

Робочі органи машин для внесення органічних добрив мають забезпечувати швидке регулювання дози внесення і не повинні забиватись і залипати.

Ефективність машин для внесення мінеральних добрив та хіммеліорантів, при умові виконання агрономічних вимог, оцінюють за значеннями продуктивності за годину зміни і прямими експлуатаційними затратами. Продуктивність агрегатів, в основному, залежить від їх робочої ширини захвату, робочої швидкості та коефіцієнта використання часу зміни [11].

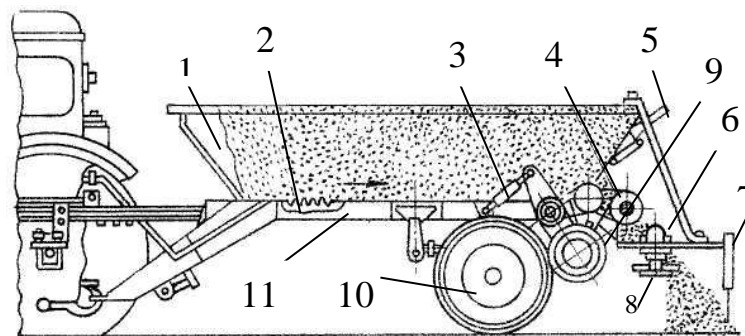
## 2. ЗАСОБИ ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Тверді гранульовані речовини як правило вносять за допомогою розкидання або технікою точного внесення безпосередньо в землю на глибину 2-8 см з подальшим закладенням. Для закладення розкиданих добрив часто використовується ротаційна борона.

### 2.1 Машини для суцільного внесення твердих мінеральних добрив

Тверді мінеральні добрива вносять за прямоочною та перевантажувальною технологіями відцентровими розкидачами ІРМГ-4, МВУ-5, МВУ-8, МВУ-16, ССТ-10, МХА-7, МВУ-ОМ, МВУ-30, АМП-5, пневматичними розкидачами, РУМ-5-03, ААП-5 та туковими сівалками-розкидачами тощо [3].

**2.1.1 Машина для внесення мінеральних добрив і вапна ІРМГ- 4** (Рисунок 2.1) призначена для поверхневого внесення всіх видів і форм мінеральних добрив, вапнякових матеріалів та гіпсу. Це одновісний причіп, який складається з рами, кузова, транспортера, приводного пристрою транспортера, відцентрових розсіювальних дисків, ходової системи.



**Рисунок 2.1 Машина для внесення добрив ІРМГ-4**

1 - кузов; 2 - транспортер-дозатор; 3 - гідроциліндр; 4 - провідний вал; 5 - механізм керування заслінкою; 6 - гідромотор; 7 - вітрозахисний пристрій; 8-відцентровий розкидач; 9 - ролик; 10- колесо; 11 - рама

Привод дисків, що розкидають, здійснюється від гідросистеми трактора мотор-насосом МНШ-46 і клиноремінною передачею.

Транспортер приводиться в рух від ходового колеса через притискний ролик і три шаблі ланцюгових передач, які дозволяють одержувати дві швидкості транспортера ( $V=1.3\text{ м/хв.}$  й  $V = 6.616 \text{ м/хв}$ ) шляхом перестановки ланцюга на першому шаблі (від ролика до контрприводу).

Таке конструктивне виконання привода транспортера дозволяє одержувати норми внесення добрив, що не залежать від швидкості руху розкидача.

Для установки необхідної норми внесення добрив на задньому борті розкидача є дозуючий пристрій шибєрного типу.

Принцип роботи розкидача полягає в наступному: через дозуючий пристрій і туконаправник добрива подаються транспортером на диски, які розсіюють їх віялоподібним потоком на поверхню ґрунту.

Для більш рівномірної подачі добрив на диски, що розкидають, перед туконаправником установлена пружинна гребінка, що розпушує масу.

При роботі на максимальних нормах внесення добрив рекомендується гребінку підняти нагору й зафіксувати пружинним шплінтом.

В умовах підвищеної вологості (дощ, роса, сніг) на приводний ролик, щоб уникнути його пробуксовування встановлюється ланцюг протиковзання. При цьому тиск у шині ролика необхідно знизити до  $0,25 \text{ мПа}$ .

У вітряну й непогожу погоду на кузов розкидача встановлюється тент і вітрозахисний пристрій.

Кузов розкидача металевий зварений, виконаний разом з рамою.

Рама складається із двох балок, зв'язаних поперечками. На рамі й кузові приварені кронштейни, а також є ряд отворів для кріплення робочих органів і допоміжних вузлів.

Ходова система розкидача являє собою уніфікований ресорний одноосьовий міст із колесами.

Для гальмування розкидача застосовані передні гальма автомобіля ГАЗ-52.

Транспортер розкидачі являє собою замкнутий нескінченний ланцюг, що складається з окремих ланок, які з'єднуються між собою кінцевими зачєпами (гачками).

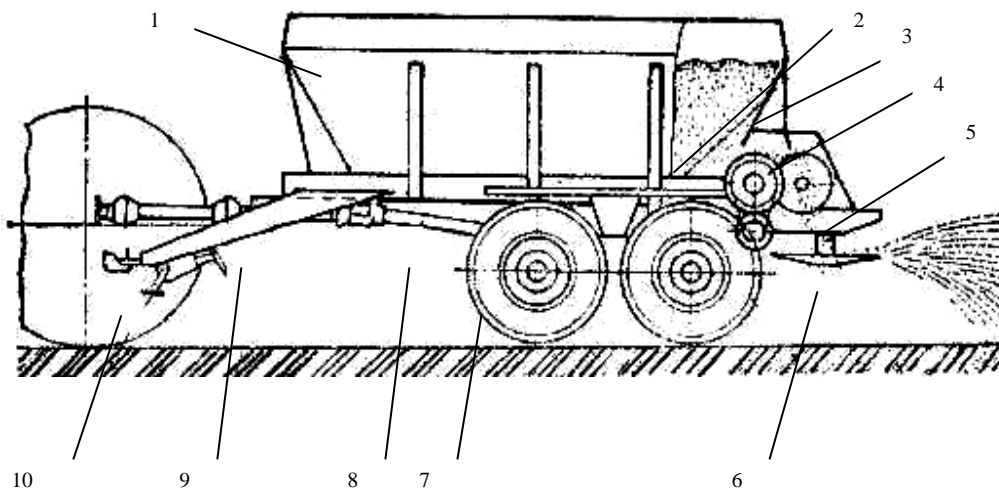
Інтенсивна витяжка транспортера і його прироблення відбувається в перші 30-50 годин роботи. Тому в цей період необхідно регулярно перевіряти його натяг.

Правий пристрій, що розкидає, приводиться в обертання двигун-насосом МНШ-46, що з'єднаний з гідросистемою трактора нагнітальним, зливальним і дренажним трубопроводами.

Лівий пристрій, що розкидає, приводиться в обертання від правого за допомогою перехресної клиноремінної передачі, шківів якої складаються із двох напівшківів: верхнього, приклепаного до диска, що розкидає, і нижнього, що має можливість переміщатися відносно, верхнього але похилих пазів (хід 12 мм).

**2.1.2. Машина для внесення добрив МВУ-8 (Рисунок 2.2)** призначена для поверхневого (суцільного) внесення мінеральних добрив, їх сумішей, вапна та гіпсу [5].

Являє собою напівпричіп, що складається з кузова 1, ходової системи 7, транспортера 2, привода робочих органів 4, дозувальної заслінки 3, напрямника 5, розсіювальних дисків 6, пневмогальмівної системи і електрообладнання.



**Рисунок 2.2** Машина для внесення добрив МВУ-8

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

Кузов машини є основою для кріплення робочих органів та допоміжних

складальних одиниць. Задній борт має вікно для виходу добрив і напрямні для встановлення дозувальної заслінки У передньому борту кузова передбачене вікно для контролю за розвантаженням кузова. Днище кузова перед туконапрямником виконане у вигляді лотка, що запобігає пульсаціям при подачі транспортером малих доз добрив.

Транспортер машини являє собою замкнутий ланцюг, що складається з окремих прутків 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 обчистці напрямних жолобків у днищі кузова. Транспортер виносить добрива з кузова до дозувальної заслінки і далі на розсіювальні диски.

Для розкидання туків призначені два горизонтальні диски з лопатями.

Процес роботи машини відбувається так. Під час руху по полю машини з завантаженими добривами і включеним ВВП трактора розсіювальні диски обертаються, а на них транспортером, що приводиться в дію від правого заднього ходового колеса машини, через дозувальну заслінку і туконапрямник подаються добрива.

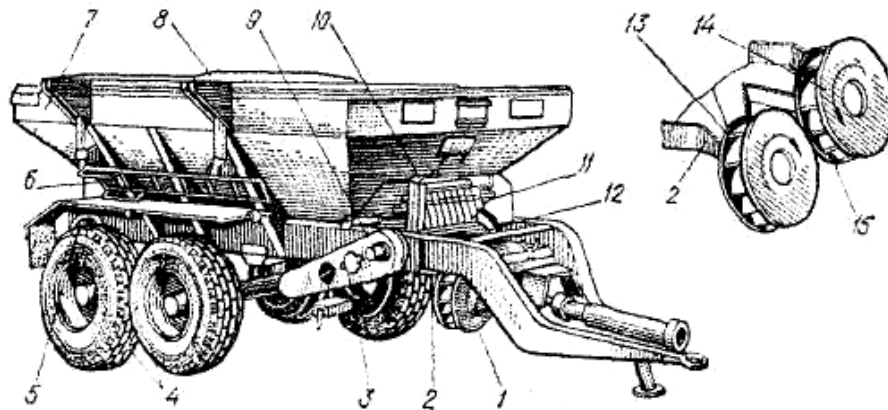
При невеликій дозі внесення добрив привод на транспортер подається від правого заднього колеса (секторний привод). При цьому доза внесення добрив не залежить від швидкості руху агрегату.

При великих дозах внесення добрив (1-10 кг/га) привод транспортера працює від ВВП трактора.

Агрегують машину з тракторами класу 1,4, обладнаними гідрогаком і приводом гальмівної системи. Обслуговує машину тракторист.

**2.1.3. Машина для внесення мінеральних добрив СТТ-10 (Рисунок 2.3)** призначена для внесення мінеральних добрив і їх сумішей з підвищеною рівномірністю розподілу туків по площі [6]. Показник нерівномірності не повинен перевищувати  $\pm 15\%$ . Застосовують машину СТТ-10 для підживлення зернових культур, вирощуваних за інтенсивною технологією, а також для транспортування добрив, зерна та інших сипких матеріалів з розвантаженням їх через вікно у задній стінці кузова.

Машина являє собою напівпричіп, що складається з кузова, транспортера 12, дозувальної заслінки 11, розподільного пристрою 1, встановленого на рамі спереду кузова, двох механізмів привода транспортера. Кузов зверху закривається відкидною сіткою 8, яка запобігає потраплянню в нього великих предметів при завантаженні добрив.



**Рисунок 2.3 Машина СТТ-10.**

1 - розподільний пристрій; 2 - туконапрямники; 3 - ланцюгова передача; 4 - колеса. 5 - задній вал; 6, 11 - заслінки; 7 - кузов; 8 - сітка; 9 - передній вал; 10 - механізм пересування заслінки; 12 - транспортер; 13, 14 - ротори; 15 – лопать

Розподільний пристрій має два ротори 13 і 14, які обертаються навколо горизонтальної осі, і два туконапрямники 2. У роторах є внутрішні та зовнішні лопаті 15. При внесенні добрив транспортер приводиться в дію від переднього колеса через карданний вал і двоступінчасту ланцюгову передачу 3.

Під час руху машини транспортер переміщує добрива вперед і через дозувальний отвір у передній стінці кузова подає їх на туконапрямники 2. З останніх добрива надходять на лопаті роторів, які обертаються в протилежних напрямках з частотою 810 хв.<sup>-1</sup>. За рахунок різного нахилу лопатей ротори розкидають добрива в чотири робочі зони і розподіляють їх по поверхні поля. Дозу внесення добрив у межах 100-2000 кг/га регулюють зміною положення заслінки 11 згідно з таблицею.

Залишок добрив та матеріалів вивантажують приведенням від ВВП в рух заднього вала 5 транспортера. Після вивантаження матеріалу через вікно в задній стінці закривають заслінку 6.

Агрегатують машину з тракторами МТЗ-80/82, МТЗ-100/102. Ширина захвату машини 10-15 м, робоча швидкість 10-15 км/год, продуктивність до 18 га/год. Обслуговує машину тракторист.

**2.1.4. Комбінована машина МКП-4** призначена для внутрішньогрунтового локально-стрічкового внесення основних доз мінеральних добрив з одночасним передпосівним обробітком ґрунту перед сівбою сої.

Машина має бункер місткістю 0,8 м<sup>3</sup>, катушкові висівні апарати, стрілчасті лапи з трубчастими стояками, вирівнювальний брус і ротаційну борінку.

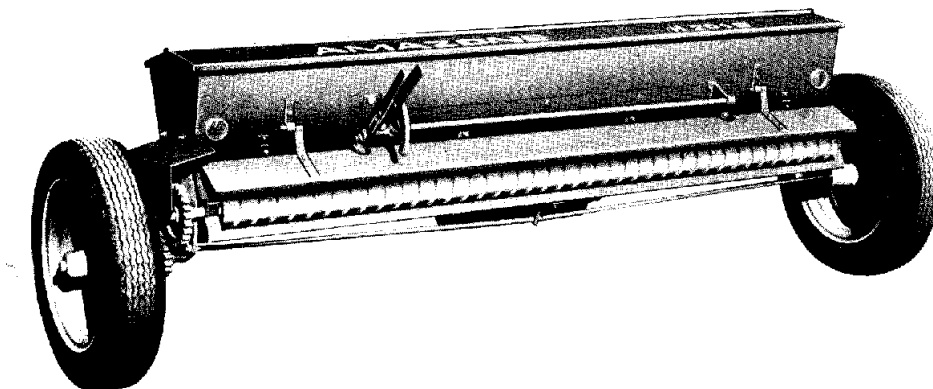
Катушки висівних апаратів обертаються від опорних коліс за допомогою ланцюгової і зубчастої передач. Під час робочого ходу катушки вигрібають з бункера добрива і подають їх у тукопроводи, по яких добрива надходять до трубчастих стояків стрілчастих лап і загортаються в ґрунт на глибину 10-15 см смугами шириною 6-8 см. Одночасно лапи розпушують ґрунт, поверхня поля вирівнюється брусом, а ротаційна борінка руйнує ґрунтові грудки і прикочує ґрунт.

Агрегатують машину з тракторами Т-150К і ДТ-75С, обслуговує її тракторист.

**2.1.5. Тукові сівалки типу РТТ** призначені для розкидання добрив і їх сумішей по поверхні поля при основному суцільному внесенні, підживленні зернових культур і луків. Їх агрегатують з тракторами тягового класу 0,9...1.4. Однією з переваг тукових сівалок є можливість забезпечення достатньо рівномірного розподілу добрив по поверхні ґрунту. До їх недоліків відносяться – висока металоємкість, складність конструкції, мала вантажопідйомність, більша трудомісткість робіт, що пов'язана з завантаженням сівалок добривами і т.п.

Тукова сівалка обладнана рамою (рисунок 2.4), двома опорно-приводними пневмоколесами, ящиком для добрив, тарілчастими туковисіваючими апаратами, щитом-відбивачем, механізмами розімкнення і механізмом приводу. Одна

половина тарілки кожного апарату знаходиться під отвором дна ящика, друга з лопатевими скидачами – позаду нього. Всередині ящика встановлений руйнівник у вигляді 2-х штанг з пальцями, паралельних дну в передній стінці. Всі механізми сівалки приводяться в рух від опорно-привідних коліс, в маточині яких встановлені муфти, які передають обертання осям коліс тільки при рухові машини вперед.



**Рисунок 2.4 – Тукова сівалка-розкидач**

Під час роботи розкидача добрива, які засипані в ящик, крізь напівкруглі отвори в дні ящика потрапляють на тарілки за рахунок особистої ваги і за допомогою руйнівника, який знаходиться в туковому ящику і здійснює зворотно-поступальний рух. Руйнівник руйнує склепіння, знищує пустоти, які утворюються в добривах під час роботи машини, забезпечує безперервну подачу туків на тарілки. Тарілки, обертаючись, виносять добрива із ящика крізь висівні щілини, що регулюються. Скидачі скидають їх на щити, звідки вони рівномірно розподіляються по поверхні ґрунту.

В процесі роботи виконують такі регулювання тукових сівалок-розкидачів:

Норму висіву добрив здійснюють перестановкою шестерень 4 на проміжних і контрпривідних валах і зміною висоти щілини між заслінками і дном тарілок шляхом переміщення регулювального важеля.

Рівномірність висіву апаратами регулюють встановленням заслінок при положенні важеля на нульовому діленні шкали. Якщо більшість заслінок не

торкається дна тарілок, ослабляють кріплення шкали і зсувають її вліво, якщо не торкаються окремі заслінки – накладки зсувають по овальним отворам тяги.

## **2.2. Робочі органи машин для суцільного внесення мінеральних добрив.**

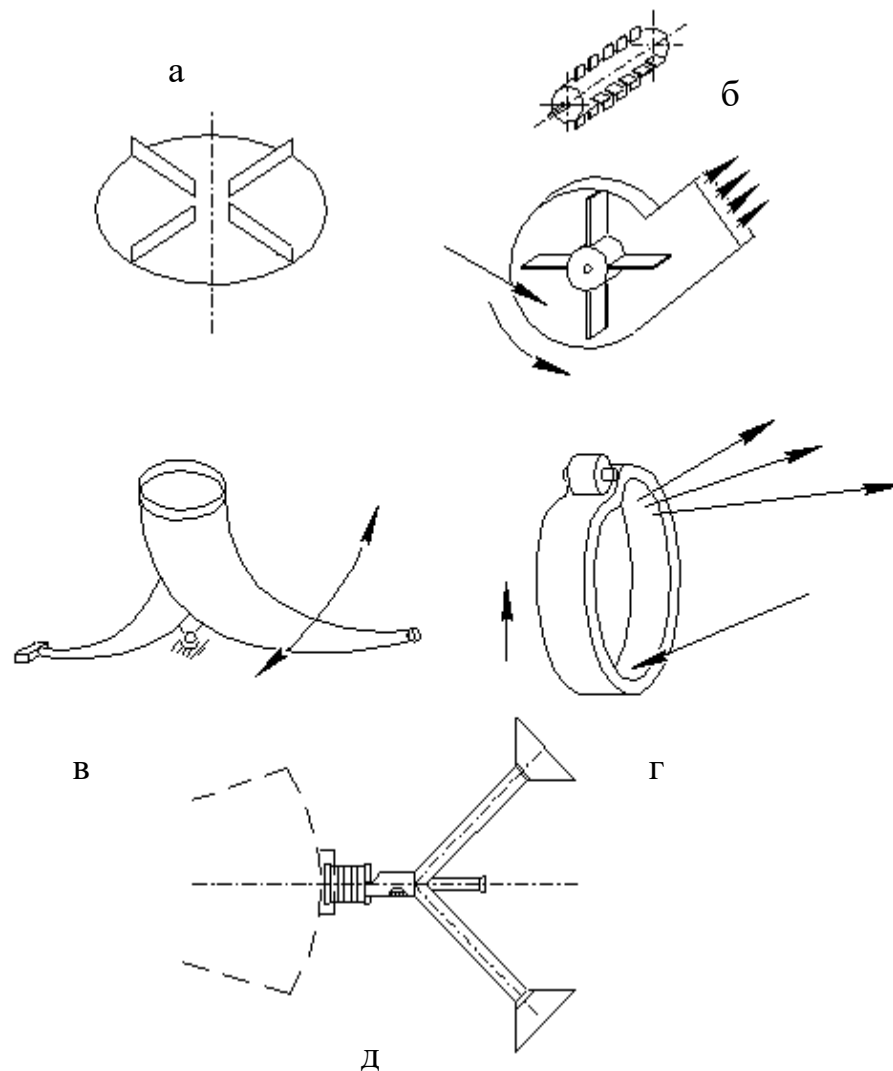
Розсіювальні або розкидуючі органи машин призначені для прийняття добрив з подавальних механізмів та розподілу їх по робочій ширині захвату машини з заданою рівномірністю.

Більшість робочих органів для суцільного розсіву добрив (рисунок 2.5) представляє собою механізм кидального типу [3]. Найбільш розповсюджені серед них – відцентровий диск з вертикальною віссю обігу, маятниковий металник, металник з гумовою стрічкою. Кожний з цих органів може мати різноманітну конструкцію. Так, наприклад, відцентровий диск з вертикальною віссю обігу може бути пласким та конусним, одно- та двохярусним, з різноманітною формою та числом лопаток, може значно перевищувати розмір диску та розсіювачів.

Найбільш простий та розповсюджений апарат кидального типу – відцентровий диск з вертикальною віссю обертання. Процес внесення добрив відцентровим дисковим робочим органом, що розкидає, являє собою складний багатофазний процес.

Питанням вивчення й удосконалювання відцентрових робочих органів для внесення добрив присвячені дослідження багатьох вчених: Василенко П. М., Догановського М. Г., Кегелес Є. С., Козловського Є. В., Круглякова М. Л., Кушилкіна Б. А., Назарова С. І., Черноволова В. О., Якімова Ю. І. та ін. Вирішено багато важливих питань теорії кидальних апаратів. Встановлено, що відцентровий диск з вертикальною віссю обертання має властивість природної нерівномірності розподілу добрив по ширині смуги внесення. Для більш рівномірного розподілу добрив по полю було запропоновано цілий ряд конструкцій відцентрових робочих органів, а також рекомендується розкидати їх компактними пульсуючими струменями зі змінними параметром траєкторії польоту. Найбільш зручно це можна здійснити шляхом регулювання кута розкидання і розподілу добрив по

ньому.



**Рисунок 2.5. Робочі органи для розсіву мінеральних добрив**

а – відцентровий диск з вертикальною віссю обертання; б – ротори з горизонтальною віссю обертання; в – маятниковий метальник; г – гумовий кільцевий метальник; д – трьохріжковий пристрій, що розпилює.

Існує багато типів відцентрових робочих органів з вертикальною віссю обертання. Розглянемо їх особливості, зупинившись на деяких ознаках.

#### **Кількість дисків на одній осі**

У залежності від кількості дисків, які обертаються навколо однієї осі, відцентрові робочі органи можуть бути одноярусними і багатоярусними. Одноярусний диск, як основа усіх відцентрових робочих органів, не забезпечує високої якості розподілу мінеральних добрив по поверхні поля. З метою

поліпшення якості розсіву добрив на одній осі встановлюють не один, а декілька дисків, кожний з яких спрямовує визначену кількість добрив у задану зону на поверхні поля. Багатоярусний варіант дає можливість використовувати на одній осі диски, які по конструкції відрізняються один від іншого.

Прикладами багатоярусних дискових робочих органів є такі:

1) двохярусний диск з трьома точками подачі добрив на нього (одна точка подачі добрив на нижній диск і дві – на верхній) [7];

2) двохярусний робочий орган з дисками різних діаметрів, на яких можуть бути закріплені лопаті різної довжини [8];

3) трьохярусний робочий орган з дисками різних діаметрів, причому диски з меншим діаметром можуть бути встановлені як знизу, так і зверху.

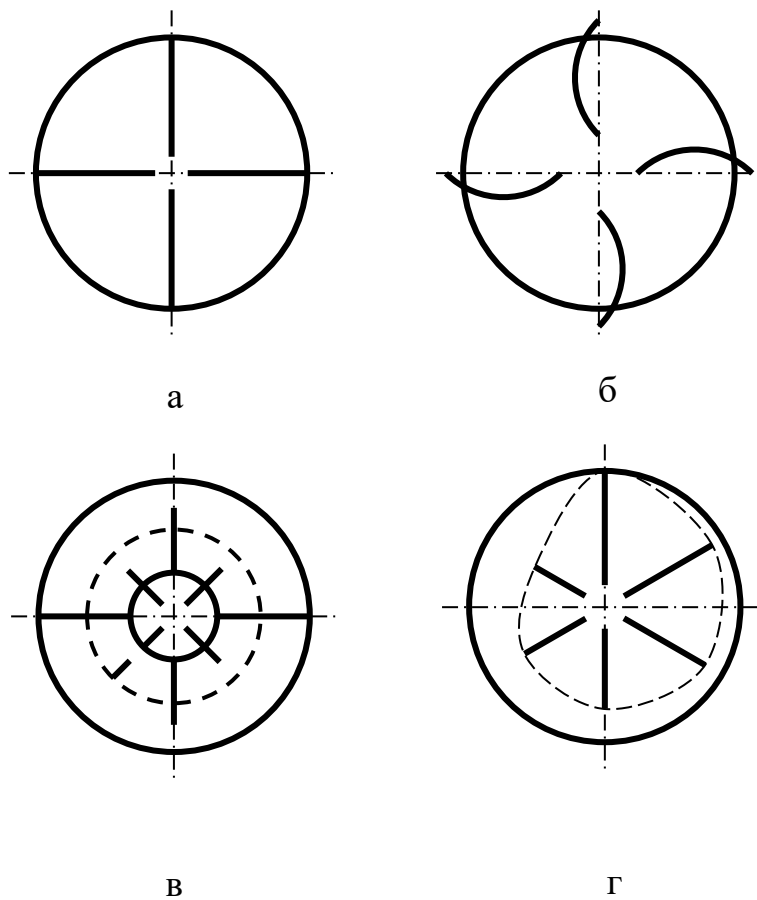
### **Кількість лопатей на диску**

Кількість лопатей на диску може бути різноманітною, але не менше двох, бо одна лопать на диску створює дисбаланс останнього. На практиці велике розповсюдження отримали відцентрові диски, на яких закріплено від 2 до 6 лопатей. Однак треба відмітити, що диск, на якому закріплена менша кількість лопатей, більш рівномірно розподіляє добрива по поверхні поля. Погіршення рівномірності розподілу при збільшенні кількості лопатей відбувається внаслідок збільшення подрібнення гранул.

### **Довжина лопатей**

Велике розповсюдження отримали відцентрові робочі органи з лопатями однакової довжини. Зазвичай їх довжина обмежується радіусом диска (рисунок 2.6,а). Однак можна зустріти відцентрові робочі органи, довжина лопатей яких не обмежується обрізом диска. Зовнішній кінець лопаті може виходити за обріз диска (рисунок 2.6,б) [9], або не доходити до нього. Крім того на одному диску можуть встановлюватися лопаті різної довжини (рисунок 2.6,в). Застосування робочих органів з лопатями різної довжини призводить до підвищення рівномірності розподілу по поверхні поля, бо добрива злітаючи з лопатей різної довжини, отримують різну швидкість сходу з відцентрового апарата і летять на різні відстані від диска. Окрім різної швидкості зльоту частки

отримують різний напрямок польоту, бо частки які попали на більш довгу лопать, покинуть диск пізніше, ніж ті частки, які попали на більш коротку. А за цей час диск повернеться на визначений кут і напрямок скидання часток добрив зміниться.



**Рисунок 2.6. Типи робочих органів по довжині лопатей:**

а – обмежені радіусом диска; б – вихідні за обріз диска; в – різної довжини; г – обмежені спіраллю.

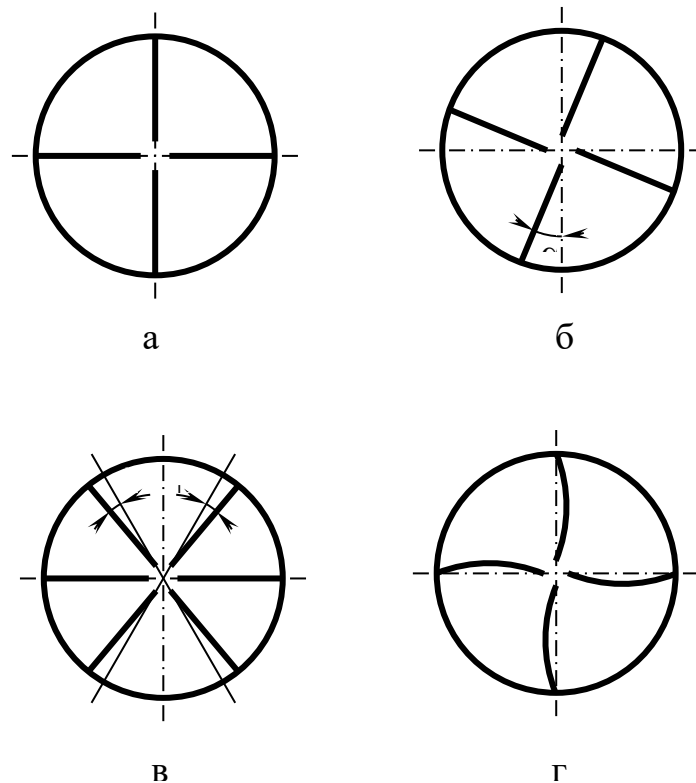
Різновидом диска з лопатями неоднакової довжини є робочий орган, зовнішні кінцівки лопатей якого розташовані по кривій, яка має форму спіралі (рисунок 2.6,г).

#### **Форма і розташування лопатей у горизонтальній площині**

У горизонтальній площині лопаті можуть бути прямолінійними і криволінійними. Прямі лопаті на диску можуть бути закріплені радіально, з відхиленням від радіального напрямку по ходу обертання диска або проти нього,

а також комбінації тих і інших (рисунок 2.7, а, б, в). Застосування диска з лопатями, встановленими під різними кутами відносно його радіуса, дозволяє збільшити рівномірність розподілу добрив по поверхні поля, бо ті частки добрив, які сходять з лопатей, встановлених під кутом відносно радіуса диска вперед по ходу обертання і навпаки, будуть мати різну швидкість зльоту з поверхні диска і величину сектора розсіву.

Крім того, ще можна зустріти відцентрові диски з криволінійними лопатями (рисунок 2.7, г) [10]. Застосування криволінійних лопатей забезпечує зменшення руйнування матеріалів, що висіваються при їх подачі на диск, який швидко обертається.



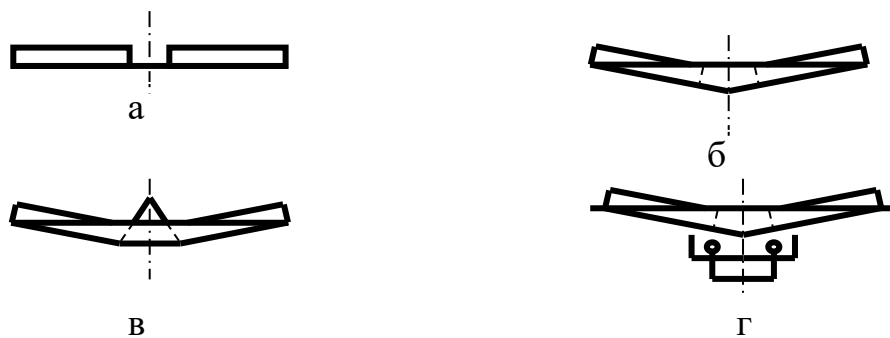
**Рисунок 2.7. Типи робочих органів за формою і розташуванням лопатей у горизонтальній площині:**

а – з радіальними лопатями; б – з лопатями, відхиленими в одну сторону; в – з лопатями, відхиленими в різні сторони; г – із криволінійними лопатями.

### **Форма поверхні диска**

Поряд із плоскими дисками (рис. 2.8, а) зустрічаються розкидуючі робочі

органи, виконані у формі конуса (рис. 2.8, б). Конусні диски можуть бути виконані в вигляді конуса, кут конусності якого може регулюватися (рис. 2.9, г) Конусні диски з вершиною вниз, можуть бути з додатковим конусом, що виконує функції розподільника струменя добрив, що поступають на диск (рис. 2.8, в) [11]. При роботі двохконусного робочого органу добрива, що поступають на розподільний конус, отримують додаткову швидкість, що призводить до підвищення швидкості сходу частинок добрива з поверхні робочого органу та збільшення ширини захвату агрегату.



**Рисунок 2.8. Типи робочих органів за формою поверхні:**

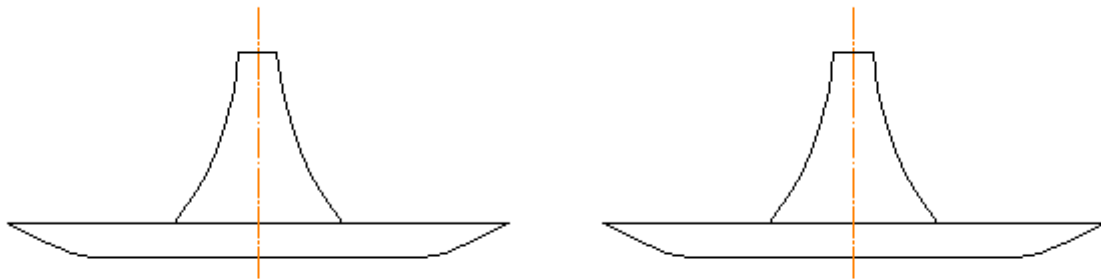
а – плоский; б – конусний; в – двохконусний; г – з регульованим кутом конусності.

### **2.3 Обґрунтування технологічної схеми модернізованого відцентрового робочого органу**

З аналізу засобів для внесення мінеральних добрив видно, що найбільш раціональним є використання кузовної машини з відцентровими робочими органами, які розкидають добрива по полю. Переваги цих машин полягають у тому, що при невеликій конструктивній ширині машини, вони мають достатньо велику робочу ширину захвата агрегату. А це значить, що ці машини мають велику продуктивність. Але, як показала практика, ці машини недостатньо якісно розподіляють добрива по поверхні поля, тобто, вони мають великий показник нерівномірності розподілу добрив по ширині захвату агрегату. З цією метою пропонується на машині МВУ-8, як найбільш розповсюдженій у даній час, удосконалити відцентровий робочий орган, який розкидає добрива по поверхні

поля.

Суть пропозиції полягає у тому, що робочий орган повинен мати лопаті, з яких добрива летять на різну відстань від диску. Для цього замість конусного диска, який встановлений на серійній машині, ставиться диск у формі псевдосфери з чотирма радіальними лопатями (рисунок 2.9). Кут сходу часток з диска дорівнює  $25^\circ$ , що забезпечує більш віддалене стикання часток добрива з ґрунтом. З конструкції диска бачимо, що частки можуть залишати диск навіть без досягнення максимального радіусу. До того ж, більш плавний перехід добрива по робочій поверхні диску (це забезпечує форма поверхні), оберігає диск від залипання добривами, що характерно для дисків найбільш близької форми – двохконусних. Таким чином, очікується більш рівномірний розподіл добрив по поверхні поля і збільшується робоча ширина захвата агрегату, тобто продуктивність агрегату за рахунок того, що збільшився кут сходу часток з диску відносно горизонту.



**Рисунок 2.9. Експериментальний відцентровий робочий орган у вигляді псевдосфери**

### **3. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІДЦЕНТРОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ**

Як відомо, фракційний склад гранул не є постійною величиною і одночасно з цим багато в чому визначає їх розподіл по поверхні ґрунту. Задачею наших досліджень є створення робочого органу, в якому вплив цього параметру був би зведений до мінімуму.

#### **3.1. Теорія руху частки вздовж лопаті відцентрового диску**

Робочий процес відцентрового диску характеризується двома фазами. До першої фази віднесемо ту частину процесу, у межах якої частинки знаходяться на робочій поверхні диску.

До другої частини віднесемо ту частину процесу роботи розкидувача, коли частки матеріалу, отримавши необхідну швидкість, покидають диски та здійснюють вільний політ до стикання з поверхнею ґрунту.

Характер руху матеріалу по диску залежить не тільки від обраного режиму роботи диску, а й від його форми та форми лопатей. Ми будемо обчислювати параметри диску псевдосферичної форми з лопатями С-образного перетину. Для порівняння проведемо ті ж розрахунки для стандартного диску машини МВУ-8 конусної форми з лопатями тої ж форми.

Роздивимось робочий процес наших дисків, лопаті яких розташовані радіально. У цьому випадку частинка матеріалу подається на диск у будь-яку точку з малою швидкістю та спочатку у відносному русі буде рухатися по поверхні диску по спіралевидній кривій, до зустрічі з лопаттю. Після цього можливі або рух частинки впродовж лопаті, як по напрямній, або по пружний удар. Конкретний характер руху залежить від розміру кутової швидкості диску та від фізико-механічних властивостей матеріалу.

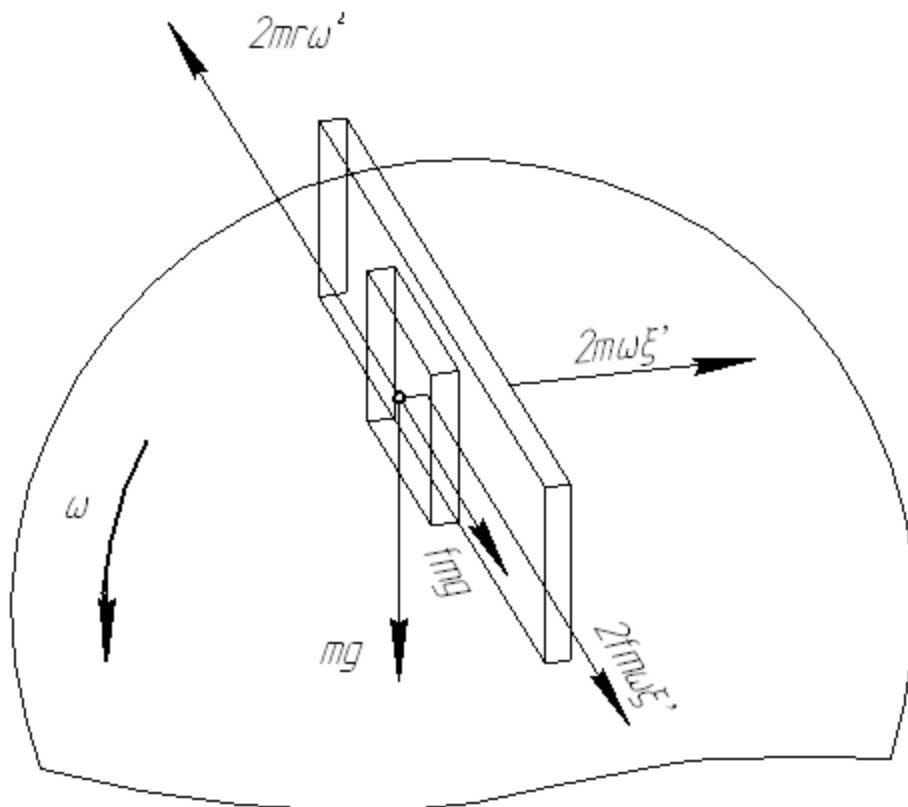
Слідуючи методиці П. М. Василенко, роздивимось умови відносного руху частинки по лопаті, що розташована радіально, тобто під кутом  $0^\circ$  до радіусу диску.

З схеми на рис. 3.1 бачимо, що на частинку, що рухається одночасно по поверхні диска та по лопаті, діють такі сили [12]:

1. Сила ваги  $mg$ . Проекції цієї сили у площині горизонтального диска та вертикального ребра лопаті рівні нулю та у рівняння не ввійдуть.
2. Відцентрова сила  $mr\omega^2$ , що діє по радіусу.
3. Сила тертя  $fmg$  частки о диск, що діє в площині диска паралельно лопаті.
4. Сила Коріоліса -  $2m\omega\xi'$  ( $\xi'$  - швидкість частки у відносному русі). Ця сила направлена перпендикулярно до вектору швидкості та діє у сторону, що протилежна до напрямку руху диска.
5. Сила тертя  $2f m \omega \xi$ , що обумовлена дією сили Коріоліса та направлена впродовж по лопаті.

Диференціальне рівняння руху частинки у напрямку лопаті буде мати вигляд

$$m\xi'' = mr\omega^2 - fmg - 2f m \omega \xi \quad (3.1)$$



**Рисунок 3.1. Схема сил, що діють на частку, що рухається по обертаючому диску з прямолінійними лопатями**

### 3.2 Розрахунок технологічних параметрів відцентрового робочого органу

Отже, візьмемо два диска: стандартний конусний з кутом сходу частинки  $7^\circ$  з робочої поверхні, та експериментальний псевдосферичний з кутом сходу  $25^\circ$  (по дотичній), та розрахуємо для них деякі основні параметри:

1. Швидкість сходу частинки (розсіву);
2. Дальність польоту;
3. Ширину захвату агрегату;
4. Продуктивність агрегату.

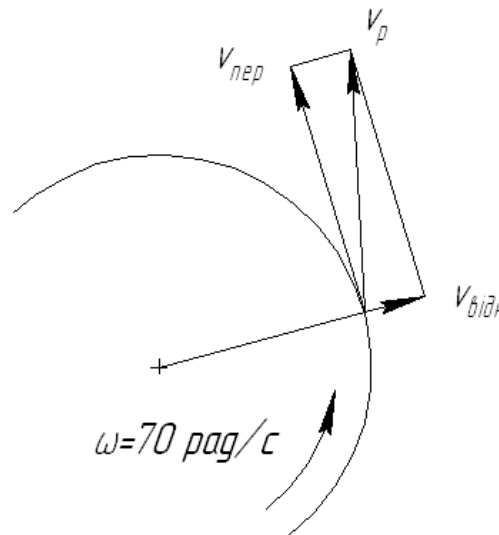


Рисунок 3.2. Схема для визначення абсолютної швидкості частки

Швидкість розсіву  $v_p$  (рис. 3.2), з якою частка залишає диск, представляє собою абсолютну швидкість на краю диску, тобто

$$v_p = v_a = \sqrt{v_{пер}^2 + v_{відн}^2}, \quad (3.2)$$

де  $v_p$  – швидкість розсіву частки;

$v_a$  – абсолютна швидкість частки;

$v_{пер}, v_{відн}$  – складові абсолютної швидкості (переносна, відносна)

Враховуючи, що відносна швидкість значно менша за переносну, то для

практичних розрахунків можна приймати швидкість розсіву, яка дорівнює окружній швидкості диску, тобто

$$v_p \approx v_{\text{пер}} = R\omega. \quad (3.3)$$

Час знаходження частки в польоті можна знайти, якщо ми знаємо висоту кромки диску над рівнем поля  $H$  [13]

$$H = \frac{gt^2}{2}; \quad (3.4)$$

звідки

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}, \quad (3.5)$$

де  $t$  – час польоту частки з висоти  $H$ .

Якщо вирішити диференціальне рівняння руху частки у повітряному просторі, то рівняння дальності польоту в кінцевому вигляді буде [12]:

$$x = \frac{\ln\left(k_n v_p \sqrt{\frac{2H}{g}} + 1\right)}{k_n}, \quad (3.6)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт парусності,  $\text{м}^{-1}$ ;

$v_p$  – швидкість розсіву,  $\text{м/с}$ .

Ця формула дійсна для плоского диску. Щоб визначити дальність польоту частки при роботі псевдосферичного диску, або конусного диску, представимо цей процес на рисунку 3.3. З рисунку 3.3 видно, що весь політ можна поділити на 2 частини: 1- період часу від залишення часткою диску і до досягнення нею максимальної висоти польоту ( $t_1$ ); 2 – час від досягнення часткою максимальної висоти і до стикання її з поверхнею поля ( $t_2$ ).

Тому вираз часу буде мати вигляд

$$t = t_1 + t_2 \quad (3.7)$$

де  $t$  – загальний час польоту частинки, с;

$t_1$  – час підйому частинки до максимальної висоти, с;

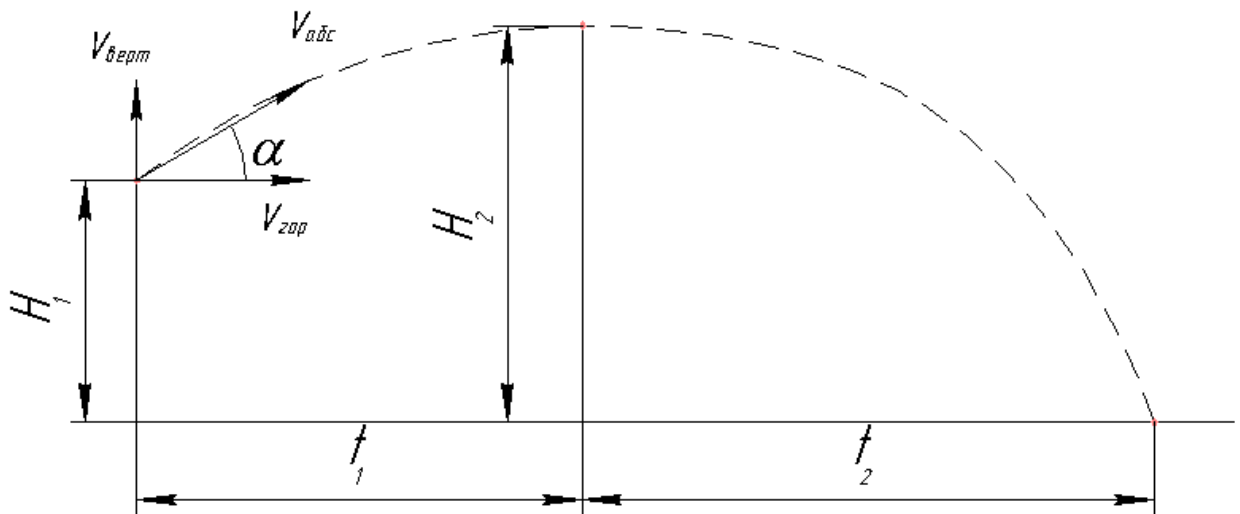
$t_2$  - час падіння частинки до стикання з ґрунтом, с

Згідно рис. 3.3, абсолютна швидкість  $v_{абс}$ , складається з двох складових:  $v_{верт}$  та  $v_{гор}$  – то б то, вертикальної та горизонтальної.  $v_{верт} = v_{абс} \cdot \sin\alpha$ ,

$$(3.8)$$

$$v_{гориз} = v_{абс} \cdot \cos\alpha \quad (3.9)$$

Для визначення часу польоту враховуємо вертикальну складову абсолютної швидкості сходу частки з диску.



**Рисунок 3.3. Схема польоту частки при роботі диску псевдосферичної форми**

Знайдемо  $t_1$ . Так як частинка рухається вгору, закон вільного падіння буде мати вигляд

$$v = v_0 - gt_1, \quad (3.10)$$

однак  $v_0 = v_{верт}$ , а  $t_1$  визначається при досягненні швидкості частки  $v = 0$ , отже

$$t_1 = \frac{v_{верт}}{g} \quad (3.11)$$

Зазначимо висоту кромки диску над полем як  $H_1$ , загальну (максимальну) висоту підйому як  $H_2$ , а висоту, на яку підіймається частка від поверхні диска як  $\Delta H$ .

Тому вираз визначення висоти підйому частки буде мати вигляд

$$H_2 = H_1 + \Delta H \quad (3.12)$$

де  $\Delta H$  - висота, на яку підіймається частинка від  $H_1$  до  $H_2$ , м;

Згідно закону вільного падіння

$$\Delta H = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} \quad (3.13)$$

де  $v_0 = v_{\text{верт}}$  – вертикальна складова швидкості, м/с;

Після досягнення максимальної висоти підйому  $H_2$  частка придбає  $v_{\text{верт}} = 0$ , та почне падати. Як було вище зазначено (3.4),

$$H = \frac{gt^2}{2},$$

тому

$$H_2 = \frac{gt_2^2}{2} \quad (3.14)$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2H_2}{g}}. \quad (3.15)$$

Підставивши вищезазначені вирази у формулу (3.6), отримаємо вираз у загальному вигляді:

$$x = \frac{\ln(k_n v_p t + 1)}{k_n}, \quad (3.16)$$

який буде відповідати властивостям наших дисків.

При визначенні дальності польоту часток, які сходять з серійного і експериментального робочого органів, приймаємо діаметр диску  $d = 0,65$  м, частоту обертання диску  $n = 675$  хв<sup>-1</sup>, кут конусності серійного диску  $\alpha = 7^\circ$ , кут сходу часток з експериментального диску  $\alpha = 25^\circ$ , коефіцієнт парусності часток  $k_n = 0,41$  м<sup>-1</sup>, висота кромки серійного диску над полем  $H_1 = 0,72$  м, експериментального  $H_1 = 0,46$  м.

Визначимо деякі параметри процесу роботи серійного диску (3.3).

$$v_p \approx v_{\text{пер}} = 0,325 \cdot 70 = 23 \text{ м/с}$$

де  $v_p$  – швидкість розсіву, м/с;

$v_{пер}$  – переносна швидкість, м/с;

$R$  – радіус диску, м;

$\omega$  - кутова швидкість диску  $c^{-1}$ .

Визначимо час знаходження частинки у польоті. Для цього скористаємося формулою (3.8) та (3.11):

$$v_{верт} = 23 \cdot \sin 7^\circ = 23 \cdot 0,121 = 2,8 \text{ м/с}$$

$$t_1 = \frac{v_{верт}}{g} = \frac{2,8}{9,8} = 0,29 \text{ с.}$$

Знайдемо висоту підйому частки від поверхні диску  $\Delta H$  і загальну висоту підйому частки над поверхнею поля  $H_2$  за формулами (3.13), (3.12)

$$\Delta H = 2,8 \cdot 0,29 - \frac{9,8 \cdot 0,29^2}{2} = 0,40 \text{ м;}$$

$$H_2 = H_1 + \Delta H = 0,72 + 0,40 = 1,12 \text{ м}$$

Визначаємо час падіння частки з максимальної висоти (3.15):

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,12}{9,8}} = 0,48 \text{ с}$$

Отже, загальний час (3.7):

$$t = 0,29 + 0,48 = 0,77 \text{ с}$$

Визначимо максимальну дальність польоту часток (3.16):

$$x = \frac{\ln(k_n v_p t + 1)}{k_n};$$

У цій формулі швидкість розсіву  $v_p$  приймає значення  $v_{гориз}$ . Визначаємо  $v_{гориз}$  (3.9):

$$v_{гориз} = v_p = v_{абс} \cdot \cos \alpha$$

$$v_{гориз} = v_{абс} \cdot \cos \alpha = 23 \cdot 0,99 = 22,8 \text{ м/с}$$

$$x = \frac{\ln(0,41 \cdot 23 \cdot 0,77 + 1)}{0,41} = 5,12 \text{ м}$$

Визначимо ті ж самі параметри процесу роботи експериментального диску псевдосферичної форми.

$$v_p \approx v_{nep} = 0,325 \cdot 70 = 23 \text{ м/с}$$

Визначимо час знаходження частинки у польоті.

$$v_{верт} = 23 \cdot \sin 25^\circ = 23 \cdot 0,426 = 9,7 \text{ м/с}$$

$$t_1 = \frac{v_{верт}}{g} = \frac{9,7}{9,8} = 0,99 \text{ с.}$$

Знайдемо  $H_2$  за допомогою  $\Delta H$

$$\Delta H = 9,7 \cdot 0,99 - \frac{9,7 \cdot 0,99^2}{2} = 4,82 \text{ м;}$$

$$H_2 = H_1 + \Delta H = 0,46 + 4,82 = 5,28 \text{ м}$$

Визначаємо час падіння частки:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 5,28}{9,8}} = 1,04 \text{ с}$$

Отже, загальний час

$$t = 0,99 + 1,04 = 2,03 \text{ с}$$

Визначимо максимальну дальність польоту часток:

$$v_{гориз} = v_{абс} \cdot \cos \alpha = 23 \cdot 0,423 = 20,8 \text{ м/с}$$

$$x = \frac{\ln(0,41 \cdot 23 \cdot 2,03 + 1)}{0,41} = 7,09 \text{ м}$$

Визначимо ширину захвату агрегату:

-з серійними дисками

$$B = 2 \cdot x + b - \Delta x \tag{3.17}$$

де  $B$  – ширина захвату агрегату, м;

$b$  – відстань між вісями дисків, м,  $b = 0,75$  м;

$\Delta x$  – ширина перекриття суміжних проходів агрегату, м,  $\Delta x = 1,5$  м.

$$B = 2 \cdot 5,12 + 0,75 - 1,5 = 9,48 \text{ м;}$$

-з експериментальними дисками

$$B = 2 \cdot 7,09 + 0,75 - 1,5 = 13,43 \text{ м.}$$

Визначаємо продуктивність агрегату. Продуктивність можна визначити за формулою [14]

$$W = 0,1 \cdot B \cdot v_{роб} \cdot \tau \quad (3.18)$$

де  $W$  – продуктивність агрегату, га/год;

$v_{роб}$  – робоча швидкість агрегату, м/с;

$\tau$  - коефіцієнт використання робочого часу.

Для агрегату з серійними дисками

$$W_c = 0,1 \cdot 9,48 \cdot 12 \cdot 0,65 = 7,4 \text{ га/год}$$

Для агрегату з експериментальними дисками

$$W_e = 0,1 \cdot 13,43 \cdot 12 \cdot 0,65 = 10,5 \text{ га/год}$$

Визначимо збільшення продуктивності агрегату з експериментальними дисками у порівнянні з серійним агрегатом.

$$\Delta W = \frac{W_e - W_c}{W_c} \cdot 100, \% \quad (3.19)$$

де  $\Delta W$  – збільшення продуктивності, %.

$$\Delta W = \frac{10,5 - 7,4}{7,4} \cdot 100 = 42\%$$

Бачимо, що продуктивність агрегату з експериментальним робочим органом у вигляді псевдосфери перевищує продуктивність агрегату з серійним робочим органом на 42%.

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1 Аналіз стану охорони праці**

Для сучасного сільськогосподарського виробництва є вплив на організм людини різних технічних, хімічних, біологічних і інших факторів. До цього приводить застосування машин і механізмів, енергетики, матеріалів і речовин (пестицидів, мінеральних добрив, лаків, фарб і ін.), значні рівні вібрації, шуму, електромеханічних, інфрачервоних, ультрафіолетових, іонізуючих випромінювань, а також забруднення повітря робочої зони.

Конституційне право громадян нашої країни на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності відображено в Законі України "Про охорону праці" прийнятого Верховною Радою України 14 жовтня 2002 року. Цей закон відбиває державну політику в області охорони праці і базується на наступних основних принципах:

- пріоритет життя і здоров'я працівників перед результатами виробничої діяльності, повна відповідальність власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- комплексне рішення завдань охорони праці з урахуванням напрямків економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки а також охорони навколишнього середовища;
- соціальний захист працівників, повна компенсація збитків особам, що потерпіли від нещасливих випадків на виробництві і професійних захворюваннях;
- установлення єдиних нормативів по охороні праці для усіх видів підприємств незалежно від форми власності і видів їхньої діяльності;
- використання економічних методів охорони праці;
- проведення навчання населення, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників в галузі охорони праці;
- міжнародне співробітництво в галузі охорони праці, використання світового досвіду в організації роботи з поліпшення умов і безпеки праці.

Використання цих принципів на практиці вимагає знання багатьох галузей науки і техніки, однак, тільки такий усебічний підхід до питань охорони праці,

може забезпечити необхідний захист здоров'я і життя працівників.

#### **4.2 Загальні вимоги безпеки при використанні мінеральних добрив**

Розміщення виробничих приміщень необхідно погоджувати з органами санітарно-епідеміологічної служби; експертиза проектів щодо пожежної безпеки здійснюється органами державного пожежного нагляду.

У виробничих приміщеннях повинні бути передбачені природні, примусові або змішані системи вентиляції згідно з ГОСТ 12.4.021.

Приміщення для зберігання мінеральних добрив повинні бути обладнані механізмами для вантажно-розвантажувальних і транспортних робіт, а також засобами пожежегасіння.

Біля складів та інших місць, де проводяться роботи з мінеральними добривами, необхідно передбачати місця для відпочинку працівників.

Транспортування пестицидів та агрохімікатів повинно здійснюватися відповідно до підрозділу 4.5 ДНАОП 0.03-1.12-98 і ГОСТ 19433.

Не допускається перевозити одночасно з агрохімікатами людей, харчові продукти, питну воду, предмети домашнього вжитку.

Виробничі приміщення й майданчики для зберігання аміаку і рідких комплексних добрив повинні бути забезпечені чистою водою й аптечками першої допомоги, аварійним запасом фільтруючих протигазів для усіх працівників, блискавкозахистом і відповідати вимогам СНиП 2.09.02-85.

Рідкі мінеральні добрива потрібно зберігати у спеціальних ємкостях (сталі зварні резервуари, зовнішня поверхня яких пофарбована у світлий колір).

Під час зберігання аміачної і натрієвої селітри необхідно дотримуватися протипожежних вимог ДНАОП 0.01-1.01-95, Не дозволяється сумісне зберігання їх з іншими добривами.

Не дозволяється приймати на склади, зберігати й відпускати зі складу мінеральні добрива в тарі або агрегатному стані, які не відповідають вимогам державних стандартів і технічним умовам.

Не дозволяється використовувати для зберігання продуктів, фуражу, води

тощо тару з-під мінеральних добрив навіть після знешкодження.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимої концентрації, встановленої ГОСТ 12.1.005, санітарно-гігієнічних норм "Допустимі рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водойм, ґрунті" та доповнень до них.

Добові запаси мінеральних добрив допускається зберігати на тимчасових майданчиках за умови додержання вимог охорони навколишнього середовища й збереження ними фізико-хімічних властивостей.

Роботи під час підготовки мінеральних добрив до внесення у ґрунт необхідно проводити за допомогою механізмів, оснащених пристосуванням для зниження пилоутворення.

#### **4.3 Виявлення і ідентифікація потенційних небезпек операції**

Мета даного підрозділу полягає у виявленні, ідентифікації і ранжируванні по ступені небезпеки потенційних небезпечних і шкідливих факторів при внесенні мінеральних добрив [15]. Підсумком є загальна оцінка рівнів небезпеки дій людини й операції в цілому, що є об'єктивною основою для розробки методів і засобів захисту здоров'я і життя виконавця від небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Об'єктами дослідження є процеси, що відбуваються при виконанні робіт по підготовці і здійсненню технологічної операції підготовки, зокрема дії механізатора по огляду регулюванню агрегату і його водінню.

Метод дослідження - моделювання умов виконання різних стадій операції, прогнозування негативних результатів взаємодій небезпечних для здоров'я виконавця.

Підсумком аналізу небезпечних факторів є таблиця 4.1, де зазначені основні небезпеки і їхні ранги.

**Таблиця 4.1 - Основні фактори небезпеки при роботі на агрегаті МВУ-8.**

| Назва фактора небезпеки                                 | Властивості і допустимі значення факторів | Реакція організму на фактор небезпеки | Передбачає мий вид збитку |                    |   | Ранг небезпеки факторів |    |   |   |
|---|---|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|---|-------------------------|----|---|---|
|   |   |                                       | Л                         | Група інвалідності |   | Видужання               | 00 | I | У |
|   |   |                                       |                           | 1                  | 2 |                         |    | 3 | Д |
| Підвищена температура повітря                           | 17-23°C                                   | тепловий удар                         |                           |                    |   |                         | +  |   |   |
| Підвищена температура устаткування                      | +40°C                                     | опік                                  |                           |                    |   |                         |    | + |   |
| Токсичність парів палива                                | 0,25 мг/м                                 | отруєння                              |                           |                    |   | +                       | +  |   |   |
| Недостатня освітленість                                 | 300 лк                                    | втрата гостроти зору                  | +                         | +                  | + | +                       |    | + |   |
| Підвищений рівень шуму                                  | 85Дб                                      | захворювання                          |                           |                    |   | +                       |    | + |   |
| Підвищений рівень вібрації                              | 25 Дб                                     | захворювання                          |                           |                    |   | +                       |    | + |   |
| Несправності ходової частини, двигуна, систем керування | -   | аварія                                |                           | +                  | + | +                       | +  |   |   |
| Несправності систем агрегату                            | -   | аварія, опіки                         |                           |                    |   | +                       |    | + |   |
| Ланцюгові передачі й інші механізми агрегату            | -   | травма                                |                           |                    | + | +                       | +  |   |   |

Для повного аналізу шкідливих і небезпечних факторів, що виникають при внесенні мінеральних добрив, складаємо перелік основних факторів, що впливають на роботу тракториста, визначаємо ступінь небезпеки кожного фактора і заносимо в таблицю 4.2.

**Таблиця 4.2 - Ранжирування небезпечних факторів**

| № п/п фактора  | Можливий небезпечний фактор                               | ПДК, ПДУ | Фактичне | Небезпечна дія            | Рівень значимості |
|----------------|---|----------|----------|---------------------------|-------------------|
| X <sub>1</sub> | Обертіві, незахищені кожухом частини                      |          |          | Захват, удар              | 1                 |
| X <sub>2</sub> | Підвищений вміст пилу ГОСТ 12.1.005-88, мг/м <sup>3</sup> | 10       | 60       | Погіршення зору і дихання | 0,86              |
| X <sub>3</sub> | Підвищений шум ГОСТ 12.1.003.-83, Дб                      | 85       | 88       | Впливає на органи слуху   | 0,75              |
| X <sub>4</sub> | Монотонність праці  | -        | -        | Збільшує стомлюваність    | 0,70              |
| X <sub>5</sub> | Нагріті поверхні  | -        | -        | Опіки                     | 0,64              |
| X <sub>6</sub> | Гострі крайки СН 245-71                                   | -        | -        | Порізи                    | 0,51              |
| X <sub>7</sub> | Температура вище норми ГОСТ 12.1.005-88, °С               | 30       | 50       | Збільшення стомлюваності  | 0,44              |
| X <sub>8</sub> | Вібрація вище норми ГОСТ 12.1.012-82                      | 94       | 98       | Вібраційна хвороба        | 0,37              |
| X <sub>9</sub> | Штучне освітлення нижче норми СНІП II-4-79, Лк            | 150      | 110      | Небезпечно для руху       | 0,30              |

В таблиці 4.2 представлені дев'ять найбільш значимих шкідливих факторів, що впливають на тракториста.

#### **4.4 Вимоги безпеки при виконанні операції**

Асортимент, засоби, сфера застосування пестицидів, норми, кратність оброблень повинні відповідати "Переліку пестицидів й агрохімікатів, дозволених

до використання в Україні", Доповненням до Переліку та додаткам до нього, інструкціям з безпечного застосування пестицидів, що розроблені установами Міністерства охорони здоров'я, погоджені з Міністерством екобезпеки та іншими зацікавленими організаціями.

Під час роботи на спеціальних машинах банки, ящики та інші ємкості для туків повинні бути щільно закриті на заціпку.

Не допускається висипання чи підтікання пестицидів в й агрохімікатів у місцях з'єднання фланців, штуцерів, ніпелів, люків.

Під час приготування сумішей і заправки машин мінеральними добривами й пестицидами у полі потрібно:

- пункти для заправки розміщувати з навітряного боку по відношенню до поля, що обробляється;
- заправні пункти укомплектовувати пересувними піддонами , для змішування сухих мінеральних добрив;
- посівні агрегати повинні під'їжджати до заправних пунктів із навітряного боку;
- залежно від виду пестицидів та мінеральних добрив забезпечувати працівників, що обслуговують пункти заправки, засобами індивідуального захисту відповідно до пп. 9.12-9.13 розділу "Забезпечення працівників засобами колективного та індивідуального захисту" частини I Правил.

Завантаження мінеральних добрив у транспортні засоби, машини і літаки повинно проводитись відповідно до вимог ДНАОП 0.03-1.08-73.

Строки проведення робіт на полях після оброблення встановлюють з урахуванням виду пестициду, норми витрати і гранично допустимої концентрації їх у повітрі робочої зони згідно з Переліком пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні, та доповненнями до нього.

Поновлення робіт для інших пестицидів, які рекомендовані для дослідно-виробничого застосування, необхідно здійснювати не раніше ніж через 48 год.

#### **4.5 Технологія контролю по карті**

Відповідно до вимог Карт техніка, що представляється на контроль, повинна бути комплектною, агрегатуватися з і знаходитись в працездатному стані.

Робоче місце повинне бути оснащено й обладнано відповідно до обліку виявлених відхилень по показниках безпеки.

При складанні карти робоче місце умовне підрозділяють на вісім технічних систем [16]:

1 - технологічна; 2 - механічних зв'язків; 3 - ходова; 4 - кермова; 5 - гальмова; 6 - енергетична; 7 - операторського освітлення; 8 - захисту. Кожна з них у свою чергу може бути розбита на підсистеми. На практиці при проведенні контролю елементи цих систем поєднують по місцеві їхнього розташування в групи, що полегшує проведення контролю і дозволяє проводити його швидше. Для даного випадку в процесі контролю агрегату по параметрах безпеки досить виділення 8 таких локалізованих груп. На листі 01СМД.093 410. 000 (Карта контролю машини для внесення добрив по показникам безпеки) приведено назви контрольованих елементів, основні несправності і можливі їх наслідки.

При контролі техніки по показниках безпеки перевіряють стан, монтаж, працездатність і ефективність усіх технічних систем.

Інвентаризація машин являє собою перевірку комплектності всіх систем відповідно до Карт чи посібником з експлуатації. У ході інвентаризації встановлюють правильність застосування вузлів і деталей усіх технічних систем (особливо гальмової системи і ходової частини), їхній стан (відсутність тріщин, погнутостей, ум'ятин, іржі і т.п.) і правильність монтажу. Фаза інвентаризації здійснюється на першій посаді контролю на стоянці, лінійці готовності, у боксі, на ямі чи естакаді.

#### **4.6 Збереження екологічності виробництва**

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва має великий вплив на природу, зокрема на повітря, ґрунт, ґрунтові води тощо, починаючи з передсадивного обробітку ґрунту і закінчуючи щорічним збиранням урожаю.

Внесення великих доз мінеральних і малих доз органічних добрив, зрошення, застосування гербіцидів для знищення бур'янів і пестицидів проти фіто- і ентомофауни спричинили ряд негативних наслідків у навколишньому середовищі. Вони проявляються, перш за все, в інтенсивній деградації ґрунтів погіршенні водно-фізичних властивостей, дегуміфікації, накопиченні нітратів, важких металів, гербіцидів, пестицидів та їх похідних.

Боротьба із забрудненням ґрунтів, як дуже важлива проблема сьогодення, вирішується в Україні двома шляхами. Перший з них - попереджувальні (профілактичні) заходи, які не допускають надходження токсикантів у ґрунт, другий - очищення ґрунту від тих токсичних речовин, які вже потрапили до нього.

Реальні можливості вирішення проблеми охорони ґрунтів полягають у комплексному підході до охорони навколишнього середовища в цілому. Такий підхід передбачає, насамперед, реконструкцію старих підприємств, перехід на маловідходні або безвідходні технології, створення систем очисних споруд і скидання вод та продуктів згорання, суворе дотримування норм використання пестицидів, добрив, меліорантів, повсюдний еколого-токсикологічний контроль тощо. Слід не забувати, що заходи, спрямовані на обмеження забрудненості ґрунтів, сприяють зменшенню забрудненості всієї біосфери. Інтенсифікація садівництва збільшує можливості забруднення ґрунтів залишками добрив, отрутохімікатів, гербіцидів та іншими токсикантами. Наявність токсичних речовин у ґрунті супроводжується їх накопиченням у продукції рослинництва, поверхневих і підґрунтових водах. Тому необхідний суворий контроль за правильним використанням добрив, пестицидів, хімічних меліорантів.

Слід дотримуватись принципу збалансованого живлення між макро- і мікроелементами. В умовах підвищеної небезпеки накопичення нітратів у продукції рослинництва слід збільшити дози фосфору та калію і вносити мікроелементи - молібден, мідь, манган, які активізують ферменти, що беруть участь у відновленні нітратів до аміаку. Необхідно ширше застосовувати внесення азотних добрив частинами, у відповідності до потреб сільськогосподарських культур по основних етапах органогенезу, використовуючи дані ґрунтово-

рослинної діагностики. Забороняється застосування азотних мінеральних добрив на дуже кислих ґрунтах ( $pH_{KcL} < 4.0$ ), а також на ґрунтах з підвищеним вмістом мінерального азоту.

Дуже важливим є поєднання внесення органічних і мінеральних добрив. Використання 20-30 т/га гною забезпечує рослини азотом, не спричиняє появи надлишків нітратів у ґрунті та рослинах. Внесення у ґрунт соломи також запобігає надмірному накопиченню нітратів. Через те що співвідношення C : N у соломі становить 60-80, у ґрунті відбувається посилене зв'язування рухомих сполук азоту у мікробній плазмі, що призводить до зменшення концентрації і витрат нітратів. Враховуючи активне вбирання нітратів рослинами, слід ширше застосовувати дерново-перегнійну систему утримання ґрунту, посів сидератів.

Заслужують на увагу шляхи вдосконалення форм і розширення асортименту мінеральних добрив, насамперед виробництва безбаластних, високоефективних концентрованих, простих і складних добрив, таких як поліфосфат калію, амонію, кальцію та ін., із вмістом поживних речовин 70-98%.

З обережністю слід ставитись до хімічних меліорантів, що являють собою побічні продукти промислових підприємств. Відходи металургійних і цементних заводів, а також підприємств шкіряної та хімічної промисловості, які застосовуються для вапнування ґрунтів, містять велику кількість баластних речовин, у тому числі токсичних. Фосфогіпс, як відхід хімічної промисловості, містить велику кількість фтору і ряд інших токсичних елементів, тому його застосування для меліорації солонців повинно бути строго контрольованим. Використовувати відходи промислових підприємств для хімічної меліорації можна лише після їх всебічного аналізу, звернувши увагу на вміст у них важких металів, радіонуклідів. При застосуванні цих відходів потрібно проводити польові випробування з аналізом якості продукції. Основними запобіжними заходами проти забруднення навколишнього середовища мінеральними добривами є усунення втрат їх при транспортуванні, зберіганні, завантаженні висівних знарядь, але основне це вдосконалення системи удобрення (види, форми добрив, дози, строки та періодичність застосування) ґрунту та технології внесення добрив.

## 5. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЯГОВО-ПРИВІДНОГО АГРЕГАТУ

Аналізуючи показники використання тягово-привідного агрегату у складі трактора Т-150К та машини для внесення мінеральних добрив МВУ-8 можна пересвідчитися, що найважливішими з них є робоча ширина захвата і, як наслідок цього, годинна продуктивність агрегату. При зміні цих показників виникає потреба проаналізувати економічну ефективність використання агрегату. В порівнянні наводяться показники базової моделі та моделі з робочими органами, які проектуються [17].

**Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності використання тягово-привідного агрегату**

| Найменування показників  | Ум. позн.             | Тягово-привідний агрегат |        |        |
|--|-----------------------|--------------------------|--------|--------|
|  |                       | ХТЗ-150К                 | МВУ-8  | МВУ-8М |
| 1  | 2                     | 3                        | 4      | 5      |
| Балансова вартість, грн  | <i>B</i>              | 150000                   | 250000 | 250000 |
| Годинна продуктивність, га/год   | <i>W</i>              | 7,4 / 10,5               | 7,4    | 10,5   |
| Річне нормативне завантаження, год                                     | <i>T</i>              | 1350                     | 450    |        |
| Годинна тарифна ставка для механізатора, грн./год.                     | <i>Y</i>              | 18,4                     |        |        |
| Кількість обслуговуючого персоналу на агрегаті, люд.                   | <i>m</i>              | 1                        | 0      |        |
| Відсоток відрахувань від балансової вартості на реновацію, %.          | <i>a<sub>p</sub></i>  | 12,5                     | 20,0   |        |
| Відсоток відрахувань від балансової вартості на капітальний ремонт, %. | <i>a<sub>кр</sub></i> | 7                        | –      |        |

Продовження таблиці 5.1

| 1  | 2           | 3           | 4 | 5  |
|--|-------------|-------------|---|----|
| Відсоток відрахувань від балансової вартості на поточний ремонт, ТО й зберігання, %. | $a_{mo зб}$ | 22          |   | 18 |
| Питома витрата палива, кг/га   | $g_w$       | 2,95 / 2,08 |   | –  |
| Комплексна ціна ПММ, грн./кг   | $C_{ПММ}$   | 43,60       |   | –  |

Витрати праці

$$B_n = \frac{m}{W}; \quad (5.1)$$

Серійний варіант:

$$B_{n1} = \frac{1}{7,4} = 0,135 \text{ люд}\cdot\text{год/га};$$

Експериментальний варіант:

$$B_{n2} = \frac{1}{10,5} = 0,095 \text{ люд}\cdot\text{год/га}.$$

Витрати на заробітну платню

$$З = \frac{Y \cdot m}{W}; \quad (5.2)$$

Серійний варіант:

$$З_1 = \frac{18,4 \cdot 1}{7,4} = 2,48 \text{ грн/га};$$

Експериментальний варіант:

$$З_2 = \frac{18,4 \cdot 1}{10,5} = 1,75 \text{ грн/га}.$$

Відрахування на реновацію

$$P = \frac{B \cdot a_p}{100 \cdot W \cdot T}; \quad (5.3)$$

Серійний варіант:

для трактора

$$P_{1T} = \frac{150000 \cdot 12,5}{100 \cdot 7,4 \cdot 1350} = 1,852 \text{ грн/га};$$

для розкидача

$$P_{1P} = \frac{250000 \cdot 20}{100 \cdot 7,4 \cdot 450} = 15 \text{ грн/га};$$

по МТА

$$P_1 = 1,852 + 15 = 16,843 \text{ грн/га.}$$

Експериментальний варіант:

для трактора

$$P_{2T} = \frac{150000 \cdot 12,5}{100 \cdot 10,5 \cdot 1350} = 1,305 \text{ грн/га};$$

для розкидача

$$P_{2P} = \frac{250000 \cdot 20}{100 \cdot 10,5 \cdot 450} = 10,58 \text{ грн/га};$$

по МТА

$$P_2 = 1,305 + 10,58 = 11,88 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на капітальний ремонт трактора

$$K = \frac{B \cdot a_{кр}}{100 \cdot W \cdot T}; \quad (5.4)$$

Серійний варіант:

$$K_1 = \frac{150000 \cdot 7}{100 \cdot 7,4 \cdot 1350} = 1,037 \text{ грн/га};$$

Експериментальний варіант:

$$K_2 = \frac{150000 \cdot 7}{100 \cdot 10,5 \cdot 1350} = 0,731 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на поточний ремонт, ТО та зберігання

$$B_{ТО} = \frac{B \cdot a_{то зб}}{100 \cdot W \cdot T}; \quad (5.5)$$

Серійний варіант:

для трактора

$$B_{TO\ 1\ mp} = \frac{150000 \cdot 22}{100 \cdot 7,4 \cdot 1350} = 3,259 \text{ грн/га};$$

для розкидача

$$B_{TO\ 1\ p} = \frac{250000 \cdot 18}{100 \cdot 7,4 \cdot 450} = 13,5 \text{ грн/га};$$

по МТА

$$B_{TO1} = 3,259 + 13,5 = 16,759 \text{ грн/га.}$$

Експериментальний варіант:

для трактора

$$B_{TO\ 2\ mp} = \frac{150000 \cdot 22}{100 \cdot 10,5 \cdot 1350} = 2,297 \text{ грн/га};$$

для розкидача

$$B_{TO\ 2\ p} = \frac{250000 \cdot 18}{100 \cdot 10,5 \cdot 450} = 9,5 \text{ грн/га};$$

по МТА

$$B_{TO2} = 2,297 + 9,5 = 11,797 \text{ грн/га.}$$

Питомі витрати на паливно-мастильні матеріали

$$S_{ПММ} = g_w \cdot Ц_{ПММ}; \quad (5.6)$$

Серійний варіант:

$$S_{ПММ1} = 2,95 \cdot 43,6 = 128,62 \text{ грн/га};$$

Експериментальний варіант:

$$S_{ПММ2} = 2,08 \cdot 43,6 = 90,688 \text{ грн/га.}$$

Прямі експлуатаційні витрати

$$\Pi_B = P + K + B_{TO} + Z + S_{ПММ}; \quad (5.7)$$

Серійний варіант:

$$\Pi_{B1} = 1,852 + 1,305 + 16,846 + 1,037 + 3,259 + 13,5 + 128,62 = 166,419 \text{ грн/га.}$$

Експериментальний варіант:

$$\Pi_{B2} = 15 + 1,11 + 2,415 + 0,731 + 2,297 + 9,5 + 90,688 = 121,741 \text{ грн/га.}$$

Питомі капіталовкладення

$$K_n = \frac{B}{W \cdot T}; \quad (5.8)$$

Базовий варіант:

для трактора

$$K_{n \ 1T} = \frac{150000}{7,4 \cdot 1350} = 14,81 \text{ грн/га};$$

для розкидача

$$K_{n \ 1P} = \frac{250000}{7,4 \cdot 450} = 75,07 \text{ грн/га};$$

по МГА

$$K_{n \ 1} = 14,81 + 75,07 = 89,44 \text{ грн/га.}$$

Експериментальний варіант:

для трактора

$$K_{n \ 2T} = \frac{150000}{10,5 \cdot 1350} = 10,44 \text{ грн/га};$$

для розкидача

$$K_{n \ 2P} = \frac{250000}{10,5 \cdot 450} = 52,91 \text{ грн/га};$$

по МГА

$$K_{n \ 2} = 10,44 + 52,91 = 63,35 \text{ грн/га.}$$

Приведені питомі витрати

$$П_{ПВ} = П_B + K_n \cdot E_n; \quad (5.9)$$

Серійний варіант:

$$П_{ПВ1} = 166,419 + 89,44 \cdot 0,15 = 179,835 \text{ грн/га.}$$

Експериментальний варіант:

$$П_{ПВ2} = 121,741 + 63,35 \cdot 0,15 = 131,2435 \text{ грн/га.}$$

Зниження витрат праці

$$\Delta B_n = \frac{B_{n1} - B_{n2}}{B_{n1}} \cdot 100 \%; \quad (5.10)$$

$$\Delta B_n = \frac{0,135 - 0,095}{0,135} \cdot 100 = 29,52 \% .$$

Зниження експлуатаційних витрат

$$\Delta \Pi_B = \frac{\Pi_{B1} - \Pi_{B2}}{\Pi_{B1}} \cdot 100 \% ; \quad (5.11)$$

$$\Delta \Pi_B = \frac{19,79 - 14,04}{19,79} \cdot 100 = 29,06 \% .$$

Економія експлуатаційних витрат

$$E_{EB} = (\Pi_{B1} - \Pi_{B2}) \cdot W \cdot T ; \quad (5.12)$$

$$E_{EB} = (89,44 - 63,35) \cdot 10,5 \cdot 450 = 123275,25 \text{ грн/рік.}$$

Додаткові капітальні вкладення

$$K_\partial = (K_{n1} - K_{n2}) \cdot W \cdot T ; \quad (5.13)$$

$$K_\partial = (19,77 - 14,17) \cdot 10,5 \cdot 450 = 96479 \text{ грн/рік.}$$

Річний економічний ефект

$$E_p = (\Pi_{PB1} - \Pi_{PB2}) \cdot W \cdot T ; \quad (5.14)$$

$$E_p = (179,835 - 131,2435) \cdot 10,5 \cdot 450 = 229549,83 \text{ грн/рік.}$$

Строк окупності додаткових вкладень

$$C_{ок} = \frac{K_\partial}{E_{EB}} ; \quad (5.15)$$

$$C_{ок} = \frac{96479}{123275,25} = 0,78 \text{ року.}$$

Результати проведеного аналізу наведені у таблиці 5.2 та винесені на лист графічної частини дипломного проекту.

**Таблиця 5.2 – Показники економічної ефективності від використання тягово-привідного агрегату**

| Показники   | Базова модель | Експериментальна |
|---|---------------|------------------|
| Витрати праці, люд.·год/га                                | 0,135         | 0,095            |
| Прямі експлуатаційні витрати, грн/га                      | 166,419       | 121,741          |
| в т.ч.  |               |                  |
| відрахування на реновацію, грн/га                         | 16,852        | 11,88            |
| відрахування на капітальний ремонт, грн/га                | 10,37         | 7,31             |
| відрахування на поточний ремонт, ТО та зберігання, грн/га | 3,259         | 13,5             |
| витрати на заробітну платню, грн/га                       | 4,297         | 9,5              |
| питомі витрати на паливно-мастильні матеріали, грн/га     | 128,62        | 90,688           |
| Питомі капіталовкладення, грн/га                          | 166,149       | 121,741          |
| Приведені питомі витрати, грн/га                          | 89,44         | 63,35            |
| Зниження витрат праці, %                                  | 29,52         |                  |
| Зниження експлуатаційних витрат, %                        | 29,06         |                  |
| Додаткові капітальні вкладення, грн                       | 96476         |                  |
| Економія експлуатаційних витрат, грн                      | 123275,25     |                  |
| Річний економічний ефект, грн                             | 229549,83     |                  |
| Строк окупності додаткових вкладень, років                | 0,78          |                  |

## ВИСНОВКИ

Дипломний проєкт виконаний у відповідності із виданим завданням.

У роботі запропонована конструкція розкидуючого робочого органа дсевдосферичної форми, отримані значення швидкості сходу частки добрива з диска і дальності польоту частки. Проведене компонування нового розкидуючого робочого органу з існуючою машиною МВУ-8.

Аналіз результатів при виконанні дипломного проєкту дозволяє зробити такі висновки:

1. Добрива мають велике значення при вирощуванні сільськогосподарських культур. Найбільш розповсюдженими машинами для внесення мінеральних добрив при їх основному внесенні є кузовні машини. Аналіз машин показує, що більш ніж 70% з них мають в якості розкидуючого робочого органу – відцентровий диск, що доказує доцільність модернізації саме відцентрового розкидуючого робочого органу.

2. З аналізу конструкцій відцентрових робочих органів видно, що вони мають властивість природної нерівномірності розподілу добрив по ширині смуги внесення. Допустима нерівномірність повинна бути обґрунтована спеціальними агротехнічними дослідженнями. Тому шляхи до зниження нерівномірності розподілу добрив знаходяться в області удосконалення конструкції апарату.

3. Проектуємий робочий орган, що виконаний у вигляді псевдосфери, забезпечить зменшення нерівномірності розподілу добрив і збільшення робочої ширини захвата і продуктивності агрегату на 42 %. Крім того, при роботі машини з новим робочим органом, можна збільшити врожайність с. г. культур за рахунок більш рівномірного внесення добрив.

4. Розрахунки показників економічної ефективності застосування нового робочого органу показали, що експлуатаційні витрати на роботу нового варіанта машини на 13,1 % менше в порівнянні з базовою машиною. Річний економічний ефект від упровадження нової машини складає 229549,83 грн., експлуатація машини для внесення мінеральних добрив з новим робочим органом економічно доцільна.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Адамчук В.В., Вітрух П.І., Машина для розсівання мінеральних добрив Патент на корисну модель № 103850
2. Вітрух П.І., Косовець Ю.В., Відцентрова машина для розсівання мінеральних добрив з гравітаційним дозатором, обладнаним коректором площі живого перерізу його випускного отвору. Патент на винахід № 121940
3. Вітрух П.І., Мойсеєнко В.К., Косовець Ю.В., Регулятор подачі мінеральних добрив гравітаційним дозатором навісної відцентрової машини. Патент на винахід № 122304
4. Вітрух П.І., Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К., Машина для розсівання сипких матеріалів з адаптивним стабілізатором потоку. Патент на винахід № 114738
5. Tijsskens E., Van Liedekerke P., Piron E., Van Geyte J., Cointault F., Ramon H., (2008), Recent results of experimental and Dem modeling of centrifugal fertilizer spreading. Granular Matter journal, Springer Verlag, 10 (4), pp.247 255;
6. Bulgakov. V., Btloev H., Adamchuk O., Holovach I., Nikolaenko S., Ruzhylo Z. Theoretical and experimental investigation of a centrifugal fertilizer spreader unit for the application of mineral fertilisers. Monograph. 2023 С. 199.
7. Вожик Ю.Г. Шляхи підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив// Республіканський міжвідомчий тематичний науково-технічний збірник. Механізація та електрифікація сільського господарства. УНДІМЕСГ.- К.: Урожай, 1991.-Випуск 73.-С. 20-24.
8. Дереза О.О., Леженкін О.М, Вершков О.О., Гавриленко Є.А., Смелов А.О., Дмитрієв Ю.О. Інженерна механіка (деталі машин) Посібник-практикум №2. Мелітополь 2021. С.133

9. Kobets A.S., Ponomarenko N.O., Kharytonov M.M.,(2017a), Construction of centrifugal working device for mineral fertilizers spreading. Vol. 51, No. 1. pp.5-14, Bucharest/Romania.
- 10.Кравчук В.І. Сучасні тенденції розвитку конструкції с.-г. техніки/ М.І. Грицигінна, С.М. Ковалюк, - К.: Аграрна наука, 2004 396 с.
- 11.Мінеральні добрива: види, характеристика, застосування <https://agroapp.com.ua/uk/blog/mineralni-dobryva-vydy-harakterystyka-zastosuvannya/> (23.02.2024).
12. Машины для внесения минеральных и органических удобрений. Захист рослин. Режим доступу: <https://ukragrozapchast.com.ua/ru/mashini-dlya-vnesennya-mineralnih-organichnih-dobriv-zahist-rosl/> (23.12.2023)
13. Ning S., Taosheng X., Liangtu S., Rujing W., & Yuanyuan, W, (2015), Variable rate fertilization system with adjustable active feed-roll length. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, Vol. 8, Issue 4, pp.19–26, Beijing/ China ;
14. Навісний розкидач добрив AMAZONE ZA-M 1001 <https://www.tria-agro.com/product/raspredeliteli-udobrenij/amazone-za-m-1001-tsentrobezhnyj-razbrasyvatel-udobrenij/> (дата звернення: 29.12.2023р.)
15. Проспект фірми “Big Wheels” (США).
16. Проспект фірми “Amazonen- Werke” (ФРН).
17. Проспект фірми “Big Wheels” (США).
18. Проспект фірми “Bredal” (Данія).
19. Розкидач мінеральних добрив <https://grassfield.com.ua/catalog/tehnika/rozkydachi-dobryv-0> (05.02.24)
20. <https://rauch.de/ua/> Розкидач мінеральних добрив) (05.02.24)
21. Rauch TWS järeelvetavad väetisekülvikud <https://www.agroproff.ee/rauch-tws-jareelvetavad-vaetisekulvikud/>(10.05.2024)
22. Рогатинський Р. М. Дослідження процесів транспортування вантажів мобільними гвинтовими конвеєрами. *Збірник наук. праць Нац. агр. ун-ту*. Київ: НАУ, 1997. Том 1. С. 69-73.

23. RAUCH - інноваційні розкидачі добрив і розкидачі протижеледних матеріалів. Режим доступу: <https://rauch.de/ru/servis/zagruzki-infoteka/razbrasyvateli-udobrenii/tws.html> (08.03.2024).
24. Слободян Л. М. Обґрунтування параметрів гвинтових завантажувачів сипких матеріалів. Дис. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль 2020. С.187.
25. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів// Техніка АПК.- 2000 .- № 3.- С. 10-12.

## ДОДАТКИ



Міністерство освіти і науки України  
Дніпровський державний аграрно - економічний університет  
Інженерно - технологічний факультет  
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

### **Ілюстративний матеріал**

до захисту дипломного проекту на здобуття освітнього ступеня  
«Бакалавр» за освітньо - професійною програмою 208 «Агроінженерія» зі  
спеціальності 208 «Агроінженерія»

на тему: **«Обґрунтування механізації удобрення ґрунту з розробкою  
конструкції розкидаючого робочого органу машини для внесення  
мінеральних добрив»**

Виконав  
Науковий керівник,  
доцент

Мартиненко В.М.

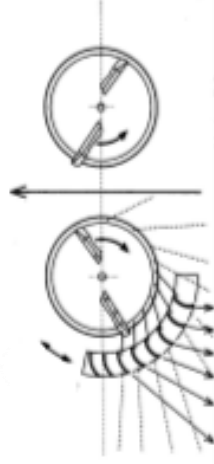
Пономаренко Н.О.

Дніпро - 2025

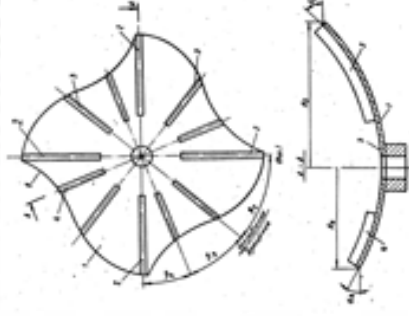
## ОГЛЯД КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ

Світові лідери у розробці та виготовленні розкидачів:

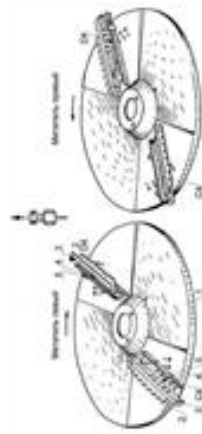
KUHN, AMAZONE, RAUCH (Німеччина), Sulky Bural S.A (Франція),  
 AGROMET (Польща), KVERNELAND (Норвегія).



Обмежувач системи TELIMAT



Диск висівного апарату машини МВСУ-06А



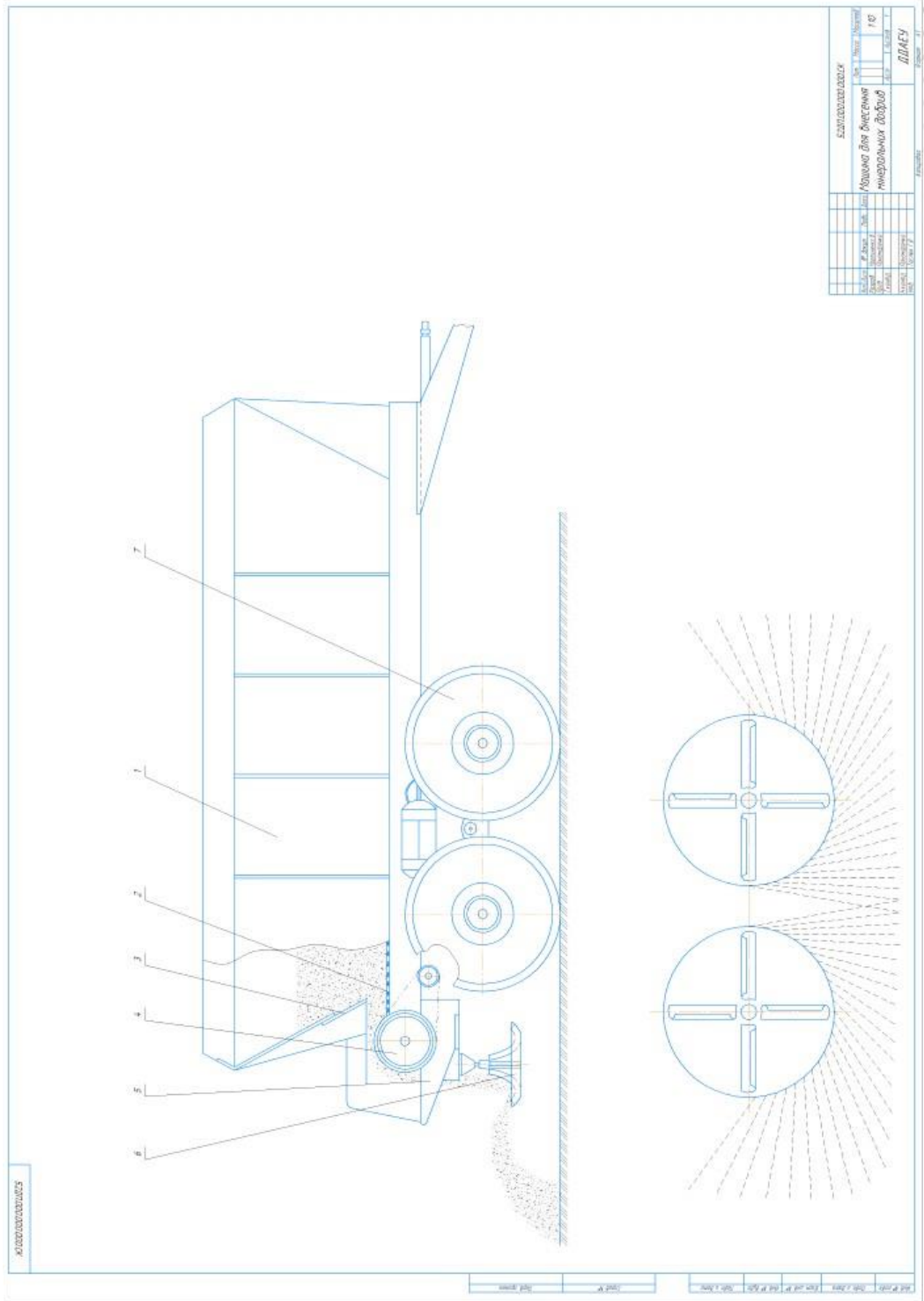
Лопаті з можливістю регулювання кута постановки і дошкини



Відцентровий робочий орган з активними лопатями



Система Rota Flow



|  |              |          |        |            |
|--|--------------|----------|--------|------------|
| Спецификация                               |              | №        | Дата   | Исполн.    |
| Машинка для внесения минеральных удобрений |              | 10       |        |            |
| № п/п                                      | Наименование | Ед. изм. | Кол-во | Примечание |
| 1  | Машинка      | шт.      | 1      |            |
| 2  | Запчасти     | шт.      |        |            |
| 3  | Аксессуары   | шт.      |        |            |
| 4  | Инструменты  | шт.      |        |            |
| 5  | Материалы    | шт.      |        |            |
| 6  | Детали       | шт.      |        |            |
| Итого                                      |              |          |        |            |
| Составитель                                |              | ДДАГУ    |        |            |
| Проверил                                   |              |          |        |            |
| Дата                                       |              |          |        |            |
| Лист                                       |              | из 1     |        |            |







## Показники економічної ефективності від використання удосконалення

| Показники  | Базова модель    | Експеримента<br>льна |
|--|------------------|----------------------|
| Витрати праці, люд.-год/га                               | 0,135            | 0,095                |
| Прямі експлуатаційні витрати, грн/га                     | 166,419          | 121,741              |
| в т.ч.   |                  |                      |
| вдрахування на реновацію, грн/га                         | 16,852           | 11,88                |
| вдрахування на капітальний ремонт, грн/га                | 10,37            | 7,31                 |
| вдрахування на поточний ремонт, ТО та зберігання, грн/га | 3,259            | 13,5                 |
| витрати на заробітну платню, грн/га                      | 4,297            | 9,5                  |
| питомі витрати на паливно-мастильні матеріали, грн/га    | 128,62           | 90,688               |
| <b>Питомі капіталовкладення, грн/га</b>                  | <b>166,149</b>   | <b>121,741</b>       |
| Приведені питомі витрати, грн/га                         | 89,44            | 63,35                |
| <b>Зниження витрат праці, %</b>                          | <b>29,52</b>     |                      |
| Зниження експлуатаційних витрат, %                       | 29,06            |                      |
| Додаткові капітальні вкладення, грн                      | 96476            |                      |
| <b>Економія експлуатаційних витрат, грн</b>              | <b>123275,25</b> |                      |
| Річний економічний ефект, грн                            | 229549,83        |                      |
| Строк окупності додаткових вкладень, років               | 0,78             |                      |

## ВИСНОВКИ

Дипломний проєкт виконаний у відповідності із виданим завданням.

У роботі запропонована конструкція розкидуючого робочого органа дсевдосферичної форми, отримані значення швидкості сходу частки добрива з диска і дальності польоту частки. Проведене компонування нового розкидуючого робочого органу з існуючою машиною МВУ-8.

Аналіз результатів при виконанні дипломного проєкту дозволяє зробити такі висновки:

1. Добрива мають велике значення при вирощуванні сільськогосподарських культур. Найбільш розповсюдженими машинами для внесення мінеральних добрив при їх основному внесенні є кузовні машини. Аналіз машин показує, що більш ніж 70% з них мають в якості розкидуючого робочого органу – відцентровий диск, що доказує доцільність модернізації саме відцентрового розкидуючого робочого органу.
2. З аналізу конструкцій відцентрових робочих органів видно, що вони мають властивість природної нерівномірності розподілу добрив по ширині смуги внесення. Допустима нерівномірність повинна бути обґрунтована спеціальними агротехнічними дослідженнями. Тому шляхи до зниження нерівномірності розподілу добрив знаходяться в області удосконалення конструкції апарату.
3. Проектуємий робочий орган, що виконаний у вигляді псевдосфери, забезпечить зменшення нерівномірності розподілу добрив і збільшення робочої ширини захвата і продуктивності агрегату на 42 % . Крім того, при роботі машини з новим робочим органом, можна збільшити врожайність с. г. культур за рахунок більш рівномірного внесення добрив.
4. Розрахунки показників економічності ефективності застосування нового робочого органа показали, що експлуатаційні витрати на роботу нового варіанта машини на 13,1 % менше в порівнянні з базовою машиною. Річний економічний ефект від упродовження нової машини складає 229549, 83 грн., експлуатація машини для внесення мінеральних добрив з новим робочим органом економічно доцільна .