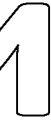


НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ



Механіко – технологічний факультет

УДК 631.333

ПОГОДЖЕНО
Декан механіко - технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та
(назва кафедри)
системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

(підпис) Вячеслав БРАТІШКО
(ПІБ)

(підпис) Юрій ГУМЕНЮК
(ПІБ)

« ____ » _____ 2023 р.

« ____ » _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Обґрунтування параметрів і режимів роботи пневмовідцентрових
розсівальних робочих органів машин для внесення твердих
мінеральних добрив

НУБІП України

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Голуб Геннадій Анатолійович

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Онищенко Володимир Борисович

(ПІБ)

Виконав

НУБІП України

(підпис)

Береговий Іван Миколайович

(ПІБ)

Київ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Механіко-технологічний факультет

НУБІП України

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

НУБІП України

сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад.

П.М. Василенка

_____ **Юрій Гуменюк**

НУБІП України

“ ” 00 2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

НУБІП України

Береговий Іван Миколайович

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

НУБІП України

Магістерська програма дослідницької спеціалізації – Оптимізація
процесів параметрів і режимів роботи техніки АПК

Тема роботи «Обґрунтування параметрів і режимів роботи

НУБІП України

**пневмовідцентрових розсіювальних робочих органів машин для внесення
твердих мінеральних добрив»**

Наказ НУБіП України № 2218 С від 21.12.2021 р.

Термін подання студентом роботи 15.05.2023 р.

1. Вихідні дані до роботи: машина для внесення твердих мінеральних добрив.

2. Зміст пояснювальної записки (перелік питань які необхідно розробити).

1. Огляд технологій та машин для внесення твердих мінеральних добрив.

2. Теоретичні дослідження процесу роботи пневмовідцентрових розсівальних робочих органів машин для внесення твердих мінеральних добрив.

3. Лабораторні дослідження гранул мінеральних добрив.

4. Економічна ефективність застосування експериментальної машини.

Висновки, список використаної літератури, додатки.

5. Перелік листів графічного матеріалу:

Слайд 1. Титульна сторінка.

Слайд 2. Мета роботи та задачі.

Слайд 3. Класифікація машин.

Слайд 4. Класифікація робочих органів машин.

Слайд 5. Конструктивно-технологічна схема експериментального робочого органу.

Слайд 6, 7 Теоретичні дослідження

Слайд 8, 9. Результати експериментальних досліджень.

Слайд 10. Економічні показники.

Слайд 11. Висновки.

Дата видачі завдання: 21.02.2021 р.

Керівник магістерської роботи

Володимир Онищенко

Завдання прийняв до виконання

Іван Береговий

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи магістра: «Обґрунтування параметрів і режимів роботи пневматичних розсіювальних робочих органів машин для внесення твердих мінеральних добрив».

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури зі 26 найменувань та 4 додатків. Основна частина виконана на 56 сторінках, містить 28 рисунків і 1 таблицю. Загальний обсяг роботи складає 70 сторінок.

У вступі наведено актуальність теми дослідження та загальну характеристику роботи.

У першому розділі «Огляд вітчизняних та зарубіжних технологій і машин для внесення твердих мінеральних добрив» наведено огляд технологій, машин і робочих органів для поверхневого внесення мінеральних добрив, а також акцентовано основні особливості пневматичного способу подачі добрив до робочих органів машин для розсіювання мінеральних добрив.

Другий розділ «Технологічні передумови розробки пневматичного розсіювального робочого органу машин для внесення твердих мінеральних добрив» присвячено аналізу фізико-механічних і агробіологічних властивостей твердих мінеральних добрив і їх вплив на процес розсіювання по поверхні поля. Також наведено основні агротехнічні експлуатаційні вимоги до машин для внесення твердих мінеральних добрив і обґрунтовано вибір конструкції та функціональної схеми удосконаленого пневматичного розсіювального робочого органу.

У третьому розділі «Розрахунок основних конструктивних параметрів пневматичного розсіювального робочого органу» наведено теоретичні викладення, які відносяться до обґрунтування технологічного процесу роботи пневматичного розсіювального робочого органу та визначення його основних параметрів. Також наведено теоретичні дослідження процесу руху частинок добрив по робочій поверхні розсіювального диска.

Четвертий розділ «Методика проведення та результати експериментальних

досліджень» розкриває сутність викладень, які характеризують основні положення методики проведення експериментальних досліджень і результати обробки експериментального масиву даних з визначення деформації та стиснення гранул добрив.

У п'ятому розділі «Визначення економічної ефективності застосування пневмовідцентрового розсіювального робочого органу» наведено результати порівняльних розрахунків економічної ефективності базової та удосконаленої машини для внесення твердих мінеральних добрив.

На основі проведених теоретично-експериментальних досліджень встановлено, що:

- відносна швидкість руху частинки по лопатці, за якої відбувається сходження гранули добрив повинна бути не менше за 0,2 м/с за радіуса диска 0,3 м та кута сходження гранули 45 град.;

- для ідеально гладкої радіальної лопатки (при $\psi = \varphi \equiv \theta$) відносна та переносна швидкості частинки добрива при сході з неї рівні між собою за кута сходження більше 45 град.;

- відносна швидкість руху частинок у між лопатевому просторі починає зростати з відстані розташування викидних лопатей більше 8 см;

- найбільш схильні до руйнування гранули розміром більше 4 мм, при цьому їх питомий вага у загальній масі не перевищує 5 % для різних видів добрив.

Річний економічний ефект від застосування удосконаленого робочого органу становить 25078,9 грн.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	11
1.1 Аналіз технологій внесення твердих мінеральних добрив	11
1.2 Аналіз конструкцій робочих органів машин для внесення твердих мінеральних добрив	4
1.3 Особливості пневматичного способу подачі добрив до робочих органів машин для розсівання мінеральних добрив	24
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗСІЮВАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	26
2.1 Фізико-механічні і агробіологічні властивості твердих мінеральних добрив	26
2.2 Агротехнічні і експлуатаційні вимоги до машин для внесення твердих мінеральних добрив	29
2.3 Обґрунтування конструкції та функціональної схеми пневмовідцентрового розсіювального робочого органу	35
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗСІЮВАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ	38
3.1 Обґрунтування технологічного процесу роботи пневмовідцентрового РРО та визначення його основних параметрів	38
3.2 Дослідження руху частинок добрив по робочій поверхні	42
РОЗДІЛ 4 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
4.1 Методика проведення експериментальних досліджень	47
4.2 Результати експериментальних досліджень з визначення деформації та стиснення гранул добрив	49

РОЗДІЛ 5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

ЗАСТОСУВАННЯ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗСНОВАЛЬНОГО
РОБОЧОГО ОРГАНУ

52

5.1 Розрахунок показників економічної ефективності використання

удосконаленого робочого органу

52

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

56

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

57

ДОДАТКИ

61

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Актуальність теми. Різноманітність ґрунтів, посівних культур і відмінність їх родючості вимагає внесення багатьох видів і доз мінерального підживлення. Вирішення цієї задачі здійснюється шляхом послідовного внесення кожного виду поживних елементів, які є в складних добривах, або їх сумішах різних форм та складу (органно-мінеральні суміші, суміші твердих та рідких добрив тощо).

НУБІП України

Для якісного їх внесення в ґрунтове середовище необхідно вдосконалення технологій та засобів механізації, що забезпечить збільшення врожайності та підвищення якості врожаю [1-3].

НУБІП України

В даний час для поверхневого розподілу добрив у гранульованій та порошкоподібній формі виробники сільгосптоварів застосовують розподільники добрив причіпний чи навісні конструкції з різними варіантами робочих органів: відцентрового з лопатями на вертикальній або горизонтальній осях обертання, маятникового чи штангового виконання [4].

НУБІП України

Основним способом внесення твердих мінеральних добрив є їх розсівання по поверхні поля з використанням відцентрових машин, які мають переваги перед іншими конструкціями: високу продуктивність; регульований значний діапазон доз внесення; просту та компактну конструкцію; спроможність розкидання твердих мінеральних добрив з відмінними властивостями.

НУБІП України

Проте одним із недоліків відцентрових машин є значна нерівномірність розподілу добрив по полю [5-7].

НУБІП України

Основними завданнями досліджень у галузі вдосконалення машин для поверхневого внесення добрив є зниження показників нерівномірності розподілу добрив, збільшення ширини розсіву, а також зниження витрат часу та праці на операцію внесення добрив.

НУБІП України

У зв'язку з цим перспективним і актуальним у цьому напрямі є розробка нових науково-обґрунтованих технічних рішень робочих органів для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив, що є важливим народногосподарським завданням.

Мета роботи та завдання дослідження. Метою роботи є підвищення показників якості внесення твердих мінеральних добрив шляхом розробки та обґрунтування параметрів відцентрових розсіювальних робочих органів машини.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі дослідження:

- на основі аналізу технологій і конструкцій машин для внесення твердих мінеральних добрив розробити удосконалену конструкцію пневмовідцентрового розсіювального робочого органу;

- обґрунтувати доцільність застосування пневмовідцентрових розсіювальних робочих органів для внесення твердих мінеральних добрив;

- провести теоретичні дослідження процесу розкидання твердих мінеральних добрив пневмовідцентровим розсіювальним робочим органом:

- розробити диференціальне рівняння процесу переміщення гранул добрив по робочій поверхні відцентрового диска;

- дослідити технологічний процес сходження гранули твердих мінеральних добрив з пневмовідцентрового розсіювального робочого органу.

Об'єкт дослідження: технологічний процес внесення твердих мінеральних добрив пневмовідцентровим розсіювальним робочим органом.

Предмет дослідження: конструктивно-кінематичні параметри та їх взаємозв'язок впливу на показники якості розсіювання мінеральних добрив пневмовідцентровим розсіювальним робочим органом.

Методи дослідження: теоретичні дослідження процесу розкидання гранул твердих мінеральних добрив проведені з застосуванням основних положень теоретичної механіки, теорії машин і механізмів та математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів:

- розроблено диференціальне рівняння, яке описує процес переміщення гранул мінеральних добрив по поверхні відцентрового розсіювального диска;

- одержано рівняння, яке характеризує відносну швидкість руху гранули добрив по лопатці відцентрового розсіювального диска;

- отримано рівняння для визначення процесу сходження гранул з увігнутої поверхні пневмовідцентрового розсіювального диска;

Практичне значення отриманих результатів дослідження.

Запропоновано та обгрунтовано удосконалену конструкцію робочого органу машин для внесення твердих мінеральних добрив на основі застосування пневмовідцентрового розсіювального диска з увігнутою поверхнею сходження гранул. Запропоновано рекомендації для вибору раціональних параметрів удосконаленого робочого органу машин для внесення твердих мінеральних добрив.

Апробація результатів дослідження. Основні положення магістерської роботи доповідалися та отримали позитивну оцінку на: Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасний стан та проблеми аграрного сектору України та шляхи їх вирішення», ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» від 26 листопада 2022 р.; ІХ Міжнародній науково-технічній конференції «Крамаровські читання» з нагоди 115-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 24-25 лют. 2022 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Основні положення, які виносяться на захист:

- удосконалена конструкція пневмовідцентрового розсіювального робочого органу машин для внесення твердих мінеральних добрив;
- результати теоретичних досліджень технологічного процесу внесення твердих мінеральних добрив пневмовідцентровим розсіювальним робочим органом;
- заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці під час внесення мінеральних добрив.

Публікації. Основні результати досліджень за темою магістерської роботи опубліковано в 2 тезах міжнародних наукових конференцій.

Структура та обсяг. Магістерська робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури зі 26 найменувань та 4 додатків. Основна частина виконана на 56 сторінках, містить 28 рисунків і 1 таблицю. Загальний обсяг роботи складає 70 сторінок.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І МАШИН

ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

НУВБІП України

1.1 Аналіз технологій внесення твердих мінеральних добрив

НУВБІП України

Ефективність всіх сільськогосподарських культур залежить від ефективного використання мінеральних добрив. В свою чергу ефективність мінеральних добрив залежить від якості їх внесення, а саме рівномірності розподілу та місця подачі до коріння рослин.

НУВБІП України

Залежно від термінів внесення добрив розрізняють основне внесення, яке відбувається під час посіву та після посіву.

НУВБІП України

Основний спосіб застосовують для внесення основної маси добрив. При суцільному внесенні добрива розподіляються по поверхні поля, а потім

НУВБІП України

закидаються в ґрунт ґрунтообробними машинами. При посівне внесення відбувається разом із посівом. При цьому методи добрива вносяться у ґрунт

НУВБІП України

одночасно із насінням. Підживлення – це розсівання добрив по всій ширині ділянки. Його здійснюють при підживленні озимих культур і трав та підживленні

НУВБІП України

просапних культур. За характером розподілу добрив розрізняють розкидний, рядковий та локальний способи.

НУВБІП України

Розкидний спосіб застосовується, як при основному внесенні, так і при підживленні. Добрива розносять суцільним шаром по всій площі та заробляють плугами або культиваторами.

НУВБІП України

Рядковий спосіб використовують у припосівному внесенні та підживленні.

НУВБІП України

Відповідно, добрива вносять одночасно з насінням та одночасно з культивацією, дотримуючись захисних зон.

НУВБІП України

Розрізняють прямоточну, перевантажувальну та перевалочну технології внесення добрив. Прямоточна – добрива завантажують у розкидач на складі, який розкидає їх та заробляє у ґрунт.

Перевантажувальна – добрива вивозять в поле транспортними засобами, з

яких їх пересипають в машини для внесення і вносять в поле.

Перевалочна – добрива, що доставляють зі складу, перевантажуються в стаціонарне польове сховище, з яких потім заправляють розкидачі.

Основні способи внесення – внутрішньогрунтовий та поверхневий. У другому випадку при розкидному методі добрива розподіляються по поверхні поля розкидачами відцентрового типу та загортаються ґрунтообробними знаряддями. Нерівномірний розподіл добрив на поверхні – це недолік цього способу. Це негативно позначається на врожайності сільськогосподарських культур.

Поверхневий спосіб є більш продуктивнішим та характеризується меншими затратами енергії, ніж внутрішньогрунтовий. Тому його використовують частіше.

Для поверхневого внесення використовують машини з відцентровими розкидальними робочими органами фірм “Amazone”, “Diadem”, “Rotina”, “Lely”, які забезпечують незалежність дози внесення добрив від швидкості руху агрегату. Застосування дозувальних електронних приладів, дає можливість значно підвищити рівномірність розподілу добрив по поверхні поля [8-10].

На тракторі німецької фірми “Case” встановлено багатофункціональний мікропроцесор, який регулює глибину обробітку ґрунту машин фірми “Landsberg” та оптимізація оприскувачів фірми “Holder”, машин для внесення мінеральних добрив фірми “Rotina”, сівалок “Saxonia” та інших агрегатів.

В Україні уже понад 20 років проводяться дослідження з вивчення питань точного землеробства вітчизняними науковцями.

В 2000 році в Україні була розроблена «Програма створення та впровадження технічних засобів технологій точного землеробства».

В нашій країні є ряд досягнень в системі точного землеробства, а саме:

- а) мобільна машина для механізованого взяття проб ґрунту на базі чотириколієного мотоцикла, яку розроблено в Українському центрі випробування та прогнозування техніки, Київська область;

- б) обладнання з радіосистемою для картографування урожайності на базі

зернозбирального комбайна «Лан» яке розроблено в Українському центрі випробування та прогнозування техніки, Київська область;

в) радіосистема для визначення координат працюючих сільськогосподарських агрегатів з використанням базової радіостанції, яку розроблено в НДІ «Квант-навігація»;

г) розробка електромеханічної системи для картографування урожайності до зернозбирального комбайна «Нива»;

е) електромеханічні виконавчі прилади для регулювання дози внесення добрив при диференційованому удобренні ґрунтів (ІНЦ «ІМЕСГ» НААН

України);

є) розробка складання картограм урожайності зернових культур з використанням обладнаного необхідними пристроями комбайна «Домінатор» (НАУ).

Науковцями ІНЦ «ІМЕСГ» НААН України розроблено двосистемну машину для диференційованого удобрення ґрунту одночасно азотними, фосфорними і калійними добривами.

1.2 Аналіз конструкцій робочих органів машин для внесення твердих мінеральних добрив

Для основного внесення мінеральних добрив випускають широкую номенклатуру вітчизняних та зарубіжних машин. Найвні вітчизняні машини МВУ-5, ССТ-10 (додаток А.1), МКП-4, МРД-4, МВУ-0,5 перевершують раніше відомі за продуктивністю та економічністю, експлуатаційною надійністю та рівномірністю внесення добрив.

Розсівання добрив здійснюється в основному дисковими апаратами відцентрового типу з вертикальною віссю обертання.

У багатьох країнах світу застосовують також дискові апарати.

Класифікацію машин для внесення добрив наведено на рис. 1.1.

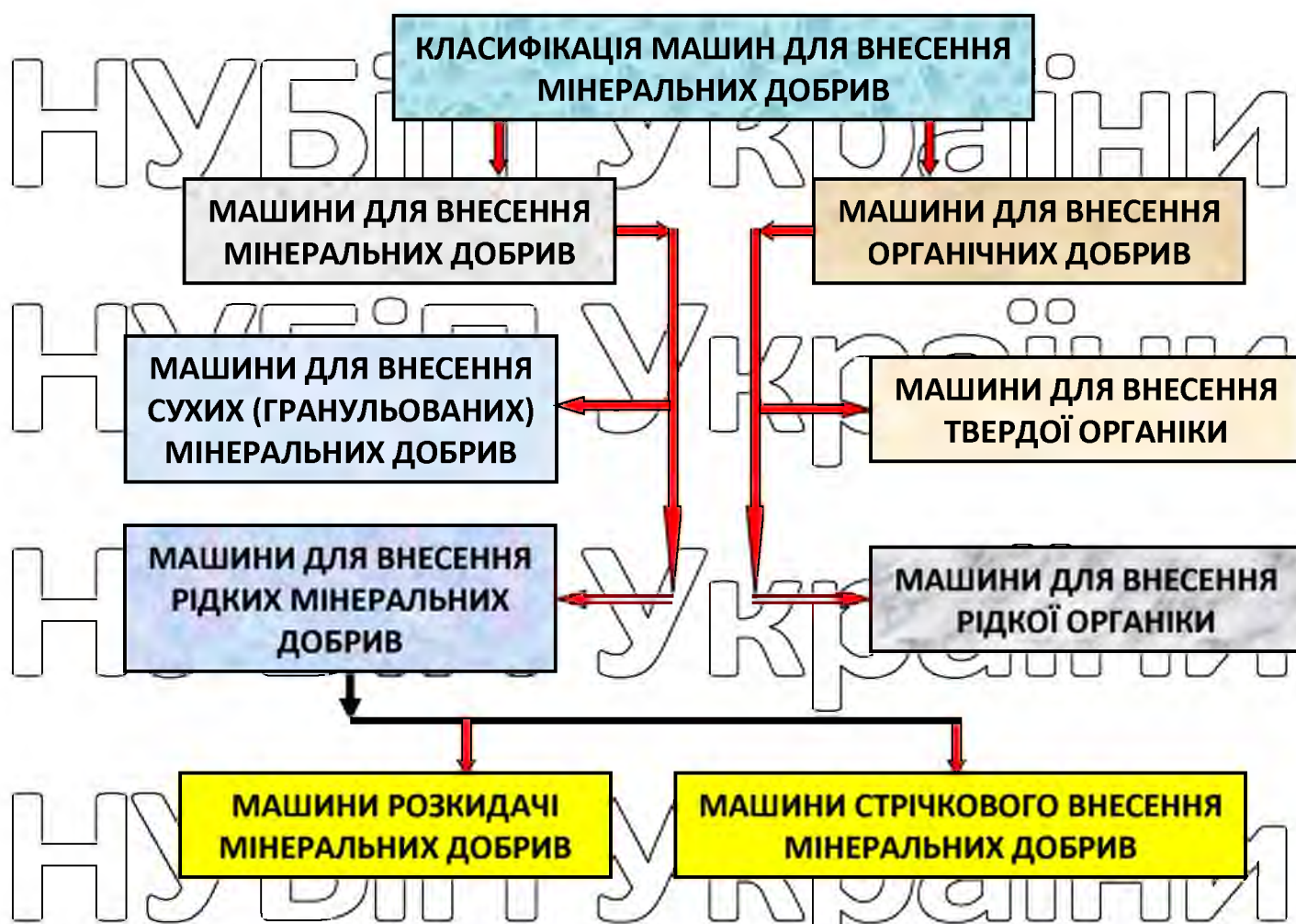


Рисунок 1.1 – Класифікація машин для внесення добрив

У США внесення мінеральних добрив роблять за допомогою машин великої вантажопідйомності, оснащених апаратами з двома дисками. Робочі органи машин для внесення добрив найчастіше монтуються на шасі автомобілів середньої вантажопідйомності.

Такі ж дводискові відцентрові апарати набули поширення в Польщі, Англії, Данії та інших країнах.

У Німеччині також застосовуються великовантажні машини для внесення добрив та вапна фірми «Diadem - Streumaster і Amos», обладнані дводисковим механізмом розкидання з шириною захоплення до 20 м [11, 12].

Однак, більшість застосовуваних в Європі машин для внесення мінеральних добрив - це машини з однодисковим робочим органом, таких фірм, як Amazone, Accord, Diadem, Sueby та ін.

Розглянемо конструкції навісних машин для внесення мінеральних добрив з відцентровими дисками, якою є відцентрова дводискова машина MDS із робочою шириною до 24 м фірма KUHN.

Загальний вигляд машини MDS наведено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Відцентрова дводискова машина MDS

На ній встановлені диски, що швидко монтується, які мають просте налаштування. У бункері є мішалка з частотою обертання 180 об/хв. Бункер виконаний цільнозварним. Привід здійснюється через вал відбору потужності із посиленою коробкою передач. Регулювання дози внесення здійснюється за допомогою градуйованого сектора прямого контролю потіску DFC.

Недоліками такого компонування є те, що при подачі добрив з бункера спостерігається нерівномірність розподілу між дисками. Також при внесенні великих доз недостає об'єм бункера і виникають труднощі із завантаженням машини добривами.

Навісний однодисковий розсіювач Jan-Met JM500 N020/4 (рис. 1.3) польського виробництва добрив навішується на задню начіпку трактора.

Регулювання дози внесення добрив здійснюється механізмом, що складається з двох важелів, кронштейнів та заслінок, що відкривають заслінки [13].

Внесення добрив відбувається відцентровим диском, який керується ЕОМ, яку встановлено в кабіні трактора через редуктор.



Рисунок 1.3 – Однодисковий навісний розсіювач Jag-Met LM 500

Завантаження даної машини добривами може проводитися спеціалізованою машиною або вручну.

Навісні машини для внесення мінеральних добрив МВУ-100, МВУ-900 (рис. 1.4) призначені для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив у гранульованому та кристалічному вигляді.

Розсіювач мінеральних добрив вітчизняного виробництва РУ-1600 (рис. 1.5) призначений



Рисунок 1.4 – Машина для внесення мінеральних добрив МВУ-900



Рисунок 1.5 – Машина для внесення мінеральних добрив РУ-1600

- для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив у гранульованому та кристалічному вигляді;

- для посіву сидератів;

- для підживлення озимих зернових культур (у ранній стадії розвитку),

луків та пасовищ.

Розсіювач РУ-1600 навісного типу агрегується з тракторами класу 2,0, що мають вал відбору потужності, гідросистему, електрообладнання, а також

навісний пристрій НУ-2. Дозуючий і висівний апарати розсіювача виготовлені з

нержавіючої сталі, що забезпечує корозійну стійкість вузлів і деталей, що безпосередньо контактують з мінеральними добривами, що вносяться [16].

Конструкція направляючих та лопатей висівного апарату дозволяє

узгодити різні види добрив, робочу ширину та способи внесення добрив,

забезпечивши при цьому:

- внесення добрив;

- внесення добрив на межах поля (на вибір праворуч або ліворуч);

- підживлення добривами;

- розсіювання на кордонах при підживленні добривами (на вибір

праворуч або ліворуч)

Для запобігання утворенню склепіння над отворами дозуючої заслінки в днищі бункера, у кожній із двох камер бункера, передбачено встановлення ворушилки.

Навісна машина вітчизняного виробництва для внесення добрив НРУ-0,5

(рис. 1.6) призначена:

- для розсіву по ґрунті мінеральних добрив;

- для розсіву по ґрунті добрив сидератів.



Рисунок 1.6 – Машина для внесення добрив НРУ-0,5

Машина для внесення добрив НРУ-0,5 навішується на трактори тяги класу 9...14 кН. Місткість бункера 400 дм³, робоча швидкість до 12 км/год, ширина розсіву до 11 м. Машину обслуговує тракторист.

Машина для внесення мінеральних добрив МВУ-0,5А (рис. 1.7) призначена для поверхневого внесення мінеральних добрив та добрив сидератів. Навісна, відцентрова.

Вантажопідйомність – 600 кг. Продуктивність до 15 га за годину основного часу.

Доза внесення мінеральних добрив – 400...1000 кг/га при висіві добрив – 10...200 кг/га. Маса – 220 кг.

Агрегується із тракторами класів тяги 0,6...1,4.

Найпоширенішими та найпростішими пристроями для розкидання сухих сипких мінеральних добрив є машини з дисковими активними органами. Розкид здійснюється інерцією лопатевого диска, що обертається в горизонтальній площині, при попаданні на нього через дозатор з бункера сипкого добрива, рис.1.8.



Рисунок 1.7 – Машина для внесення мінеральних добрив МВУ-0,5А



Рисунок 1.8 – Робочі органи розкидача мінеральних добрив

Подача сипучого матеріалу у високопродуктивних розкидачів до дозатора здійснюється транспортером, установленим у дніщі об'ємного бункера. Норма внесення регулюється рівнем відкриття вікна дозатора та швидкістю обертання дисків. Такі розкидачі застосовують при основному внесенні мінеральних добрив перед оранням або при суцільному підживленні по сходах, а також машини можуть використовуватися у вапнуванні ґрунту.

Недоліком агрегату такого типу є нерівномірне поверхневе внесення матеріалу. Причиною є погане орієнтування при проходах агрегату, у результаті можуть утворюватися перекриття чи ділянки без внесення добрива.

Для покращення ефекту засвоєння добрив культурою при основному внесенні (до сівби) розкиданий матеріал потрібно засорювати або закультивувати.

Дисковий розкидач мінеральних добрив є бункером з рамою з мішалками всередині. Саме вони забезпечують рівномірний розподіл підживлення.

Над мішалками розташовані решітки для просіювання препарату. Під бункером розташовуються обмежуюча і запірна заслінка, які регулюють кількість сипких речовин, що розподіляються.

Перша відповідає за дозування сипучої речовини, а друга надійно закриває бункер, щоб обладнання можна було вільно перемістити на іншу ділянку обробки.

Принцип роботи таких моделей наступний.

Вміст контейнера потрапляє на пластини, що крутяться, під дією ворошильного валу. Лопатки підхоплюють невеликі порції добрив і розподіляють по землі рівномірним шаром. В результаті позаду трактора формується рівна смуга добрив.

Залежно від моделі, розподільних дисків може бути один або кілька, причому в роботі також може бути задіяний всі один або кілька з них. При необхідності лопатки для розподілу добрив можна регулювати або замінювати.

За способом агрегування машини можуть бути як навісними з невеликою продуктивністю, так і причіпні або напівпричіпні на окремих шасі з об'ємним бункером для обробки великих площ.

Привод робочих органів машин конструктивно може бути організований як від ВВП трактора, що агрегується через редуктор і приводні вали у складі розкидача, так і від гідросистеми за допомогою гідромоторів. У окремих моделей розкидачів привод окремих активних органів може здійснюватися від ходових коліс шасі машини.

Більш широку область застосування мають дискові розсіювальні робочі органи (РРО). Добрива дозуються і подаються на диски з лопатками, що обертаються, і розсівають частинки добрив по робочій ширині захвату машини.

Необхідно відмітити, що при внесенні добрив з підвищеною вологістю при

використанні дискових РРО може відбуватися налипання добрив на внутрішній поверхні лопатки, що суттєво впливає на рівномірність розсівання добрив.

Для усунення цього недоліку були розроблені РРО з лопатками, що самоочищаються (рис. 1.9).

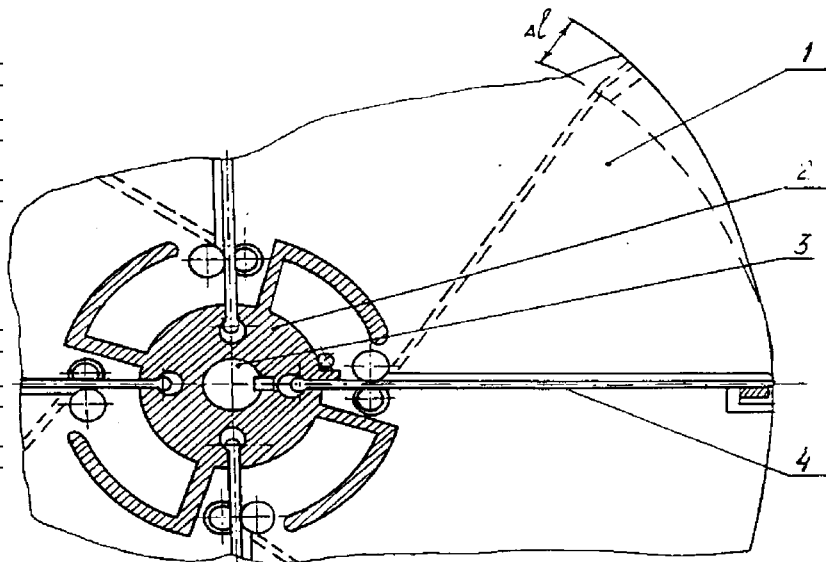


Рисунок 1.8 – Схема дискового РРО з лопатками, що самоочищаються.

1 – диск; 2 – маточина; 3 – вал; 4 – лопатка

Самоочищення відбувається шляхом вібрації пружних лопаток. При тривалій експлуатації РРО може мати місце налипання добрив на диски, при чому лопатки втрачають пружність та працездатність.

Перший пневматичний РРО, який був виготовлений в УНДІМЕСГ, оснащувався шлюзовим живильником. Але в процесі експлуатації було встановлено, що наявність шлюзового живильника зменшує надійність технологічного процесу, а також ускладнює конструкцію. Застосування ежекторного живильника виявилось більш ефективним.

Фірма Amazone випускає причіпні розподільники добрив серії ZG-B різних типорозмірів та комплектацій, рис. 1.9. Моделі ZG-B-5500 та ZG-B-8200 /74/ уніфіковані та відрізняються об'ємом кузова 5500 л та 8200 л відповідно.

Корисне навантаження – 5900 та 9800 кг.

Ширина розсіву до 48 метрів.

Привід транспортера в різних комплектаціях може бути від BOM, від колеса або гідравлічний електронним керуванням через комп'ютер.

Зважуючий пристрій, пов'язаний з комп'ютером, дозволяє точно враховувати кількість внесених добрив та через систему ASD виконувати автоматизоване документування.



Рисунок 1.9 – Широкозахватний причіпний розкидач AMAZONE ZG-B Ultra Hydro /74/

Комп'ютер AMATRON+ має порти для підключення N-сенсора, GPS-терміналу і GPSSwitch, керує заслінками, пристроєм для прикордонного внесення добрив на краях поля (Limiter), тензом.

Асортимент навісних машин для поверхневого розподілу мінеральних добрив дуже різноманітний. Вантажомісткість машин змінюється в межах від 0,25 т до 4 т.

Для агрегування машин підвищеної вантажопідйомності з малопотужними тракторами фірма Vicon® випускає двоколісні шасі, на які встановлюється навісний розкидач (рис. 1.10) місткістю бункера від 700 до 3200 літрів. Шини калісного ходу мають збільшену ширину та зменшений зовнішній діаметр, що робить машину естетичною і дозволяє знизити вантажну висоту.



Рисунок 1.10 – Причіпна двоколісна машина фірми Vicon

Навісний розкидач мінеральних добрив PA-900 «Grach» (рис. 1.11) забезпечує рівномірний розподіл сухих, гранульованих і кристалічних добрив, що забезпечує більш ефективне їх застосування.

Можлива робота однією стороною розкидача при відключенні подачі добрив на один із дисків. Завдяки відкритій конструкції розподільника, PA-900 «Grach» не вимагає спеціального догляду, а навісна і майже не конструкція, що вимагає обслуговування, забезпечує тривалу безперебійну роботу обладнання.



Рисунок 1.11 – Начіпна машина Grach 900

Патентні дослідження з робочих органів машин для розсівання мінеральних добрив показали, що по горизонтальних апаратах досліджень значно більше. Вертикальні роторні апарати застосовують у землі-рійних машинах, для розподілу органічних добрив з валків, розсіву мінеральних добрив.

Горизонтальні апарати більш вивчені, ним розроблено рекомендації щодо

розрахунку параметрів, щодо адаптації процесу до умов функціонування. Вертикальні апарати мають важливі переваги. Вали розподільних роторів паралельні валу відбору потужності, тому для їх приводу не потрібні редуктори.

Привід можна виконати ремінними або ланцюговими передачами. Для розробки комбінованих агрегатів це суттєва перевага. Крім того, такі апарати можуть працювати з компактним розподільним пристроєм, ширина захвату якого узгоджується з шириною захвату ґрунтообробної машини.

1.3 Особливості пневматичного способу подачі добрив до робочих органів машин для розсіювання мінеральних добрив

Створення широкозахватних пневматичних машин з використанням якості повітродувних пристроїв відцентрових вентиляторів вимагає призначення оптимальних режимів транспортування. При переміщенні повітряним потоком у горизонтальному трубопроводі частки здійснюють поперечні коливання під дією сил тяжкості та аеродинамічних підйомних сил.

Стійкість процесу транспортування залежить від рівномірності розподілу транспортованого матеріалу за перерізом трубопроводу, а енергоємність - від величини концентрації повітряно-мінеральної суміші.

Зважування частинок матеріалу у горизонтальному повітряному потоці забезпечується з допомогою дії підйомних сил.

Потенційна робота, яку можуть здійснити підйомні сили, залежить від структури повітряного потоку (турбулентності) і визначає, своєю чергу, максимально допустиму концентрацію суміші добрив та повітря, при якій частинки матеріалу, що транспортується, не осаджуються на днище трубопроводу.

Основною особливістю схем розташування пневматичних мереж машин є паралельне з'єднання великої кількості трубопроводів різної довжини за однакового діаметра.

У той же час продуктивність всіх трубопроводів має бути однаковою, а

подача добрив у них здійснюється одночасно і розподіляється рівномірно каналами закінчення. При розрахунку пневмотранспортної мережі насамперед визначається її максимальна продуктивність.

Головні переваги пневматичного способу подачі добрив до робочих органів машин для внесення добрив визначаються доброю адаптацією до будь-яких вимог технологічних процесів розсіювання, простотою обслуговування конструкції, низькою вартістю машин та обладнання та покращеними умовами праці.

Фізична природа зважування частинок добрив при горизонтальному їх транспортування залишилося нез'ясованим до теперішнього часу.

Мало того, все ще дискусійним залишається питання про характер руху частинок мінеральних добрив при їх транспортуванні горизонтальним трубопроводом.

Наявність твердих стінок каналу трубопроводу значно впливає на властивості повітряно-мінерального потоку. При цьому встановлено, що гальмуюча дія стінок внаслідок в'язкості повітря передається обволікаючих шарів у глибину потоку. В результаті величина поздовжньої швидкості різних частин потоку по штанзі машини для розсіювання добрив не однакова.

При ламінарному перебігу вплив гальмування стінки виражається особливо сильно, а закон зміни швидкості описується лінійною функцією.

Турбулентна течія, яка має місце в більшості випадків пневмотранспортування повітряно-мінеральної суміші, характеризується значною вирівнюваністю швидкостей по перерізу завдяки перемішуванню потоку та обміну між шарами кількостями руху.

Аналіз літературних джерел показує, що максимальна швидкість потоку має бути на осі труби, тобто в місці, найбільш віддаленому від стінок. У міру наближення до стін величина швидкості зменшується.

Таким чином, вплив стінок каналу позначається на зменшенні турбулентності прилеглих шарів добрив до них та зростання в'язкості повітря.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ

ПНЕВМОЦЕНТРОВОГО РОЗСІЮВАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

2.1 Фізико-механічні і агробіологічні властивості твердих мінеральних добрив

Під добривами розуміють не лише елементи живлення рослин: азот, фосфор, калій, а також речовини та бактерицидні препарати, внесення яких мобілізує елементи живлення, що містяться у ґрунті, та покращує її структуру, фізичні хімічні, біологічні та інші властивості, а також стимулює біологічну активність рослин та сприяє підвищенню їх урожаїв.

За агрономічним призначенням добрива поділяють на прямі та непрямі. До прямих добрив відносять односторонні та непрямі. Перші містять один поживний елемент, а другі два і більше поживних елементів. До непрямих добрив відносять засоби меліорації (вапно, гіпс), а також бактеріальні добрива та стимулятори росту.

За станом речовини добрива поділяються на рідкі та тверді. Тверді добрива поділяють на активно сипучі та пасивно сипкі. Активно сипучі добрива можуть бути неаерованими та аерованими. Добрива, що аеруються, часто називають пилоподібними. Прості (азотні, фосфорні, калійні) випускають сухими і рідкими.

Складні – сухими та рідкими.

Сухі складні добрива заводського виробництва випускають як нітрофосок, амофосок та нітроамофосок. Відсотковий вміст поживних речовин вказується в технічних умовах, проспектах виробників та у супровідних документах.

Різноманітність складних добрив за складом дозволяє вибрати оптимальний їх склад для конкретних ґрунтових умов.

Нітрофоски, амофоски і нітроамофоски мають хороші фізико-механічні властивості, легко висіваються машинами і по своїй дії на рослини перевершують суміші простих добрив, приготовані на місцях.

Фізико-механічні властивості добрив – фізичні, розмірні, вагові,

фрикційні, міцності та аеродинамічні – змінюються в широких межах і в більшості випадків взаємно пов'язані між собою.

До найбільш важливих фізико-механічних властивостей усіх видів твердих добрив, що впливають на роботу машин, відносяться: вологість, гігроскопічність, щільність, гранулометричний склад, кут природного укосу, сипкість, лежкість, здатність до зводоутворення та обвалення, в'язкість, липкість, розсівання, опір зсуву, кут тертя, парусність тощо.

Найбільш різко фізико-механічні властивості добрив змінюються в залежності від вмісту в них води. Одне і те ж мінеральне добриво в залежності

від кількості води, що міститься в ньому має різні властивості, що надають значний вплив на роботу машин для внесення добрив. Підвищена вологість для більшості мінеральних добрив неприпустима, оскільки в цьому випадку стає неможливим їх механізований розсів.

Гігроскопічність характеризується двома величинами: гігроскопічною точкою речовини h та коефіцієнтом швидкості поглинання води K . Під гігроскопічною точкою речовини h розуміється відносна вологість повітря, виражена у відсотках, при якій речовина не віддає і не сприймає воду з повітря.

Знання гігроскопічності добрив особливо важливе при організації їх зберігання та для того, щоб можна було забезпечити надійну роботу машин для розподілу добрив. Не можна допускати, щоб при зберіганні добрива набували надмірно більшу вологість, що утруднює механізований висів.

Об'ємна маса сипучого матеріалу залежить від щільності речовини, величини його частинок, наявності проміжків та пор між частинками і співвідношення різних фракцій у його складі, вологості та ступеня тиску на нього вище розміщених шарів.

Гранулометричний склад твердих добрив визначають за допомогою ситового класифікатора. Порцію добрив поміщають у систему розташованих один над одним сит, розмір отворів яких зменшується від верхніх до нижніх. Сита піддають струшуванню протягом заданого часу.

Залишок добрива на ситах зважують та визначають за масою кількість

добрива, що затрималися на кожному з сит, у відсотках до загального, пропущеного через сито матеріалу.

Кут природного відкосу характеризує ступінь рухливості частинок добрива і залежить від величини внутрішнього тертя та зчеплення між частинками, від розмірів частинок, форми та характеру їхньої поверхні, щільності та вологості матеріалу. Добрива, що володіють меншим кутом природного відкосу, частіше всього мають найкращі показники розсіювання.

Кути природного відкосу більше $55-56^\circ$ мають пасивно-сипкі добрива при підвищеній вологості.

Сипучість будь-яких матеріалів може бути активною та пасивною. При активній сипучості частинки, що складають матеріал, не пов'язані один з одним нічим, крім сил тертя. У такому стані матеріал, насипаний на горизонтальну площину, здатний набирати форму конуса. До пасивно-сипких матеріалів

відносяться такі, у яких частинки утримуються в рівновазі не тільки за рахунок сил тертя, але та сил зчеплення. Такі тіла не можуть набувати форми конуса. На сипкість впливають: розмір частинок, форма частинок, характер поверхні частинок, їх щільність, кут природного укосу, тиск, характер і кількість домішок,

температура. Зі збільшенням вологості вище стандартної сипкість добрив у більшості випадків погіршується.

Велике значення при проектуванні машин для внесення добрив мають відомості про коефіцієнти зовнішнього тертя добрив по різних поверхнях.

Коефіцієнти тертя ковзання визначають за допомогою приладів. Динамометричним приладом реєструють силу P , необхідну для подолання сили тертя $F=P$. Далі обчислюємо тангенс кута.

Коефіцієнт внутрішнього тертя характеризує опір добрив зсуву, коли один шар добрива переміщається по іншому. Для добрив, частинки яких не мають сил зчеплення, кут внутрішнього тертя приблизно дорівнює куту природного відкосу, а для добрив, частинки яких володіють силами зчеплення, він менше кута природного відкосу.

Велике значення величина коефіцієнта внутрішнього тертя добрив має при

розрахунку зусиль, необхідних для пропускання шару добрива через дозувальну циліндру висотою, меншою, ніж висота шару добрива, що переміщається до неї.

До аеродинамічних властивостей твердих мінеральних добрив відносять швидкість «витання», V , яку визначають експериментально на вітрильних класифікаторах. Швидкість «витання», як і розміри та інші фізико-механічні властивості добрив, величина випадкова в імовірнісно-статистичному сенсі. Для її характеристики необхідно задати закон розподілу у вигляді варіаційного ряду, гістограми чи теоретичної функції розподілу.

2.2 Агротехнічні і експлуатаційні вимоги до машин для внесення твердих мінеральних добрив

Технологічний процес внесення твердих добрив машинами різного типу та конструкції складається з кількох технологічних операцій, що визначають його спрямованість.

Для розробки технологічного процесу внесення твердих мінеральних добрив необхідно знати способи внесення добрив, фізико-механічні їх властивості, мати комплекс машин, що забезпечують виконання агротехнічних та екологічних вимог при обробці продукції рослинництва. Якість внесення твердих мінеральних добрив характеризують нерівномірність їх розподілення по поверхні поля.

Для оцінки впливу нерівномірного внесення добрив пропонуємо використати структурну модель, наведену на рис. 2.1.

Фактичні антропогенні властивості ґрунту полів залежать від нерівномірності внесення добрив машинами з розкидними робочими органами, яка, часто, у виробничих умовах варіюється до 40..60%. У той же час застосування високіх доз добрив призводить до зростання ризику, пов'язаного зі зниженням урожайності у зв'язку з неякісним їх внесенням.



Рисунок 2. Структурна модель витрат від неякісного внесення добрив

Водночас встановлено, що нерівномірність внесення може бути отримана за підвищеної пошкодження великих частинок дозуючими робочими органами машин для внесення.

Таким чином, тенденція розвитку вимог до якості внесення зводиться до випуску добрив, що мають високі фізико-механічні властивостями та з досить вирівняним гранулометричним складом.

Висока статична міцність гранул забезпечує безпеку гранулометричного складу добрив у процесі внесення добрив сучасними машинами за її міцності щонайменше 2,0 МПа.

Тому, необхідно визначати нові напрямки розвитку побудови машин: пошук раціональних схем, параметрів робочих органів та технологічних модулів.

Класифікація робочих органів машин для внесення добрив (рис. 2.2) виконується за принципами розсіву (рис. 2.3), розташування віяла розподілу у просторі, способі передачі швидкості частинкам добрив та виду руху робочого органу та за принципами управління якістю розсівання.

Гравітаційний спосіб розсівання реалізується в тукових і комбінованих сівалках з широкими ящиками. Винос добрив з ящика проводиться тарілчастим, гусеничним, ланцюговим, зірчастим, шнековими або лопатевими висіваючими апаратами.

Далі добрива під дією сили тяжіння падають вниз на поверхню поля або в борозни. На шлях падіння частинок можуть встановлюватися дошки голки або інші розподільники.

Струменевий принцип розсіву використовують для розподілу дрібнодисперсних добрив та вапна. На виході з апарату формується щільний струмінь, спрямований перпендикулярно до лінії руху машини. Рух струменя в повітряному середовищі призводить до поступового її розпаду.

Частки, що відірвалися від струменя, швидко втрачають швидкість і падають на поле. В результаті засівається смуга, ширина якої залежить від швидкості струменя, її щільності та парусності частинок.

Управління рівномірністю розсіву утруднене і можливе тільки через рахунок перекриття смуг від окремих струменів або від суміжних проходів машини.

Струю можна створювати механічними апаратами у вигляді транспортної стрічки, ротором з круговим щитком або пневматичними металниками у вигляді ексгаустерів і ежекторів.

Струменевий принцип використовують у землерийних машинах при очищенні або нарізуванні зрошувальних каналів, у навантажувальних машинах при заповненні складів та барж, що транспортують сипучі матеріали.

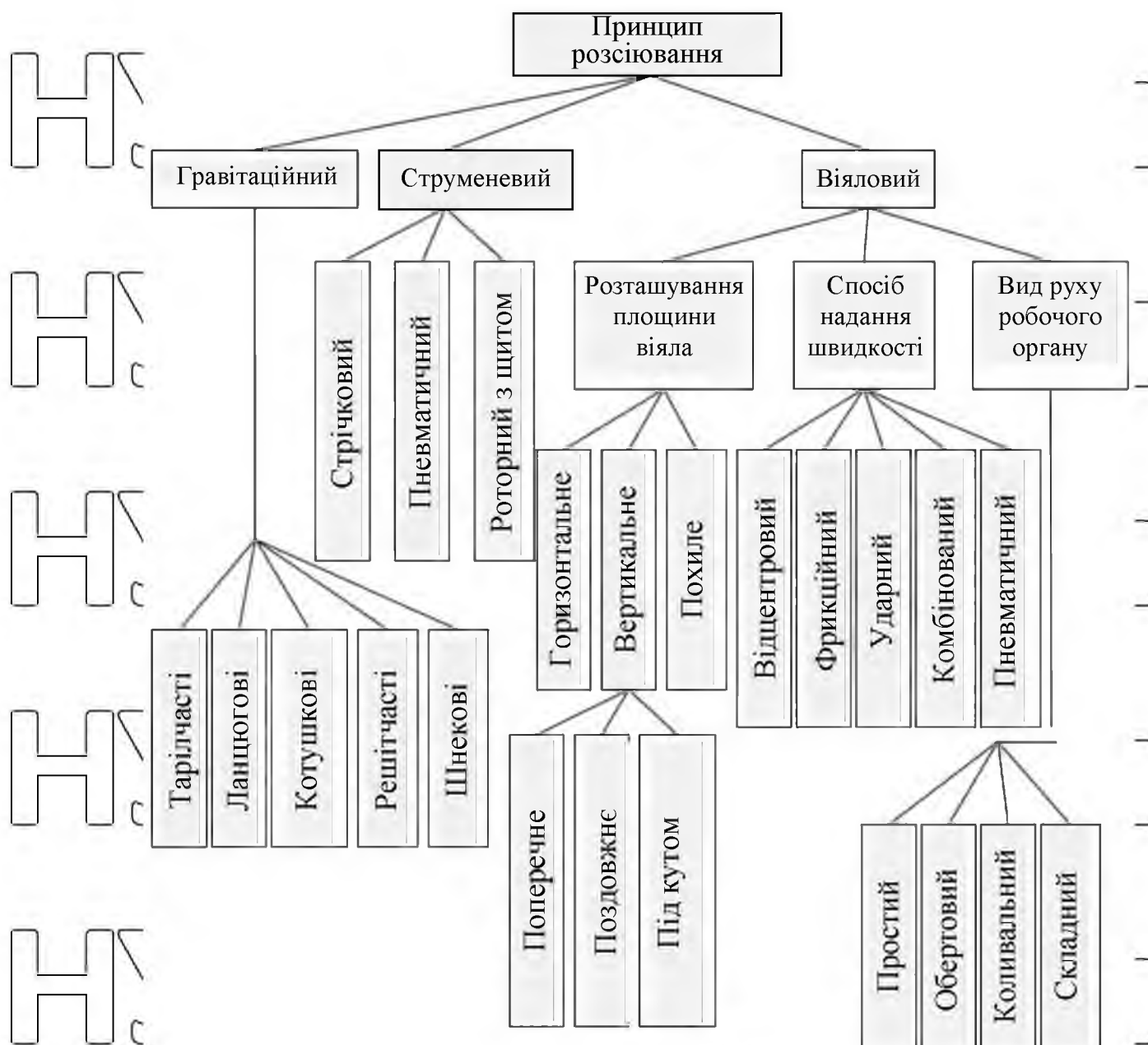


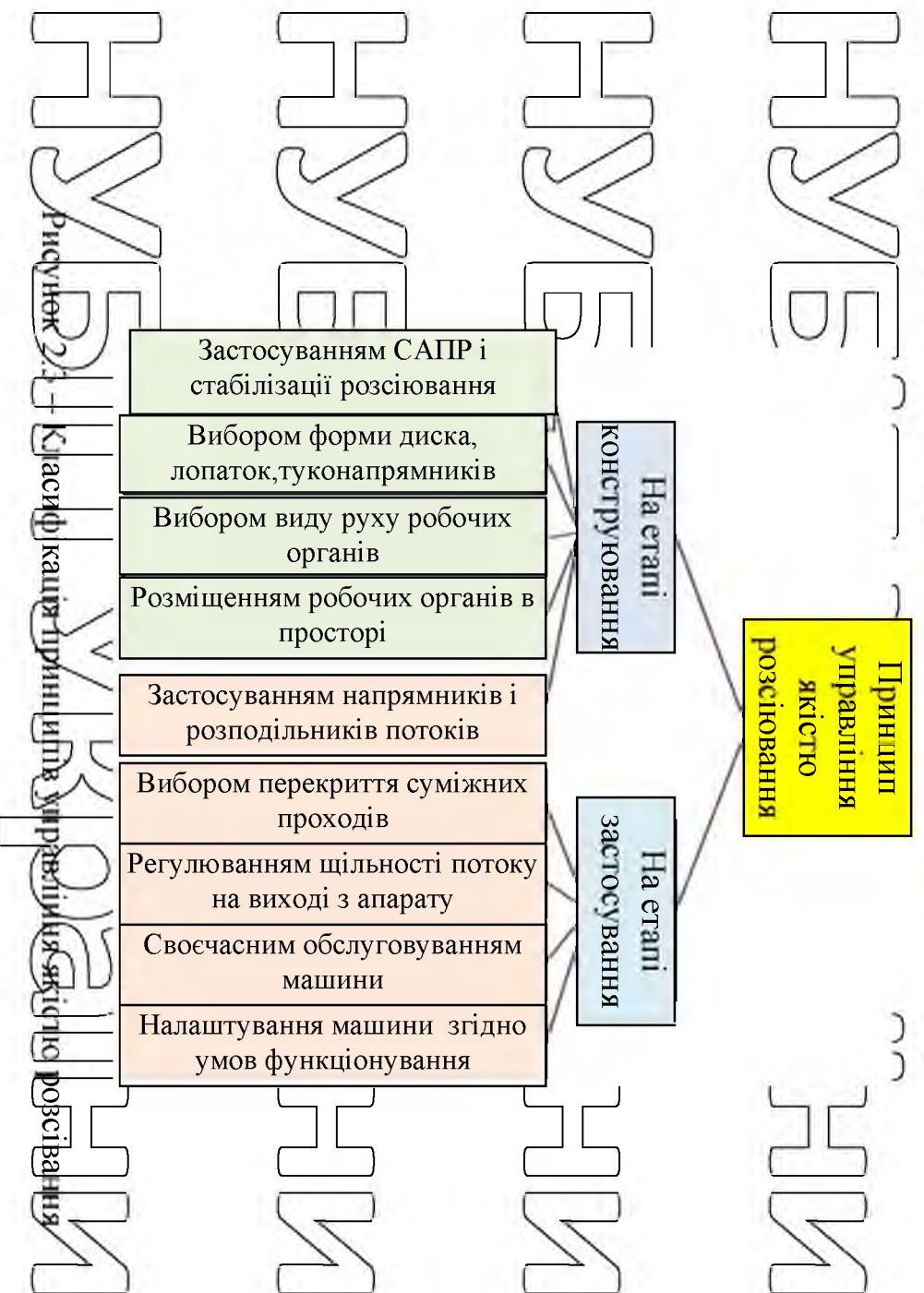
Рисунок 2.2 – Класифікація робочих органів машин для внесення добрив

Віяловий принцип розсіву з розташуванням віяла в горизонтальній площині застосовується для розподілу гранульованих добрив. Віяло створюється шляхом скидання гранул з лопаток відцентрового диска по дугі кола з початковою швидкістю, що сягає 40 м/с.

Щільність потоку частинок у цьому напрямку можна регулювати та задавати під час конструювання шляхом зміни параметрів зони подачі, тобто регулюють форми туконяпрямяча та його положення, форми та виду руху диска та лопаток.

Принцип реалізується однодисковими та дводисковими апаратами. Однодисковий апарат повинен створювати венто-центральний кутем-менне 180. Три зосередженій подачі доорив на диск шістьсть імовірност кута викидання білизька до закону нормального розподілу.

Кутом сектора розсіву прийнято вважати кут, що дорівнює чотирьом середнім квадратичним-втіхленням у межах цього кута сходять з диска понад 95% від усіх доорив, що подляються на диск. Класифікації принципів управління якістю розсіювання мінеральних доорив наведена на рис. 2.3.



Рисунек 2.3.

Класифікація принципів управління якістю розсіювання

Основні критерії сучасних технологій - збереження та підвищення

продуктивності, ресурсозбереження, екологічна безпека продукції, захист та охорона навколишнього середовища. Тому вивчення ефективних енергозберігаючих прийомів внесення доз мінеральних доорив у різних

грунтово-кліматичних умовах при обробітку сільськогосподарських культур - актуальне завдання сучасного землеробства [18, 19].

Для кожної сільськогосподарської культури у конкретних природно-кліматичних умовах існує оптимальна доза внесення добрив. Рівномірне внесення добрив по поверхні ґрунту одне з умов, що підвищують їх ефективність у межах поля [20, 21].

Одним з головних агротехнічних показників роботи машин внесення мінеральних добрив є рівномірність розсіювання мінеральних добрив по поверхні поля.

На рис. 2.4 наведено залежність втрат урожаю від нерівномірного внесення твердих мінеральних добрив, отримане під час обробки даних агрохімічних досліджень з різних регіонів [15].

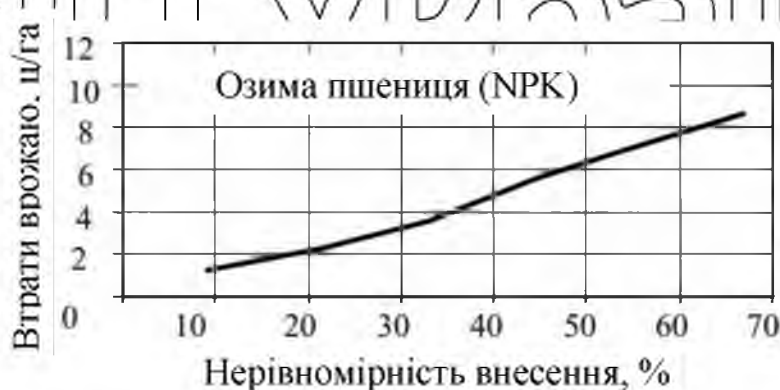


Рисунок 2.4 Залежність втрат врожаю від нерівномірності внесення мінеральних добрив

Залежність (рис. 2.4), що описує втрати врожаю від нерівномірного внесення мінеральних добрив, аналогічна для різних культур та видів добрив [22, 23].

Численними дослідженнями доведено, що на агротехнічні показники впливають тип розподільчого робочого органу, рівномірність розподілу по полю, спосіб внесення добрив.

Питання вибору для необхідної робочої ширини розсіву в процесі руху машини по полю є складним науковим та технічним завданням. Це в першу чергу спричинено тим, що машини, обладнані робочими органами кидального типу, мають робочу ширину розсіву конструктивної ширини самої машини.

Тому для забезпечення заданої ширини розсіву доводиться виконувати розмітку поля чи обладнати машини маркерами. Результати виробничої перевірки показали, що без розмітки поля помилки механізатора у керуванні агрегатом можуть бути значними [24].

Так, при заданій ширині розсіву в 10 м, машинами кидального типу дійсна ширина розсіву коливалася від 7 до 13-14 м.

2.3 Обґрунтування конструкції та функціональної схеми пневмовідцентрового розсіювального робочого органу

Проаналізувавши відомі конструкції машин для внесення твердих мінеральних добрив, можна констатувати, що вони є надійні в експлуатації та добре працюють навіть в складних умовах при підвищеній вологості та гігроскопічності.

Недолками даних робочих органів є нерівномірності внесення добрив та можливість якісного розсіву тільки малими дозами внесення добрив.

Конструкції дисково-вентиляторних РРО розкидального типу мають властивості, як відцентрових, так і пневматичних РРО.

В дисково-вентиляторних типах РРО розкидання добрив проводиться відцентровим диском, що обертається, а вентилятор використовується для підсилення руху добрива потоком повітря, рис. 2.5. Це дозволить добитися рівномірності внесення добрив збільшення ширини захвату машин.

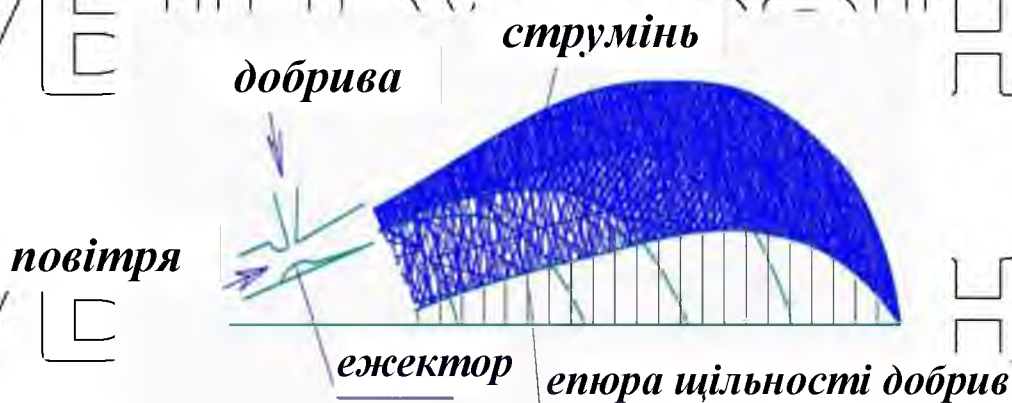


Рисунок 2.5 – Схема пневматичного розсіву мінеральних добрив

Ми пропонуємо нову конструкцію дисково-вентиляторних пневмовідцентрових РРО, рнс. 2.6.

Даний робочий орган має диск, який кріпиться до вала редуктора. Зверху на диску встановлено лопатки. Пневмопровід, який має напрямний козирок під'єднується до поверхні диска.

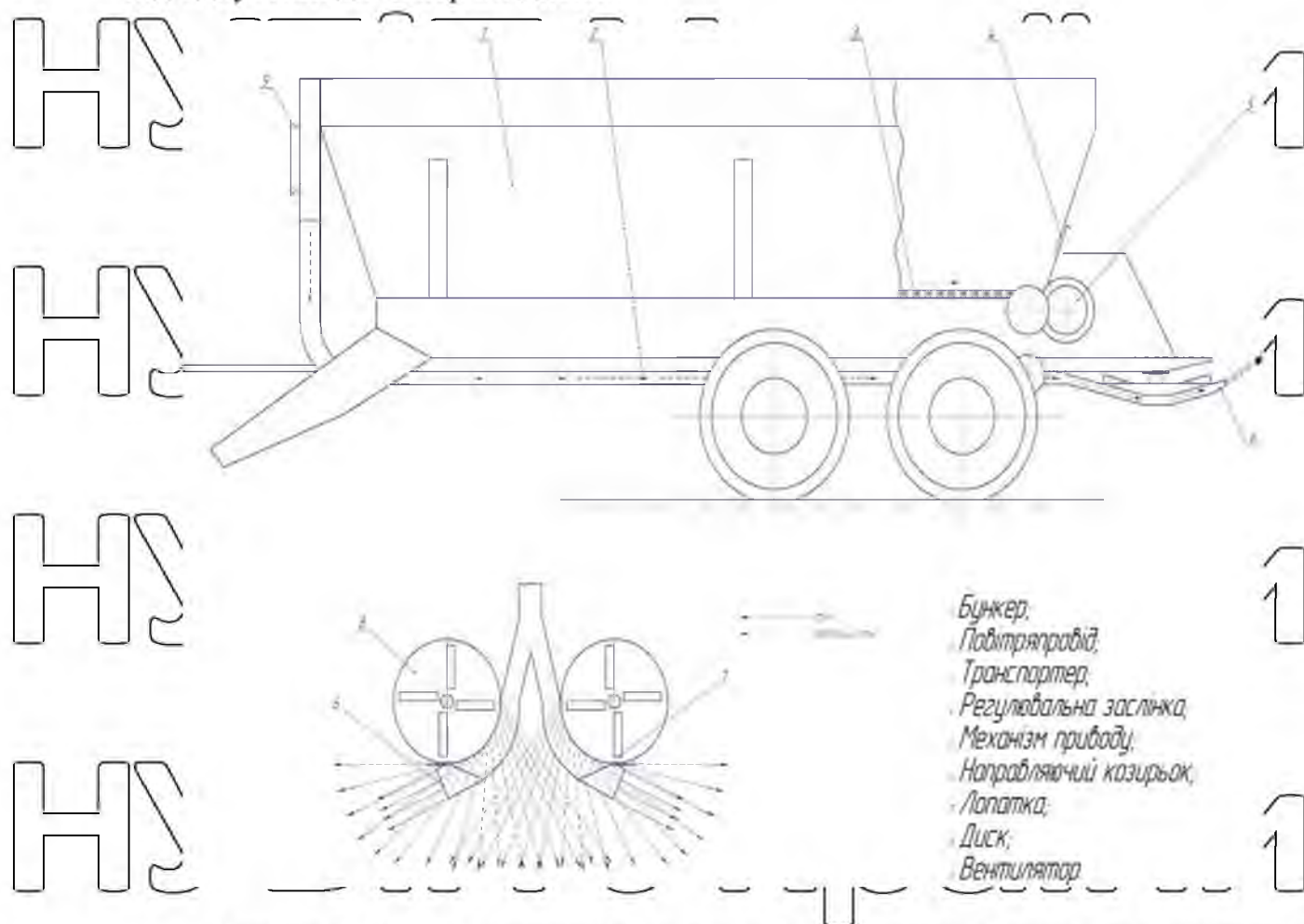


Рисунок 2.6 – Конструкція дисково-вентиляторних пневмовідцентрових

РРО

Вентилятор, який розміщений попереду бункера призначений для регулювання сили повітряного потоку в пневмопроводі.

Технологічний процес полягає в наступному, добрива, які є на диску, переміщуються лопатками до зовнішньої кромки диска, таким чином готуючись до сходу.

Завдяки кінетичній енергії, гранули сходять з диска та потрапляють в зону периферійної ділянки ширини захвату.

Рух частинок добрив, які вже злетіли в атмосферу підсилюються потоком повітря. Даний струмінь повітря допомагає гранулам добрив летіти від 5 до 6 м від осі PPO. Подальший рух частини добрив здійснюють завдяки набутій кінетичній енергії.

Частинки добрив стикаються з опором повітря, який пригальмовує їх рух, в результаті відбувається процес їх висіву на поверхню поля.

Це є результатом диференційованої подачі струменя повітря, в результаті якої добрива потрапляють на периферійні зони робочої ширини захвату. Гранули,

яка вилітають з диска за межами козирка, потраплять в центр ширини захвату робочого органу завдяки попереднього розгону розсіювальними лопатками.

РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗСІЮВАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

НУБІП України

3.1 Обґрунтування технологічного процесу роботи

пневмовідцентрового РРО та визначення його основних параметрів

НУБІП України

Розглянемо рух добрих по лопатках апарату пневмовідцентрового розсіювального робочого органу. Лопатка вважається відхиленою вперед, якщо її положення на диску отримано поворотом зовнішнього кінця щодо початку за напрямом обертання диска.

На рис. 3.1 початок лопатки позначено цифрою 0. В цій же точці починається вісь координат ξ , спрямована вздовж лопатки і пов'язана з нею жорстко. Відстань від площини лопатки до осі обертання диска позначено літерою C .

НУБІП України

Розглянемо рух частинки добрих по лопатці горизонтального диска, що обертається з метою знаходження швидкості та напрямку польоту частки після сходу з лопатки.

НУБІП України

На частинку масою m , захоплену лопаткою, у горизонтальній площині діють:

- відцентрова сила інерції $P_{\omega} = mr\omega^2$, Н;

- сила нормальної реакції N , Н;

- сили тертя fmg , Н;

- сила тертя fN , Н;

- Кориолісова сила інерції $P_{\omega} = 2m\omega\xi$,

НУБІП України

де f – коефіцієнт тертя добрих про лопатку та диск; ξ – осі ордината, спрямована вздовж лопатки, м; r – радіус-вектор частки, м.

НУБІП України

Диференціальне рівняння руху частки має вигляд

$$\xi'' = r\omega\cos\psi - fg \pm fr\omega\sin\psi - 2f\omega\xi'. \quad (3.1)$$

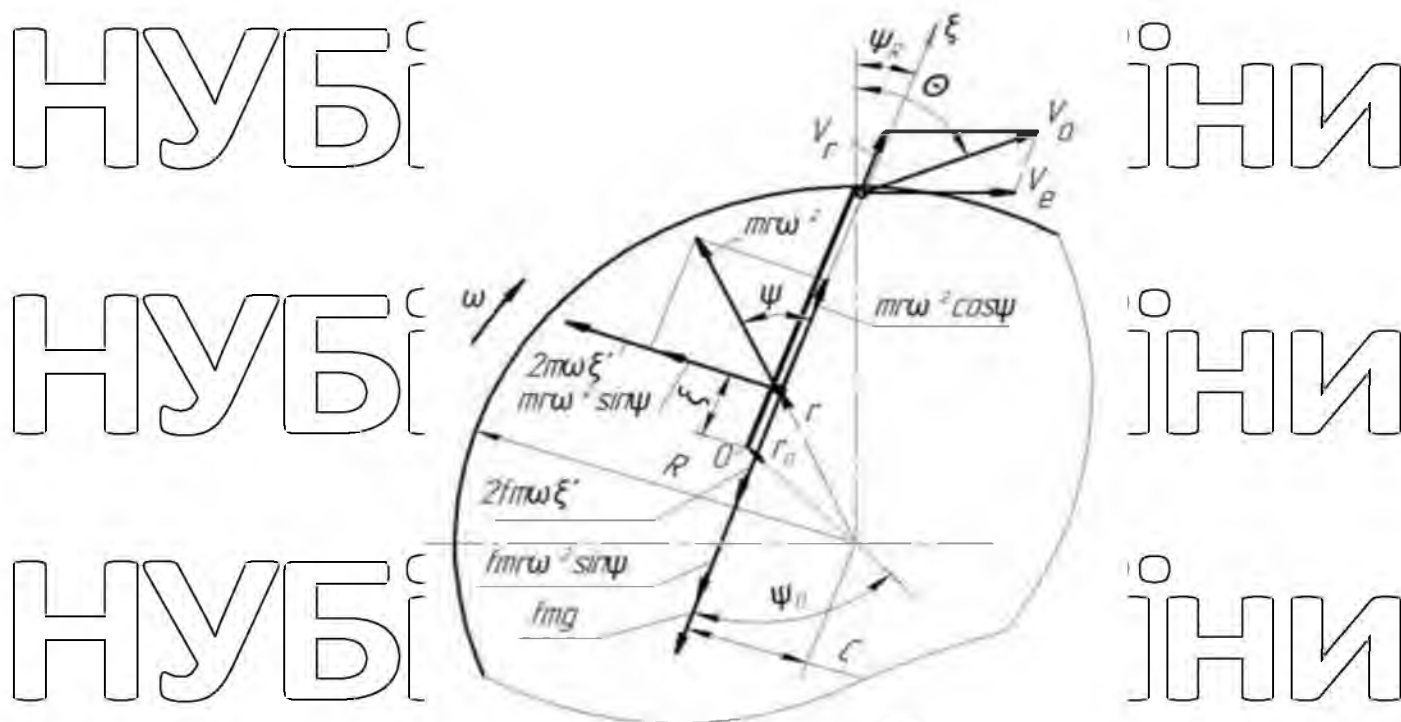


Рисунок 3.1 – Схема сил, що діють на частку добрив під час руху по

лопатці

Верхній знак (з плюс, мінус) у рівнянні (3.1) і далі відповідає лопатці, відхиленій назад, а нижній – вперед у напрямку обертання.

Тому що $r \sin \psi = r_0 \sin \psi_0 = C$ та $r \cos \psi = \xi + r_0 \cos \psi_0$, тоді після перетворення рівняння (3.1), одержимо

$$\xi'' + 2f\omega\xi' - \omega^2\xi = r_0\omega \frac{\cos(\psi_0 \pm \varphi)}{\cos\varphi} - fg, \quad (3.2)$$

де φ – кут тертя частинок з поверхні, град.;

r_0 – радіус подачі частки на лопатку, м;

ψ – поточний кут нахилу лопатки, град.

Після спрощення та введення нової перемінної, одержимо характеристичне рівняння у вигляді:

$$\lambda^2 + 2f\omega\lambda - \omega^2 = 0. \quad (3.3)$$

Розв'язок даного рівняння має два корені:

$$\lambda_1 = \frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi} \omega; \lambda_2 = \frac{1 + \sin \varphi}{\cos \varphi} \omega. \quad (3.4)$$

При $\xi'' = 0$ та $\xi' = 0$ рішення має вигляд

$$\xi = -r_0 \omega \frac{\cos(\psi_0 \pm \varphi)}{\cos \varphi} + \frac{fg}{\omega^2}. \quad (3.5)$$

Позначимо $A = \frac{fg}{\omega^2}$ та $B = r_0 \omega \frac{\cos(\psi_0 \pm \varphi)}{\cos \varphi}$.

Тоді $\xi = A - B$.

Загальне рішення

$$\xi = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} - B + A. \quad (3.6)$$

Постійні інтегрування знайдемо при $t = 0, \xi' = 0, \xi'' = 0, \xi' = 0, \xi'' = 0$, або

$$C_1 = \frac{(B - A)\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}; C_2 = \frac{(B - A)\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}. \quad (3.7)$$

Підстановкою постійних інтегрування в рівняння (3.6), отримаємо

$$\xi = (B + A) \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \exp(\lambda_1 t) - \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \exp(\lambda_2 t) \right) - B + A. \quad (3.8)$$

За рівнянням (3.8) можна побудувати графік функції $\xi(t)$.

Якщо на цьому ж графіку провести лінію, що відповідає повній довжині

лопатки ік перетином знаходимо рішення трансцендентного рівняння.

Шлях ξ_R частинки в кінці лопатки дорівнює

$$\xi_R = R \cos \psi_R - r_0 \cos \psi_0. \quad (3.9)$$

Точка перетину графіків рівнянь (3.6) та (3.8) дає розв'язок системи рівнянь (рис. 3.2)

У системі Mathcad час t_1 руху частинки по диску точніше знаходять розв'язок трансцендентного рівняння функцією root (рис. 3.2).

Відносну швидкість руху частинки по лопатці визначають диференціюванням рівняння (3.8)

$$\xi^t = (B + A) \left(\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}) \right). \quad (3.9)$$

Абсолютна швидкість частинки в момент сходу з диска знаходиться сумуванням векторів V_r і V_e (див. рис. 3.1)

$$V_0 = \frac{V_0 + V_r \sin \psi_r}{\sin \theta}. \quad (3.10)$$

Кут сходу частки, тобто. кутове переміщення частинки в абсолютному руху до моменту сходу з лопатки знаходиться за формулою

$$\omega t_L = \omega t_1 \pm (\psi_0 - \psi_R). \quad (3.11)$$

Нехтуючи членом A та експонентом з від'ємним показником, одержимо такі вирази:

$$\omega t = \frac{\cos \varphi}{1 - \sin \varphi} \ln \frac{2(r_0 \cos(\varphi \pm \psi_0) + l \cos \varphi)}{r_0(1 + \sin \varphi) \cos(\varphi \pm \psi_0)}, \quad (3.12)$$

$$V_r = \frac{\omega_r}{1 - \sin \varphi} (r_0 \cos(\varphi \pm \psi_0) + l \cos \varphi). \quad (3.13)$$

де l – довжина робочої частини лопатки, м.

За графіком знаходимо розв'язок трансцендентного рівняння як координати t точки перетину графіків, рис. 3.2.

Приблизно це $\theta, 0375$.

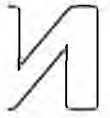
Перевіримо рівність $\xi(0.0375) = 0.221$, рис. 3.3.

З формул (3.12) та (3.13) випливає, що для ідеально гладкої радіальної лопатки, тобто при $\psi = \varphi = 0$, маємо $V_r = \omega R$ і $\theta = 45^\circ$, тобто відносна і переносна швидкості частинки добива при сході з ідеально гладкою радіальної лопатки рівні.

При $\varphi > 0$ завжди $V_r < \omega R$, а $\Theta > 45^\circ$.

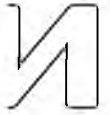
НУ

$$\begin{aligned} r_0 &:= 0.1 \quad \omega := 100 \quad f := 0.5 \quad \phi := \text{atan}(f) \quad \phi = 0.464 \quad g := 9.8 \quad A := \frac{r_0 \cdot g}{\omega^2} \\ R &:= 0.3 \quad \psi_0 := \frac{45 \cdot \pi}{180} \quad \psi_0 = 0.785 \quad B := r_0 \cdot \frac{\cos(\psi_0 + \phi)}{\cos(\phi)} \quad B = 0.035 \end{aligned}$$



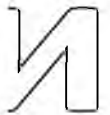
НУ

$$A = 4.9 \times 10^{-4} \quad \lambda_2 := -f \cdot \omega - \sqrt{(f \cdot \omega)^2 + \omega^2} \quad \lambda_1 := -f \cdot \omega + \sqrt{(f \cdot \omega)^2 + \omega^2}$$



НУ

$$\begin{aligned} \xi(t) &:= (B - A) \left[\frac{\lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot \exp(\lambda_1 \cdot t) - \frac{\lambda_1}{(\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot \exp(\lambda_2 \cdot t) - 1 \right] \\ t &:= 0, 0.001, 0.04 \quad \psi R := \text{asin}\left(\frac{r_0}{R} \cdot \cos(\psi_0)\right) \quad \xi R := R \cdot \cos(\psi R) - r_0 \cdot \cos(\psi_0) \\ \cos(\psi R) &= 0.972 \quad \psi R = 0.238 \quad \xi R = 0.221 \end{aligned}$$



НУ

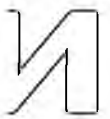
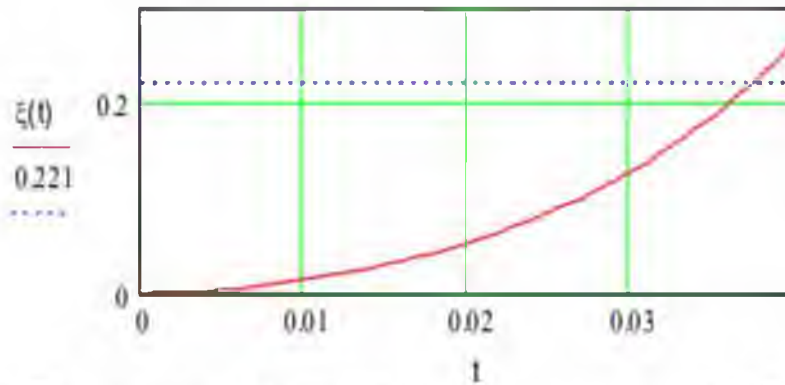


Рисунок 3.2 Розрахунок часу руху частки по лопатці

НУБІГ Миколаїч

$$\xi(t) := (B - A) \left[\frac{\lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot \exp(\lambda_1 \cdot t) - \frac{\lambda_1}{(\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot \exp(\lambda_2 \cdot t) - 1 \right] - (R \cos(\psi R) - r_0 \cos(\psi_0))$$

$$t := 0.02 \quad t1 := \text{root}(\xi(t), t) \quad t1 = 0.03747 \quad \xi(0.03747) = -4.258 \times 10^{-5}$$

Рисунок 3.3 Перевірка коренів рівняння

НУБІГ українці

3.2 Дослідження руху частинок добрив по робочій поверхні

Дослідження показали, що робочий процес даного апарату характеризується наявністю двох фаз, рте. 3.4.

НУБІГ українці

У першій фазі частки добрив повинні взаємодіяти з робочою поверхнею виконавчого елемента другий фазі, отримавши необхідну швидкість, частинки

повинні зробити вільний політ у повітряному середовищі та розподілитися по поверхні ґрунту.

Використовуючи закономірності вільного руху сипких матеріалів, можна зробити висновок, що частинки добрив рухатимуться без удару та руйнування по увігнутій поверхні.

Крім того, при русі тунів можливі відрив їх від різних точок цієї поверхні.

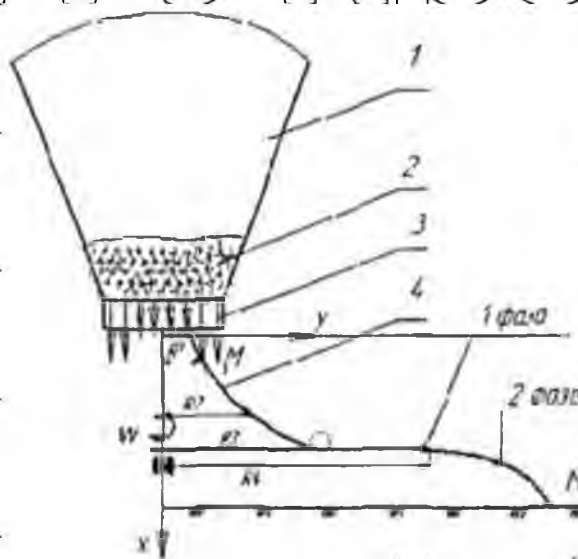


Рисунок 3.4 – Схема процесу безперервного сходження частинок добрив з

диска

Диференціальне рівняння відриву частинок, що рухаються увігнутою поверхнею при її одночасному обертальному русі, запишеться у вигляді

$$N + \frac{P}{g} \omega_e^2 y \frac{dx}{ds} - P \frac{dy}{ds} = 0, \quad (3.14)$$

де P – сила ваги частинки, Н;

g – прискорення сили тяжіння, м/с²;

ω_e – кутова швидкість обертання, с⁻¹;

x, y – поточні координати обертання, м.

Вважаючи координату x незалежною змінною та враховуючи, що в момент відриву нормальна реакція $N = 0$, з рівняння (3.14) встановимо залежність $y=f(x)$

$$N + \frac{P}{g} \omega_e^2 y \frac{dx}{ds} = P \frac{dy}{ds}. \quad (3.15)$$

Звідси

$$\frac{dy}{y} = \frac{\omega_e^2}{g} dx. \quad (3.16)$$

Інтегруючи рівняння (3.16) матимемо

$$\int_{R_0}^y \frac{dy}{y} = \frac{\omega_e^2}{g} \int_0^x dx, \text{ або } \ln|y| - \ln R_0 = \frac{\omega_e^2}{g} x. \quad (3.17)$$

При $R_0 = 1, \ln R_0 = 0$, тоді одержимо

$$\ln|y| = \frac{\omega_e^2}{g} x, \quad (3.18)$$

звідси

$$|y| = e^{\frac{\omega_e^2}{g} x}. \quad (3.19)$$

Аналізуючи отримане рівняння (3.19), можна дійти невтішного висновку, що з метою забезпечення безперервного відриву частинок добрив, робоча поверхня має бути утворена оберганням логарифмічної кривої навколо вертикальної осі (рис. 3.5).

Для обґрунтування місця встановлення вибраних лопатей на робочій поверхні необхідно визначити відносну швидкість руху частинок по даній поверхні.

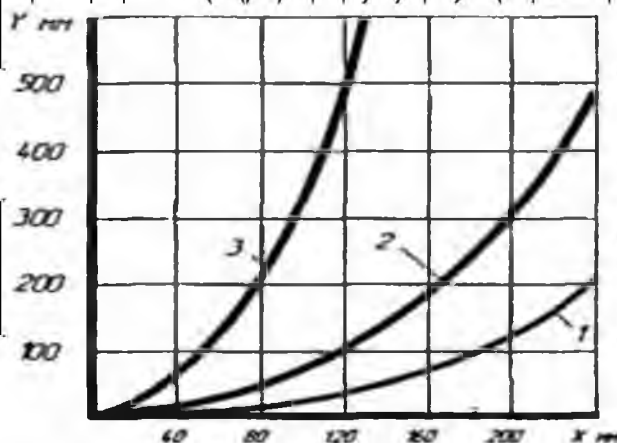


Рисунок 3.5 – Форми кривих, що утворюють робочу поверхню: 1 – при $\omega = 15,0 \text{ с}^{-1}$; 2 – при $\omega = 20,0 \text{ с}^{-1}$; 3 – при $\omega = 30,0 \text{ с}^{-1}$

На частинку m , що знаходиться в проміжному положенні, діють:

- нормальна сила інерції F_{in} ;
- Кориолісова сила інерції F_{K} ;
- сила тертя ковзання $F_{тр}$;
- відцентрова сила інерції, обумовлена радіусом кривизни ρ ;
- нормальна сила реакції N .

Напрямки дії зазначених сил на частинку добрих, що знаходиться на робочій поверхні, показані на рис. 3.6.

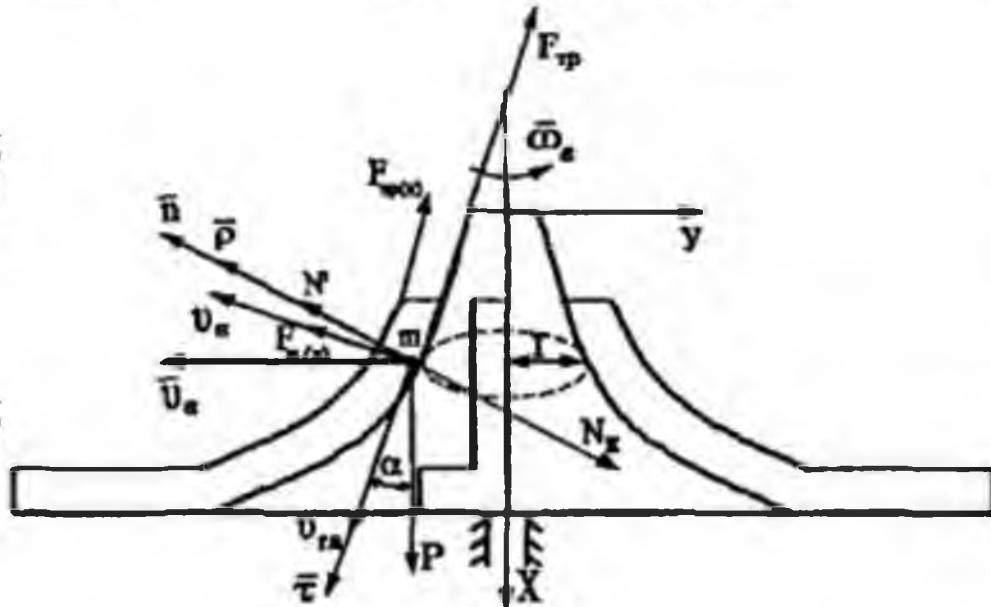


Рисунок 3.6 – Схема сил, що діють на частинку, що рухається по робочій поверхні

Диференціальні рівняння руху частки у міжлопатевому просторі буде мати

такий вигляд:

$$\frac{P}{g} \frac{dV_r}{ds} = P \cos \alpha + F_{up} \sin \alpha - F_{тр}, \quad (3.20)$$

$$\frac{P}{g} \frac{dV_r}{\rho} = N + F_{up} \cos \alpha - P \sin \alpha. \quad (3.21)$$

Вирішуючи дані рівняння, отримаємо значення швидкості руху частинок

добрив

$$V_o = \sqrt{2gx + \omega_e^2 y^2 + V_{r0}^2 - \omega_e^2} \quad (3.22)$$

Відносну швидкість руху частинки вздовж лопаті можна визначити з наступного рівняння:

$$V_{rл} = \left(g + \frac{\omega_e^4}{g} e^{\frac{2\phi_e}{g} x} \right)^{1/2} V_{r0} - 2f \frac{\omega_e^2}{g} e^{\frac{2\phi_e}{g} x} \quad (3.23)$$

За рівняннями (3.22) та (3.23) побудовано графіки залежності відносної швидкості руху частинок добрив у міжлопатевому просторі та вздовж лопаті робочої поверхні (рис 3.7).

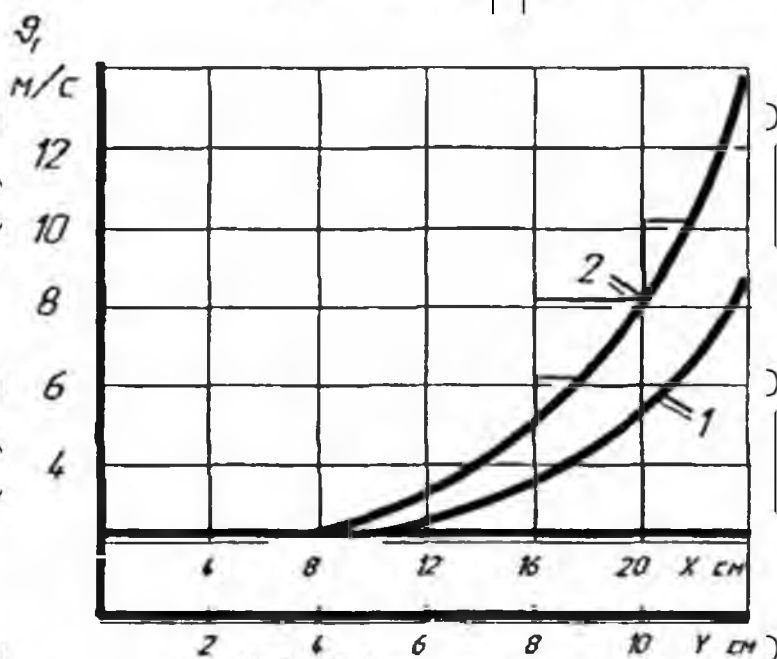


Рисунок 3.7 – Залежність відносної швидкості руху частинок від форми робочої поверхні: 1 – вздовж лопаті; 2 – у міжлопатевому просторі

Аналіз отриманих рівнянь показує, що частинки добрив вздовж лопаті рухаються з меншою швидкістю, ніж у міжлопатевому просторі. При цьому на основі аналізу графіка (рис 3.7) встановлено, що відносна швидкість руху частинок починає зростати з відстані $X > 8$ см.

Отже, початок викидних лопатей необхідно встановити на відстані 8-10 см

від вершини робочої поверхні.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Методика проведення експериментальних досліджень

Програма експериментальних досліджень мала на меті уточнення теоретичних значень, отриманих в результаті дослідження, а також обґрунтування раціональних значень параметрів робочих органів машини для внесення мінеральних добрив.

Програма включала проведення в лабораторних умовах експериментальних досліджень з визначення впливу гранулометричних характеристик добрив на їх міцностні властивості.

Аналіз проведених досліджень впливу гранулометричного складу при внесенні добрив, показав, що це є значним показником для визначення рівномірності внесення різних видів гранульованих добрив [25].

Для дослідження міцності гранул добрив їх поміщали в лабораторний розсівання (рис. 4.1). Для поділу на фракції використовувалися сита з діаметром отворів 2,3,4 та 4,5 мм. Час розсіву становив 25 секунд.

На кожну партію добрив складалася спеціальна картка, у якій вказувалося: назва та склад добрив, вологість становила від 0,2 до 0,5%, маса та розмір фракцій



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд сит

Форма карточки наведена в додатку В.1.

Фракції гранул добрив піддавали випробуванням на міцність.

Для цього у спеціальний лоток насипали гранули добрив в один шар, накривали спеціальним штампом і стискали до руйнування гранул у лабораторній установці, виготовленої на базі зразкового динамометра ДОСМ-3-0,1.

Динамометра ДОСМ-3-0,1 було обладнано пружним елементом з індикаторною голівкою, що дозволяє оцінювати зусилля стиснення гранул та деформацію матеріалу.

Загальний вигляд установки наведено на рис. 4.2.

Пружний елемент пристрою являє собою протезовану притиску пластину.



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд установки для визначення деформації та стиснення гранул добрив: 1 – рукоятка; 2 – повзун; 3 – притискуна пластину; 4 – верхній індикатор; 5 – площадка; 6 – нижній індикатор; 7 – динамометр ДОСМ-3-0,1; 8 – станина

Порядок побудови та реалізації експериментів з визначення деформації та стиснення гранул добрив проводили згідно з стандартною методикою [26].

Результати досліджень оброблялися у програмі Statistica 8 з достовірністю

0,95.

4.2 Результати експериментальних досліджень з визначення деформації та стиснення гранул добрив

Дослідження фізико-механічних властивостей добрив проводили в наступному порядку:

- на початку визначали гранулометричний склад;
- потім отримані фракції піддавалися випробуванню на міцність.

Достовірність дослідження оцінювали за результатами статистичної обробки на рівні довірчої ймовірності 0,95.

Дані, які наведені в додатку В.2, являють собою остаточні результати обробки.

За отриманими даними, були побудовані залежності зусиль руйнування від розмірів гранул (рис. 4.3).

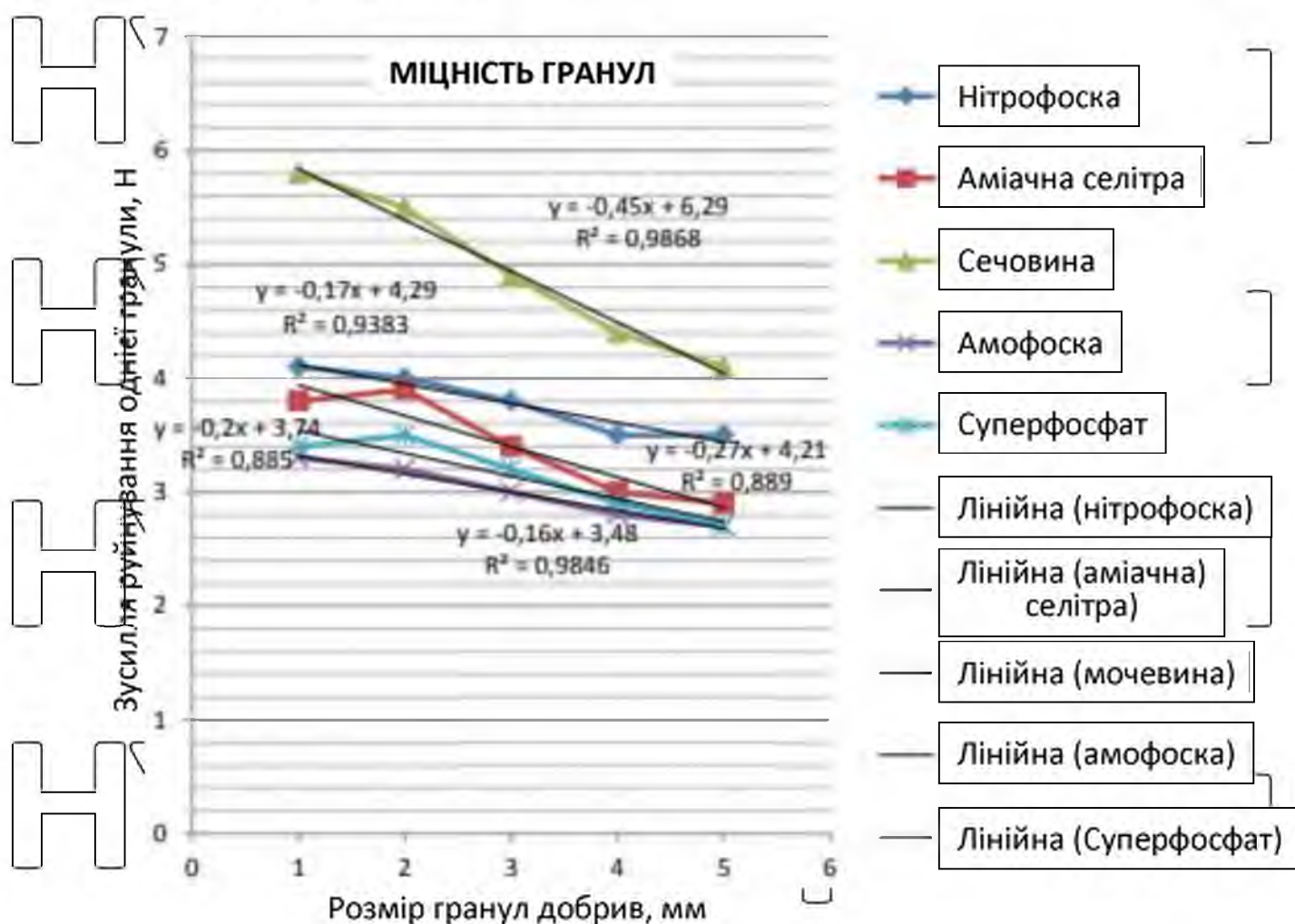


Рисунок 4.3 – Графік залежності зусиль руйнування від розмірів гранул

У результаті обробки експериментального масиву даних було отримано

наступні рівняння регресії зміни зусилля руйнування гранул від їх розміру: м
 - для сечовини рівняння регресії міцності від розміру гранул виглядає наступним чином:

$$y = -0,45x + 6,29; \quad (4.1)$$

- для нітрофоски рівняння регресії міцності від розміру гранул виглядає наступним чином:

$$y = -0,17x + 4,29; \quad (4.2)$$

- для аміачної селітри рівняння регресії міцності від розміру гранул виглядає наступним чином:

$$y = -0,27x + 4,21; \quad (4.3)$$

- для суперфосфату рівняння регресії міцності від розміру гранул виглядає наступним чином:

$$y = -0,2x + 3,74; \quad (4.4)$$

- для амофоски рівняння регресії міцності від розміру гранул виглядає наступним чином:

$$y = -0,16x + 3,48; \quad (4.5)$$

де y – зусилля руйнування однієї гранули, Н;

x – розмір гранул, мм.

Відповідно, адекватність одержаних моделей характеризується коефіцієнтом детермінації R^2 :

- $R^2 = 0,9868$ для сечовини;

- $R^2 = 0,9383$ для нітроамофоски;

- $R^2 = 0,889$ для аміачної селітри;

- $R^2 = 0,885$ для суперфосфату;

- $R^2 = 0,9846$ для амофоски.

Аналіз отриманих моделей показав, що міцність гранул залежить від їх розміру, що менше розмір, то вище зусилля руйнації.

Найбільш схильні до руйнування гранули розміром більше 4 мм, при цьому

їх питомий вага у загальній масі не перевищує 5% для різних видів добрив (рис. 4.4)

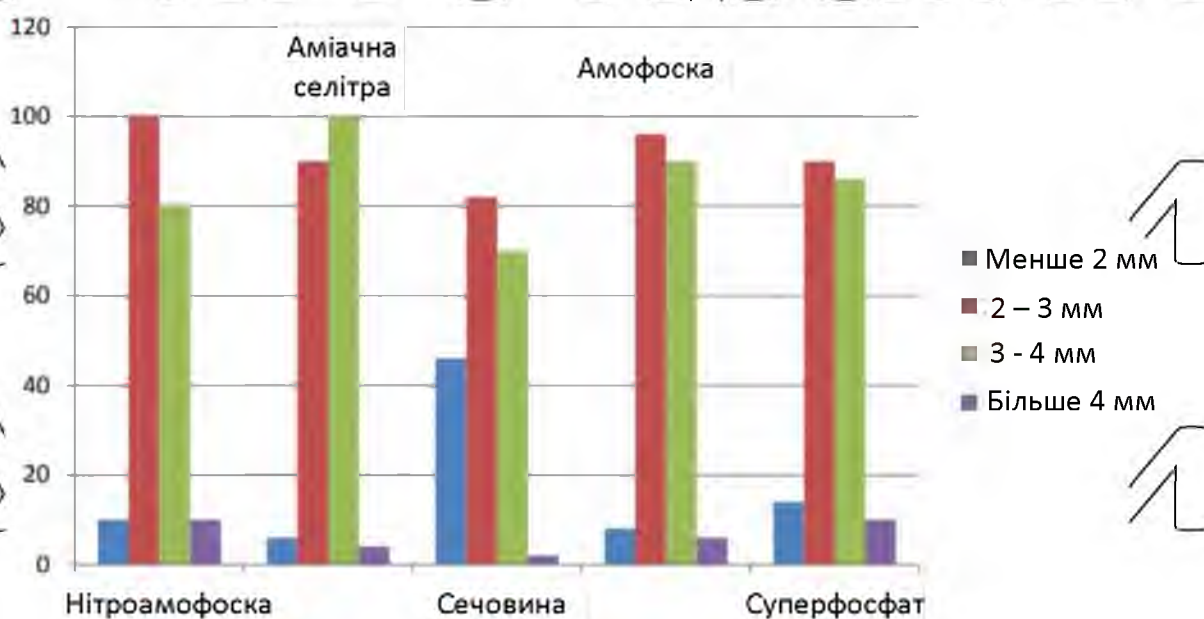


Рисунок 4.4. Дiаграма розподiлу розмiрiв гранул

РОЗДІЛ 5

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗСПОВАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

5.1 Розрахунок показників економічної ефективності використання удосконаленого робочого органу

За критерій економічної ефективності машини береться економічний ефект, отриманий як різницю за порівнюваними варіантами машин, наведених витрат на виконання річного обсягу робіт та кількості продукції рослинництва.

Базовий агрегат: трактор МТЗ-82 + машина МВУ-5.

Новий агрегат: трактор МТЗ-82 + машина МВУ-5 з пневмовідцентровим

РРО.

Визначаємо наведені витрати на одиницю напрацювання (Π) за формулою:

$$\Pi = I + KE, \quad (5.1)$$

де I – прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання, грн.;

KE – капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн.

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання визначаються за формулою:

$$I = Z + \Gamma + D + P + A + \Phi, \quad (5.2)$$

де Z – витрати оплати праці обслуговуючого персоналу, грн.;

D – витрати на пально-мастильні матеріали, грн.;

P – витрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт, грн.;

A – витрати на реновацію, грн.;

Φ – інші прямі витрати, грн.

Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн.

$$z = \frac{1}{W_{cm}} \sum L_j \tau_j K_D, \quad (5.3)$$

де W_{cm} – продуктивність агрегату або робітника за 1 годину змінного часу, га/год;

τ – годинна тарифна ставка оплати праці обслуговуючого персоналу по j -розряду, грн. / люд.-год;

K_D – коефіцієнт, що враховує доплати з розрахунку за додаткову продукцію, премій, класність із соціального страхування;

L_j – кількість j -го виробничого персоналу, люд.

Витрати на пально-мастильні матеріали в грн. на одиницю напрацювання визначаються за формулою

$$Г = qЦ, \quad (5.4)$$

де q – витрата паливно-мастильних матеріалів, кВт год;

$Ц$ – ціна 1кг пального, грн.

Витрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт визначаються за нормативними відрахуваннями від балансової ціни машини.

Балансова вартість машини визначається шляхом множення оптової ціни на коефіцієнт 1,1

$$B_m = C_{opt} 1,1, \quad (5.5)$$

де C_{opt} – оптова ціна машини в грн.

Витрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт за нормативами відрахувань від балансової ціни машини визначаються за формулою:

$$P = \frac{B_m (c_y - c_k)}{W_{cm} T_c} \quad (5.6)$$

де B_m – балансова ціна машини, грн.;

W_{cm} – продуктивність агрегату за 1 год експлуатаційного часу;

c_y – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та ТО;

c_k – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

T_q - нормативне річне завантаження, год.

Витрати на реновацію машини у грн. визначають за формулою

$$A = \frac{B_a}{W_{ек} T_z}, \quad (5.7)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на реновацію машини.

Інші прямі витрати:

$$\Phi = \sum h_i \Pi_{mi} \quad (5.8)$$

де h_i – питома витрата і-виду матеріалу;

Π_{mi} – оптова ціна одиниці і-го виду витрачається матеріалу, грн.

Капітальні вкладення по машині

$$K = \frac{B_a}{W_{ек} T_z}, \quad (5.9)$$

Витрати праці в люд.год на одиницю напрацювання під час виконання машиною визначають за формулою

$$z = \frac{L}{W_{см}}, \quad (5.10)$$

де L – кількість виробничого персоналу, чол.

Зональне річне напрацювання нової машини визначають за формулою

$$B_z = W_{ек} T_z, \quad (5.11)$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини у грн. визначаються за формулою:

$$E_p = B_z (\Pi_6 - \Pi_n + E), \quad (5.12)$$

де Π_6 – наведені витрати на одиницю напрацювання базової машини, грн.;

Π_n – наведені витрати на одиницю напрацювання по новій машині, грн.;

E – економічний ефект від вивільнення робочої сили, якості та кількості продукції, грн.;

B_3 – річне напрацювання нової машини в умовах даної кліматичної зони, год.

Річний економічний ефект від виробництва та використання машини термін служби нової машини в руб. визначається за формулою

$$E_c = \frac{E_p}{a_n} + E, \quad (5.13)$$

де a_n – коефіцієнт відрахувань на реновацію новою машиною;

E – нормативний коефіцієнт ефективності нових вкладень.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники машини МВУ-5 з

пневмовідцентровим РРО на внесенні гранульованих добрив

Показники	МВУ-5	МВУ-5 з ПВРРО
Ширина захвату, м	14	18
Швидкість руху агрегату, км/год	10	10
Середня продуктивність, га/год.зм.часу	9,8	12,6
Прямі питомі економічні затрати, грн./га	33,3	26,6
Прямі капіталовкладення, грн./га	123,1	82,3
Приведені питомі затрати, грн./га	47,5	38,1
Річний економічний ефект, грн		25078,9

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

НУБІП України

1. На основі аналізу встановлено, що внесення основної дози

гранульованих і порошкоподібних добрив раціонально здійснювати машинами кузовного типу з пневмовідцентровим PPO дисково-вентиляторного типу із застосуванням подані струменя повітря під частинки добрив, що вносяться на периферійні зони робочої ширини захвату.

НУБІП України

2. Відносна швидкість руху частинки по лопатці, за якої відбувається сходження гранули добрив повинна бути не менше за 0,2 м/с за радіуса диска 0,3 м, кута сходження гранули 45 град. та відстані розташування викидної лопатки більше 8 см.

НУБІП України

3. Встановлено, що найбільш схильні до руйнування гранули добрив розміром більше 4 мм, при цьому їх питома вага у загальній масі не перевищує 5 % для різних видів добрив.

НУБІП України

4. Застосування машини з пневмовідцентровим PPO забезпечує підвищення продуктивності агрегату на 30% за рахунок збільшення ширини захвату при внесенні гранульованих добрив і на 15-20% при внесенні порошкоподібних добрив. Річний економічний ефект від застосування удосконаленого робочого органу становить 25078,9 грн.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хімеліорантів. Техніка АПК. 2000.

№3. С.10-12.

2. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха. ННЦ „ІМЕСГ”, 2002. Вип. 86. С. 90-99.

3. Онищенко В. Б., Береговий І. М. Аналіз роботи машин для внутрішньогрунтового локального внесення твердих мінеральних добрив : тези доп. Міжн. наук.-практ. конф. «Сучасний стан та проблеми аграрного сектору України та шляхи їх вирішення» 26 листопада 2022 р. ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут», м. Ніжин, 2022. С. 115-116.

4. Онищенко В. Б., Береговий І. М. Обґрунтування конструкції та функціональної схеми пневмовіцевого розсівального робочого органу машин для внесення твердих мінеральних добрив . тези доп. ІХ Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 115-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, члена-кореспондента ВАСУНІЛ, віце-президента УАСГІ Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 24-25 жовт. 2022 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2022. С. 205.

5. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін В.О., Т.Д. Іщенко та ін. К. : Наукова думка. 2004. 558 с.

6. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / Д.Г.Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. К. : Вища освіта, 2005. 464 с.

7. Адамчук В.В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хімікаторантів: дис. На здобуття наукового ступеня доктора технічних наук: 05.05.11. / Адамчук Валерій Васильович. Київ, 2006. 342 с.

8. Машина для внесення мінеральних добрив МВУ-0,5А. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://agri-tech.ru/catalog/21/30/0/tech75.html>

9. Машина для внесення добрив НРУ-0,5. <https://tehnagro.com/ustrojstvo-navesnogo-razbrasyvatelja-nru-05>

10. Растваривание мягких контейнеров «Биг-Бэг». Електронний ресурс. Режим доступу: <https://zzbo.ru/product-category/32-komplektuyutsie/rastvoritel-bigbegov/?yelid=5986082013216248742>

11. Напіяний навантажувач MetalFach. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.metalfach.com.pl/ru/oferta/adowacze/1466.html>

12. Машина для внесення мінеральних добрив МВУ-1200. Електронний ресурс. Режим доступу: https://fermer.ru/files/mvu-1200_manual.pdf

13. Машина для внесення добрив JM-500 Jan-Met. Електронний ресурс. Режим доступу:

http://stavalliance.ru/machineryequipment/agriculturalmachinery/vnesenie/razbrasaateli/razbrasvaateli_335.html

14. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В.В. Адамчука, М.Г. Грицишина. К.: Аграрна наука, 2012. 416 с.

15. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Гринник І.В. Перспективи розвитку і застосування у сільському господарстві сучасних високотехнологічних засобів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України // 36. наук. праць. / “УкрНДІПВТ ім. Леоніда Погорілого”. Дослідницьке, 2013. Вип. 17 (31). С. 22-33.

16. Розсіювач РУ-1600. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.belrusagro.com/techno/catalog/543/418>

17. Машина для внесення мінеральних добрив РА-900. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://agria-group.ru/razbrasyvatelmineralnyx-udobrenij-mvu-900/>

18. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Киев: Изд. УАСХН, 1960. 283 с.

19. Chernovolov V.A. Rational parameter calculation method for devices with horizontal rotation axis to disseminate mineral fertilizers and seeds / V.A.

Chernovolov, V.A. Kravchenko, L.V. Kravchenko, A.Ju. Nesmiyan, V.I. Khizhnyak, S.A. Sherstov // *Journal Amazonia Investiga* Vol. 7, Num. 17, Novembre-diciembre 2018.

20. Shvarts AA, Shvarts SA, Korotkov IV, et al. Theoretical prerequisites for improving the body low loader granular fertilizer spreader // *International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources"* (FIES 2021) 2021 Oct 27. Available from:

<https://doi.org/10.1051/bioconf/20213700073>

21. Гарам В.П., Цулая А.В., Пашко А.О. Алгоритм визначення доз мінеральних добрив в експертному комплексі агронома. Механізація сільськогосподарства: 36. наук. праць Нав. аграрн. Ун-ту, Тсм ХІІ. Київ, 2005. С. 255-267.

22. 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: ГДАТА, 2006. Вип. 39. С. 11–20.

23. 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.

24. Adamchuk Valery; Yaremenko Vadim; Boris Nicholas. Mathematical model of spreading mineral fertilizers by centrifugal method. *Agricultural Engineering, Research Papers* 2013. Vol. 45. Issue 1. P. 6-14.

25. Адамчук В.В. Дослідження загального випадку розгону мінеральних добрив відцентровим розсіювальним органом. *Вісник аграрної науки*. К., 2003.

№ 12. С. 51 – 57.

26. Романчиков В.П. Основи наукових досліджень: навч. посібник. Київ: Видавництво «Центр учбової літератури», 2007. 254 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ДОДАТКИ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток А.1

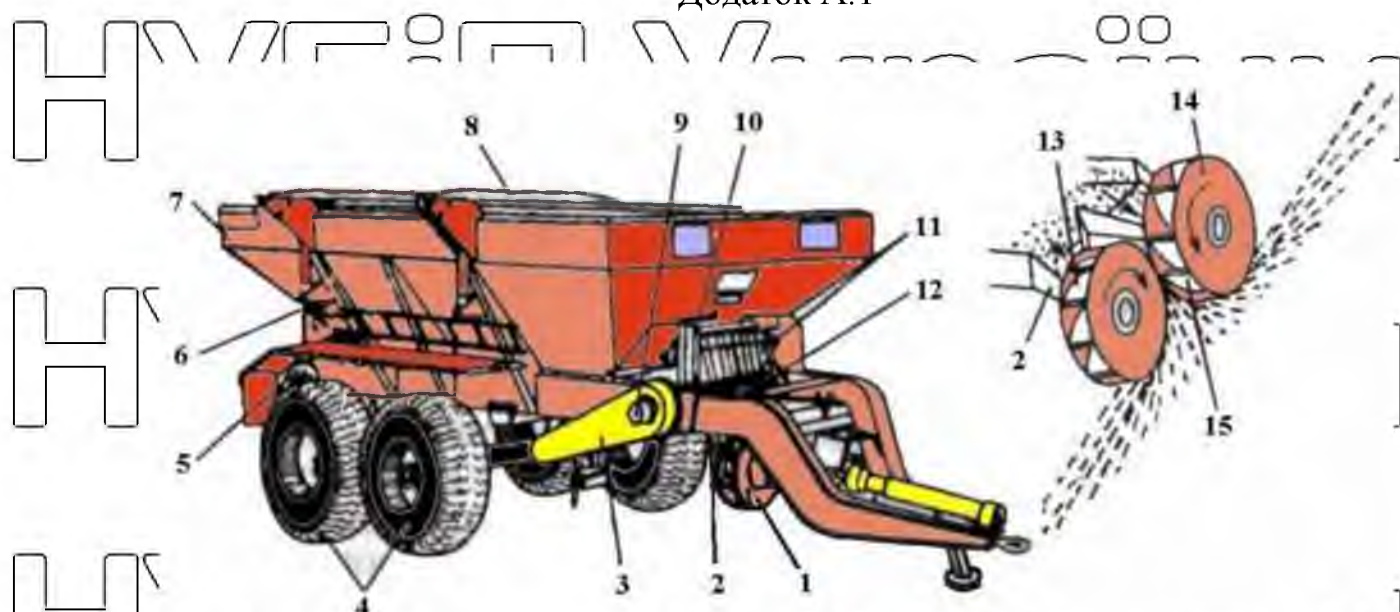


Рисунок А.1.1 – Машина для внесення мінеральних добрив ССТ -10: 1 – пристрій розподілення; 2 – туконапрямник; 3 – механізм передачі; 4 – ходова система; 5 – вал транспортера задній; 6 – розподільчі шнеки; 7 – кузов; 8 – сітка; 9 – вал транспортера передній; 10 – регулятор; 11 – заслінка дозування; 12 – транспортер; 13, 14 – ротори; 15 – лопатка ротора

Додаток Б

Апробація результатів наукових досліджень

1. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасний стан та проблеми аграрного сектору України та шляхи їх вирішення»

УДК 631.333

АНАЛІЗ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Онищенко В. Б., доцент, к.т.н.,

Береговий І.М., студент магістратури НУБІП України

Одним з найбільш важливих факторів підвищення родючості ґрунту і отримання на цій основі високих врожаїв сільськогосподарських культур є стабільне внесення мінеральних та органічних добрив. Внесення добрив здійснюється як поверхневим, так і внутрішньогрунтовим способами. За даними агротехнічної науки, останній забезпечує найбільшу ефективність підживлення рослин. В зв'язку з цим розробляється технологічний процес з метою забезпечення раціонального використання в сільськогосподарських господарствах машин для внутрішньогрунтового внесення основної дози мінеральних добрив до тракторів класу 30 і 50 кН, для ефективного використання твердих мінеральних добрив при внутрішньогрунтовому внесенні [1].

Одним із факторів, що обмежують ефективність підживлення, є недосконалість способів і технологій внесення добрив. Машини з відцентровими розсівальними робочими органами і авіаційні засоби розподіляють добрива по площі поля з нерівномірністю, яка перевищує допустиму в 2 - 3 рази. Тукосуміші, що складаються з частин з різними фізико - механічними характеристиками, при внесенні цими машинами розшаровуються. Це погіршує збалансованість поживних речовин в зоні кореневої системи рослин. В результаті розвиток сільськогосподарських культур на 10 - 15% нижче того рівня, який міг би забезпечити внесення добрив з нерівномірністю, що задовольняє агротехнічні вимоги. Незадовільно проводиться і наступна заробка добрив в ґрунт. Добрива,

внесені під зяблеву оранку довго взаємодіють з великою кількістю ґрунту, що збільшує втрати озону, посилює перехід фосфора і калія в менш доступні форми для живлення рослин. Крім того, при оранці добрива розміщуються в ґрунті надто глибоко і майже недоступні для кореневої системи рослин в початковий

період вегетації. Культиватори і дискові борони заробляють велику частину добрив, раніше внесених поверхневим методом, в верхній 3 см шар ґрунту, (цей шар ґрунту дуже висихає), що знижує ефективність внесення добрив [2].

Зарубіжна практика, результати багаторічних дослідів і виробничий досвід багатьох сільськогосподарських господарств нашої країни свідчать про доцільність переходу до більш удосконаленої технології-внутрішньогрунтового внесення добрив стрічками без попереднього розкидання їх по поверхні поля. Використання такого способу внесення добрив дозволяє підвищити розвиток сільськогосподарських культур. При чому, вартість додаткової продукції

багаторазово відшкодовує додаткові затрати на удосконалення техніки та витрат палива. Слід також врахувати, що внутрішньогрунтовий спосіб внесення знижує забруднення навколишнього середовища.

Крім того, завдяки використанню внутрішньогрунтового внесення добрив замість розкидного внесення поверхневим способом можна зменшити дози основного внесення добрив в 1,5 - 2 рази. При цьому будуть забезпечуватись приблизно такі ж прибавки врожаю, як при внесенні повних доз поверхневим розкиданням. Біологічно оптимальні дози добрив при стрічковому внесенні звичайно на 10 - 30% нижчі, а забезпечувані ними максимуми врожаю значно вищі ніж при розкидному внесенні.

При дефіциті мінеральних добрив, що обумовлює внесення їх не під всі культури і не на всіх полях, доцільно вносити основні дози добрив внутрішньогрунтовими стрічками, зменшивши дози на 30 - 50%. В господарствах, які забезпечені мінеральними добривами в достатній мірі, їх використовують дозами які близькі до біологічно оптимальних.

Новий спосіб внесення базується на використанні машин, обладнаних спеціальними дозувально-розподільними пристроями та сошниками або лапами

для внесення добрив безпосередньо в ґрунт з концентрованим розміщенням їх на заданій глибині.

Список використаних джерел:

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хімеліорантів //Техніка АПК.-2000.- №3.- С.10-12.

2. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив // В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха.- ННЦ „ІМЕСГ” , -2002. Вип. 86.- с. 90-99.

2. IX Міжнародна науково-практична конференція «Крамарівські читання»

УДК 631.333

ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗСІВАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

В. Б. ОНИЩЕНКО, доцент, к.т.н.,

І. М. БЕРЕГОВИЙ, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Аналіз конструкцій сучасних машин з різними розсівальними робочими органами дозволяє зробити висновок про те, що при створенні технічних засобів для поверхневого внесення твердих мінеральних добрив, їх сумішей і вапна працюєдатними в умовах масового вітчизняного виробництва є металеві розсівальні робочі органи (РРО) відцентрового типу.

Машини з відцентровим РРО володіють рядом переваг: вони мають відносно просту конструкцію, характеризуються високою надійністю в роботі, навіть при внесенні вологих добрив. Цей факт суттєво важливий, враховуючи те, що в Україні сільськогосподарське виробництво ще мало має складних приміщень для збереження добрив, а значна їх частина має високу гігроскопічність.

Але цим машинам властивий недолік, що полягає в відносно високій нерівномірності внесення добрив. Мащини з пневмовідцентровим PPO мають підвищену енергомісткість, забезпечують якісне внесення добрив малими дозами. Вказаних недоліків позбавлені дисково-вентиляторні PPO металельного типу, які суміщують в собі переваги відцентрових і пневматичних PPO.

В дисково-вентиляторних PPO розгін добрив здійснюється звичайним відцентровим способом з використанням диска, що обертається, а вентилятор служить для створення супутнього повітряного променя (струменя). Розробка таких конструкцій дозволить ліквідувати суттєвий недолік, властивий всім відцентровим PPO – відносно високу нерівномірність внесення добрив, та збільшити ширину захвату машин.

Застосування диференційованої подачі повітряного струменя під злітаючі з диска частинки добрив дозволить дещо зменшити різницю в дальності розсіювання крупних і дрібних гранул добрив, а також гранул, які при попередньому розгоні диском отримали відносно малу швидкість сходу. Тому є актуальною розробка дисково-вентиляторних пневмовідцентрових PPO. Такий робочий орган має диск, зверху на якому встановлено лопатки. Диск кріпиться до вала редуктора, а до нижньої поверхні диска підводиться пневмопровід, який має напрямний козирок. Повітряний потік в пневмопроводі створює вентилятор, вмонтований попереду бункера.

В процесі роботи машини добрива, що поступили на розсівальний диск розганяються лопатками. Під дією відцентрових сил вони переміщуються вздовж лопаток до зовнішньої кромки диска створюючи сектор сходу. Отримавши запас кінетичної енергії, добрива злітають з диску, шляхом відповідного регулювання подачі добрив на диск досягають підвищеного сходу з диска в зону периферійної ділянки ширини захвату. Одночасно під злетівші в атмосферу частинки добрив, подається стиснений повітряний струмінь. Таким чином, частина добрив, отримавши кінематичну енергію від лопаток диска, попадають в супутній повітряний струмінь і висіваються на периферійні зони ширини захвату. Повітряний струмінь діє на частинки добрив, що летять, на

відстань 5...6 м від осі РРО, а далі вони летять виключно за рахунок запасу кінетичної енергії [1]. В процесі цього атмосферне повітря чинить добривам опір, їх частинки гальмуються, а потім висіваються на поверхню поля. Таким чином досягається диференційована подача струменя повітря під добрива, які вносяться

на периферійні зони робочої ширини захвату машини. Інша частина добрив, що злітає з диска за межами козирка пневмопристрою, висівається по центру ширини захвату машини виключно за рахунок попереднього розгону розсівальними лопатками.

Список використаної джерел

1. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів // Техніка АПК.- 2000.- №3.- С.10-12.

2. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив // В сб. „Механізація та електрифікація сільського господарства“ Глеваха.- ННЦ „ІМЕСГ“, -2002. Вип. 86.- с. 90-99.

Додаток В.1
Форма карточки

Матриця експериментів щодо визначення міцності гранул добрив

Найменування та склад добрив	Розмір фракції гранул, мм	Маса гранул, г	Зусилля руйнування однієї гранули, Н
Нітрофоска (азот, фосфор та калій)	менше 2	M1	F1
	2-3	M2	F2
	3-4	M3	F3
	4-4,5	M4	F4
	більше 4,5	M5	F5
Аміачна селітра (азот, сірка, кальцій, калій, магній)	менше 2	M1	F1
	2-3	M2	F2
	3-4	M3	F3
	4-4,5	M4	F4
	більше 4,5	M5	F5
Сечовина	менше 2	M1	F1
	2-3	M2	F2

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект Івана Берегового

на тему:

МЕХАНІЗАЦІЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ В
З УДОСКОНАЛЕННЯМ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВИХ РОЗСІЮВАЛЬНИХ
РОБОЧИХ ОРГАНІВ

пояснювальна записка – с.

графічна частина – 6 аркушів

1. Коротка характеристика дипломного проекту і відповідність прийнятих інженерних рішень вимогам нормативних матеріалів

Дипломний проект складається:

Розділ 1. „Аналіз вітчизняних та зарубіжних технологій і машин”

Розділ 2. „Технологічні передумови удосконалення машин для внесення твердих мінеральних добрив”

Розділ 3. „Розрахунок основних конструктивних параметрів розсіювального робочого органу”

Розділ 4. „Охорона праці і навколишнього середовища”

Розділ 5. „Визначення економічної ефективності машини”

Розділ 6. „Висновки та пропозиції”

2. Актуальність проекту

Робота актуальна, присвячена удосконаленню робочих органів машин для внесення твердих мінеральних добрив.

3. Якість оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу дипломного проекту

Роботу оформлено згідно технічних вимог

4. Що з розробок викликає практичну зацікавленість та рекомендується

у виробництво.

Удосконалений розслювальний робочий орган машин для внесення твердих мінеральних добрив.

5. Зауваження

1. В графічній частині зустрічаються відхилення від ДСТУ.

ВИСНОВОК

Рецензований дипломний проект виконаний на достатньому професійному рівні, відповідає сучасним вимогам і оцінюється на „відмінно”, а його автор

Іван Береговий заслуговує присвоєння йому освітньої кваліфікації інженер-

механік із спеціальності „Агроінженерія”

РЕЦЕНЗЕНТ, к.т.н., доцент

Володимир Онищенко